

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN
VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN”**

AUTORES:

Saavedra Guarderas Jair Andrés

Sibri Lazo Jonnathan Geovanny

TUTOR:

Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, M.Sc

Cuenca, marzo 2018

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR

Nosotros, Jair Andrés Saavedra Guarderas con documento de identificación N.º 1104791825 y Jonnathan Geovanny Sibri Lazo con documento de identificación N.º 0105361596, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud que somos autores del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultad para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hagamos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jair Andrés Saavedra Guarderas.

C.I: 110479182-5



Jonnathan Geovanny Sibri Lazo.

C.I: 010536159-6

CERTIFICACIÓN

Yo, Juan Diego Valladolid Quitoisaca, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN”, realizado por Jair Andrés Saavedra Guarderas y Jonnathan Geovanny Sibri Lazo, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, MSc

C.I: 010482121-0

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jair Andrés Saavedra Guarderas con documento de identificación N.º 1104791825 y Jonnathan Geovanny Sibri Lazo, con documento de identificación N.º 0105361596, autores del trabajo de titulación : “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS USADAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS DURANTE EL PROCESO DE RECUPERACIÓN”, certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.



Jair Andrés Saavedra Guarderas

C.I: 110479182-5



Jonnathan Geovanny Sibri Lazo

C.I: 010536159-6

AGRADECIMIENTO

El ser humano es el único animal que se ríe.

Agradezco primero a DIOS y a la Virgen, a mi padre Ángel Rodrigo Saavedra Pintado por todo el apoyo emocional como económico al igual que a mi madre Fátima Lucía Guardesas Santorum por la paciencia y el amor que me ha tenido en todo este tiempo de carrera, a mis hermanos y sobrinos que son parte fundamental en mi vida, pero mucho más a mi esposa Velería Santana por ser mi motivo para culminar esta carrera ya que me ha dado el regalo más grande que puedo pedir mi hijo Zabdiel Saavedra.

Sin olvidarme de mis amigos, profesores en especial a nuestro director de tesis y colegas de los fierros que gracias a ellos he aprendido día a día más de esta linda profesión y amor por los motores.

Jair Andrés Saavedra Guarderas

AGRADECIMIENTO

Dios perdone mi sabiduría...

Agradezco a mi padre Alfonso Sibri Astudillo por creer en mi intelecto, aun sabiendo y conociendo mi rendimiento académico, por darme el apoyo económico, curiosidad y por enseñarme sobre la palabra de Dios, aunque sea yo el que no está de acuerdo con su fe.

Agradezco a mi madre Blanca Esperanza Lazo Reinoso por obligarme a estudiar, por su paciencia, y por la perseverancia hacia mi actitud que me han formado como persona.

Agradezco a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por los conocimientos brindados, y por las ganas de estudiar que adquirir durante el trayecto de mi carrera.

Jonnathan Geovanny Sibri Lazo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a toda mi familia en especial a mi madre Fátima ya que ella ha estado conmigo en todo momento y nunca desconfió de mí, a mi padre Rodrigo que siempre estuvo a tras de cómo me iba en la carrera, a mi hermano Stefan y su esposa Patricia que siempre me dio una mano en esta ciudad, como también a mi esposa Valeria que siempre estuvo ayudándome en todo y en todo momento, y mis dos hermanos más como es Kerly y Steven que siempre me ayudaron con algún favor en todo este tiempo a mis sobrinos Jorge, Dara y Paz que de una manera me motivaron para lograr esta meta y sin olvidarme de mis familiares, amigos, profesores.

En especial le dedico a mi hijo Zabdiel que desde que llegó a mi vida ya todo comenzó a tener sentido y gracias a él pude motivarme más, a mi querida tía Digna Luz.

Jair Andrés Saavedra Guarderas

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo académico a mi padre Alfonso Sibri Astudillo por su esfuerzo y su fe a su Dios.

Dedico mi trabajo académico a mi madre Blanca Esperanza Lazo Reinoso por la paciencia que me ha tenido durante todo el trayecto de mi vida académica, por darme el entendimiento de la importancia del estudio.

Si hoy soy ingeniero es porque mamá y papá se lo ganaron, gracias por los estudios, ahora entiendo que lo mejor que me han dado son el estudio y la fe en Dios.

También dedico mi tesis a todas las personas que nunca confiaron en mí, en especial a mis profesores del colegio Técnico Industrial Ricaurte quien nunca creyeron en mi intelecto como estudiante y mucho menos como ingeniero.

Jonnathan Geovanny Sibri Lazo

CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	III
AGRADECIMIENTO	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN.	1
1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS: VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS Y BATERÍAS.	2
1.1 Vehículos híbridos	2
1.2 Baterías híbridas	2
1.2.1 SOC (State of Charge) – Estado de carga	2
1.2.2 DOD (Deep of discharge)	2
1.2.3 Auto descarga	3
1.2.4 Efecto memoria	3
1.2.5 Carga lenta	4
1.3 Fundamentos básicos de una batería	4
1.3.1 Ciclo de carga	4
1.3.2 Ciclo de descarga	4
1.3.3 Conexiones de la batería	4
1.3.3.1 Conexión en paralelo	4
1.3.3.2 Conexión en serie	5

1.3.3.3	Conexión mixta	5
1.4	Especificaciones técnicas de la batería híbrida cuarta generación	6
1.4.1	Características de la batería de Níquel Metal.....	6
1.4.2	Instrucciones básicas para cargar la batería de Níquel - Metal hidruro 7	
1.4.3	Fases de carga	7
1.4.4	Fases de llenado	7
1.4.5	Fase de balanceo	7
1.4.6	Datos técnicos voltajes pico típicos	8
1.4.7	Carga lenta.....	9
1.4.8	Características técnicas de finalización de descarga de la batería	9
1.5	Reacondicionamiento de la batería	10
1.5.1	Ciclo carga/balanceo de la batería.....	10
1.5.2	Ciclo descarga profunda.....	10
1.6	Objetivos de la Investigación.....	11
1.6.1	Objetivo General	11
1.6.2	Objetivos Específicos.....	11
2.	CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA BATERÍA DEL VEHÍCULO HÍBRIDA. 12	
2.1	Circuito electrónico.....	13
2.2	Programación	13
2.3	Circuito eléctrico partidor de tensión.....	14
2.4	Esquema del partido de tensión.....	14
2.5	Software (datos de la carga y descarga).....	15
2.6	Software LabVIEW	15
2.7	Software Arduino.....	16
2.7.1	Lenguaje de programación visual gráfico.....	17
2.7.1.1	Protocolo de adquisición de datos	17

2.7.1.2	Lectura de datos.....	17
2.7.1.3	Descomposición de señal	18
2.7.1.4	Reinicio del programa	18
2.7.1.5	Almacenamiento de datos	19
2.8	Lenguaje de programación Arduino.....	19
2.9	Adquisición de datos.....	20
2.10	Balanceo	20
2.11	Proceso de carga	21
2.11.1	Instrumentos de carga	21
2.12	Tiempo de carga.....	22
2.12.1	Curvas de carga	23
2.13	Proceso de descarga.....	23
2.14	Elemento consumidor	24
2.15	Proceso de descarga	24
2.15.1	Esquema de descarga	25
3.	CAPÍTULO III: ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE CARGA Y DESCARGA PARA LA OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE LA BATERÍA HÍBRIDA	26
3.1	Estado actual de la batería.....	26
3.2	Células de los módulos.....	27
3.2.1	Curvas de trabajo ideal de carga	27
3.2.2	Curvas de trabajo ideal de descarga.....	28
3.3	Curvas de trabajo de carga – descarga de la batería antes y después de ser reacondicionada	29
3.3.1	Curvas de trabajo antes del reacondicionamiento – carga.....	29
3.3.2	Curvas de trabajo antes del reacondicionamiento – descarga.....	29
3.3.3	Curvas de trabajo después del reacondicionamiento – carga.....	30
3.3.4	Curva de trabajo después del reacondicionamiento - descarga.....	31

3.4	Análisis comparativo de carga y descarga de las gráficas de trabajo de la batería reacondicionada vs gráficas de trabajo ideal.....	32
3.4.1	Comparación de tensión	33
3.4.2	Comparación de corriente	34
3.5	Análisis comparativo de carga y descarga de las gráficas de trabajo de la batería reacondicionada vs graficas de trabajo del estado inicial de la batería	35
3.5.1	Comparación de tensión	35
3.5.2	Comparación de capacidad en Ah	35
4.	CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DE GUÍA DE PROCESOS DE REACONDICIONAMIENTO.	37
5.	CONCLUSIONES.	50
6.	RECOMENDACIONES	51
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Monitor de energía. Fuente: (Augeri, CISE electrónica, 2010).....	3
Figura 2. Conexión en paralelo. Fuente: (Electronics, 2018).....	5
Figura 3. Conexión en serie. Fuente: (Electronics, 2018).....	5
Figura 4. Conexión en serie y paralelo. Fuente: (Electronics, 2018).....	5
Figura 5. Diagrama del proceso de reacondicionamiento. Fuente: Autor.....	12
Figura 6. Proceso de adquisición de datos. Fuente: Autores.....	13
Figura 7. Partidores de tensión. Fuente: Autores.	14
Figura 8. Esquema divisor de tensión. Fuente: Autores.....	14
Figura 9. Programa de adquisición de datos. Fuente: Autores.....	15
Figura 10. Interfaz del programa LabVIEW. Fuente: Autores.....	16
Figura 11. Arduino mega 2560. Fuente: Autores.....	16
Figura 12. Protocolo de adquisición de datos LabVIEW. Fuente: Autores.	17
Figura 13. Lectura de datos recibidos por el programa LabVIEW. Fuente: Autores....	17
Figura 14. Descomposición de señales. Fuente: Autores.....	18
Figura 15. Reinicio del programa. Fuente: Autores.	18
Figura 16. Almacenamiento de datos. Fuente: Autores.	19
Figura 17. Diagrama de programación Arduino. Fuente: Autores.....	19
Figura 18. Balanceo de módulos. Fuente: Autores.	20
Figura 19. Carga y cargador de batería vehículo híbrido. Fuente: Autores.	21
Figura 20. Cargador de baterías. Fuente: (AUTOMOTIVE, Prolongo Battery Charger User Guide, 2017).....	22
Figura 21. Gráficas de carga. Fuente: Autores.....	22
Figura 22. Gráfica de carga completa. Fuente: Autores.....	23
Figura 23. Gráfica de descarga completa. Fuente: Autores.	23
Figura 24. Consumidores para descarga. Fuente: Autores.....	24
Figura 25. Descarga de la batería durante cuatro horas a un amperio. Fuente: Autores.	25
Figura 26. Descarga de todo el paquete de batería. Fuente: Autores.	25
Figura 27. Módulo de 6 células. Fuente: Autores.	27
Figura 28. Gráfica de trabajo ideal de carga Ni-MH de 1.2 voltios. Fuente: (PANASONIC, Ni-MH RECHARGEABLE PRISMATIC BATTERY, 2010).....	28

Figura 29. Gráfica de trabajo ideal de descarga Ni-MH de 1.2v. Fuente: (PANASONIC, Ni-MH RECHARGEABLE PRISMATIC BATTERY, 2010)	28
Figura 30. Curvas características de carga antes del reacondicionamiento. Fuente: Autores.....	29
Figura 31. Curva características de descarga antes del reacondicionamiento. Fuente: Autores.....	30
Figura 32. Curva características de carga después del reacondicionamiento. Fuente: Autores.....	31
Figura 33. Curva características de descarga después del reacondicionamiento. Fuente: Autores.....	31
Figura 34. Curva características de carga. Fuente: Autores.	32
Figura 35. Curva características de descarga. Fuente: Autores.....	33
Figura 36. Comparación de tensiones, gráfica de trabajo ideal vs gráfica de trabajo reacondicionada. Fuente: Autores.	33
Figura 37. Comparación de voltaje vs tiempo. Fuente: Autores.	34
Figura 38. Comparación de corriente de salida. Fuente: Autores.	34
Figura 39. Comparación de tensiones, Batería después del reacondicionada vs Batería antes del reacondicionamiento. Fuente: Autores.....	35
Figura 40. Capacidad de Ah. Fuente: Autores.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de una batería 6GP7PVS. Fuente: (DATA)	6
Tabla 2. Tabla de voltajes de carga de la batería. Fuente: (AUTOMOTIVE, 2017)	8
Tabla 3. Valores recomendados para descarga. Fuente: (AUTOMOTIVE, HYBRID AUTOMOTIVE, 2018)	9
Tabla 4. Datos actuales de la batería a ser reacondicionada. Fuente: Autores.	26

RESUMEN

Este proyecto de grado tiene por objetivo realizar el reacondicionamiento de baterías de Ni-MH, de los vehículos híbridos, mediante un algoritmo de adquisición de datos y su análisis utilizando LabVIEW como plataforma de desarrollo, que nos permitan detectar el estado actual de la batería e identificar las celdas defectuosas en el proceso de reacondicionamiento. Inicialmente para poder desarrollar el sistema de diagnóstico de baterías híbridas, se procede a la obtención de las señales de cada par de celdas de la batería del vehículo híbrido, mediante un Arduino Mega y un software elaborado en la plataforma LabVIEW. La batería que se utilizó durante la investigación es una batería que presenta daños en su funcionamiento, como los valores de voltaje que resultan menor a 7.2 voltios, los datos adquiridos muestran que existen celdas que presentan una disminución de su tensión nominal con mayor rapidez con respecto al resto de celdas que componen la batería dando como resultado un funcionamiento del vehículo híbrido muy deficientes, consecuentemente se registran las señales gráficas de los datos que determina las celdas que se descargan rápidamente, esta información se procede a almacenar en una matriz de texto, con el fin de identificar el estado actual de la batería antes y después del proceso de carga y descarga.

Con las gráficas de las 14 celdas, el programa identifica gráficamente las celdas que tienen un mayor índice de desgaste y por lo tanto menos retención de energía. Para la evaluación del método utilizado se toma nuevas muestras gráficas de la carga y descarga de la batería, en el proceso de reacondicionamiento se procede a identificar el comportamiento de las gráficas, lo que se observa que las gráficas en todas estas pruebas son semejantes entre sí, lo que nos dice que este procedimiento de rehabilitación es válido en este tipo de baterías de Ni-MH.

Palabras claves: vehículo híbrido, batería de Ni-MH, método de carga y descarga, sistema de diagnóstico.

ABSTRACT

This grade project aims to perform the reconditioning of Ni-MH batteries, hybrid vehicles, through a data acquisition algorithm and its analysis using LabVIEW as a development platform, which allow us to detect the state of the battery and identify the defective cells in the reconditioning process. Initially to be able to develop the system of diagnosis of hybrid batteries, one proceeds to obtain the signals of each pair of cells of the battery of the hybrid vehicle, by means of a Arduino Mega and a software elaborated on the LabVIEW platform. The battery that was used during the investigation is a battery that has damage to its operation, such as voltage values that are less than 7.2 volts, the data acquired show that there are cells that have a decrease of their nominal voltage more quickly compared to the other cells that make up the battery resulting in a very poor hybrid vehicle operation, consequently, the graphical signals of the data that determines the cells that are downloaded quickly are recorded, this information is proceeded to be stored in a text matrix, in order to identify the current state of the battery before and after the process of charger and discharger.

With the 14-cell graphics, the program graphically identifies cells that have a higher wear rate and therefore less energy retention. For the evaluation of the method used, new graphical samples of the charger and discharger of the battery are taken, in the process of reconditioning we proceed to identify the behavior of the graphs, what is observed that the graphs in all these tests are similar to each other, which tells us that this rehabilitation procedure is valid in this type of Ni-MH batteries.

Key words: Hybrid vehicle, Ni-MH battery, loading and unloading method, diagnostic system.

INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se refiere al tema de análisis del comportamiento de baterías usadas en vehículos híbridos durante el proceso de reacondicionamiento. Una batería pierde su eficiencia y eficacia durante sus ciclos de carga y descarga producidos por el uso de vehículo y consumidores eléctricos proporcionados por el vehículo como son: el aire acondicionado, luces, limpia para brisas, accesorios, etc. (Electro movilidad, 2018)

Las características principales de este tipo de baterías híbridas, las cuales están conformadas por níquel metal-hidruro las cuales pueden recargarse con rapidez durante la desaceleración, en estado estacionario o al ser enchufadas en un tomacorriente. (Toyota, 2016)

Uno de los problemas más comunes que presenta la batería de vehículo híbrido es dado por una conducción incorrecta, lo que se entiende por conducción incorrecto a la inadecuada utilización del freno, arranque, aceleración en pendiente y rectas. La conducción incorrecta conlleva a no tener un desempeño adecuado del automotor y a un desgaste prematuro del conjunto de baterías utilizadas por estos vehículos, esto es generado por aquellas personas que conducen diariamente sus vehículos híbridos sin tener conocimiento técnico del correcto desempeño y funcionamiento del vehículo. Son personas que solo se centran en conducir y buscan su comodidad sin que perciban el daño generado a través del mal uso del automotor.

La investigación de esta problemática de ingeniería se realizó por el interés de conocer cómo se comporta una batería híbrida durante sus ciclos de carga y descarga. Esto permitirá identificar la relación existente entre la carga y descarga de la batería y el modo de conducción dado por el conductor del vehículo. (Temple, 2011)

La investigación se realizó con documentos relacionados al mantenimiento, constitución y estado de vida útil de la batería, uno de los obstáculos en la investigación fue la falta de información a través de los gerentes de los concesionarios de vehículos híbridos para aceptar la plática con el investigador. (Motorpasión, 2018)

1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS: VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS Y BATERÍAS.

En este capítulo se presenta los fundamentos teóricos y en estado de arte con relación a características y estudios sobre baterías, necesarios para el desarrollo del proyecto, partiendo de una base teórica y práctica la cual ayuda a establecer una justificación del tema, además ayudó a obtener una metodología para desarrollar el trabajo investigativo, el cual se centra en determinar y prolongar el estado de vida útil de la batería.

1.1 Vehículos híbridos

Los vehículos híbridos (VH) son aquellos que cuentan con un motor de combustión interna y con un motor eléctrico que juntos generan la energía para producir el movimiento.

1.2 Baterías híbridas

Las baterías de alta tensión proveen un voltaje de 201.6 voltios, este voltaje es utilizado en los motores trifásicos del vehículo y demás elementos del vehículo, este voltaje requiere ser regenerado y monitoreado constantemente por la ECU de la batería, adicionalmente, tómese en cuenta que el control de la temperatura no exceda la temperatura ideal de trabajo. Para entender el comportamiento adecuado de la batería y su correcto desempeño dentro del vehículo híbrido tomaremos en cuenta la siguiente información. (AUTOMOTIVE, Prolongo Battery Charger User Guide, 2017)

1.2.1 SOC (State of Charge) – Estado de carga

Es el nivel de carga de la batería, por lo general este nivel de carga es expresado en porcentaje (%) del total de la capacidad máxima que puede tener, por ejemplo, un tanque de gasolina que esté al 75% de su capacidad significará que tiene $\frac{3}{4}$ de combustible. (Augeri, CISE electronica, 2010).

1.2.2 DOD (Deep of discharge)

Es el nivel de descarga profunda, indicando la descarga de la batería así un 40% de SOC es equivalente a un 60% de DOD.

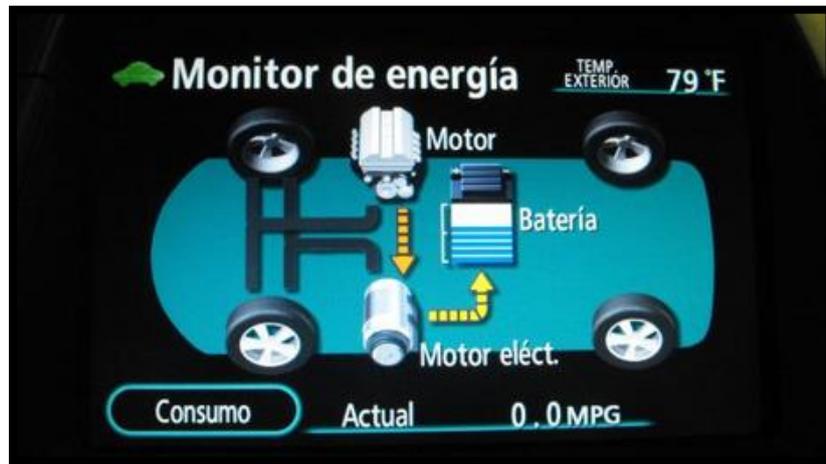


Figura 1. Monitor de energía. Fuente: (Augeri, CISE electrónica, 2010)

La figura 1 muestra el estado de carga del batería determinado por 5 segmentos, en este caso 5 segmentos corresponden a un estado de carga de un 60% aproximadamente. En un híbrido con el vehículo detenido el motor de combustión MCI se pondrá en marcha para cargar la batería cuando es estado de carga baja de un 40% y se detendrá cuando llegue a un 50%. (Augeri, CISE electronica, 2010)

1.2.3 Auto descarga

Las baterías HV sufren un fenómeno de envejecimiento en donde su estado de carga es afectado a lo largo del tiempo en el que han estado trabajando, es decir que automáticamente se pueden descargar hasta un 3% por debajo de lo permitido, porcentaje que es comprobado cuando se quiere hacer el proceso de carga y descarga por periodos considerables de tiempo. (Caiche, 2015)

1.2.4 Efecto memoria

Es un fenómeno que mediante el proceso de cargas incompletas reduce la capacidad de almacenamiento de carga de las baterías. Este efecto forma célula con forma cristalina, los cristales tienden a crecer de 50 a 100 micras en sección transversal, ocultando grandes porciones del material activo del electrolito. Los bordes dentados y las esquinas agudas pueden perforar el separador, lo que aumenta el auto descarga o el cortocircuito eléctrico. (Electronics, 2018)

1.2.5 Carga lenta

La carga lenta o ideal es una intensidad suministrada por el cargador que coincide con el 10% de la capacidad nominal de la batería. (Caiche, 2015)

1.3 Fundamentos básicos de una batería

Una batería es un conjunto de células, en cada una de las cuales tiene lugar una reacción química reversible en la que se produce un intercambio de iones y electrones entre sus dos polos. (TECMOVIA, 2017)

1.3.1 Ciclo de carga

En la “dirección de recarga”, iones y electrones vuelven a su situación original a partir de un aporte de energía externo. (Artes, 2012)

1.3.2 Ciclo de descarga

En la “dirección de descarga”, se produce una corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el coche. (Artes, 2012)

1.3.3 Conexiones de la batería

Para que una batería pueda alcanzar un voltaje o corriente nominal, normalmente son unidas en serie o paralelo, al ser conectadas en serie o paralelo adquieren características en su voltaje y amperaje. (villareal, 2017)

1.3.3.1 Conexión en paralelo

Los terminales positivos de todas las baterías están conectados juntos y lo mismo para los terminales negativos. Esto da lugar a que la batería en conjunto sume su amperaje y su voltaje sea el misma. (GMDSS, n.d.)

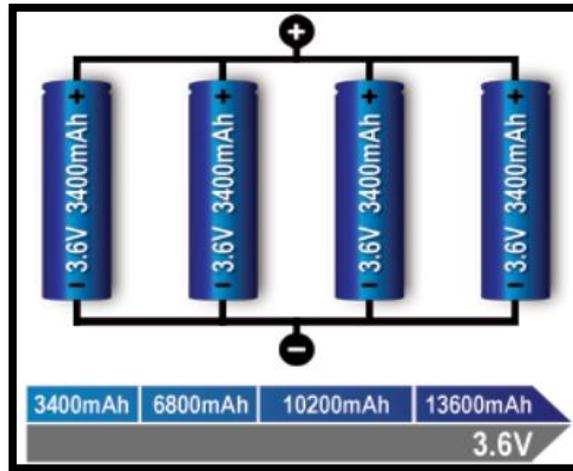


Figura 2. Conexión en paralelo. **Fuente:** (Electronics, 2018)

1.3.3.2 Conexión en serie

Se unen en una secuencia, el terminal positivo de una batería conectada con el terminal negativo del siguiente y así sucesivamente. Esto da lugar a que la batería en conjunto sume su voltaje y su corriente sea la misma. (GMDSS, n.d.)

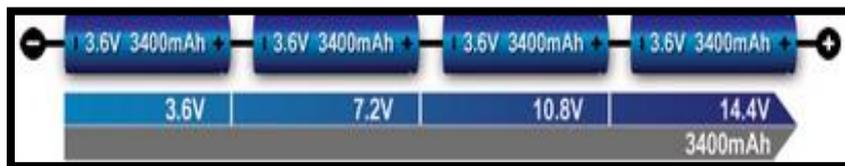


Figura 3. Conexión en serie. **Fuente:** (Electronics, 2018)

1.3.3.3 Conexión mixta

Esto da lugar a que la batería en conjunto sume su voltaje y su amperaje, para adquirir mayor potencia. (Toyota, 2016)

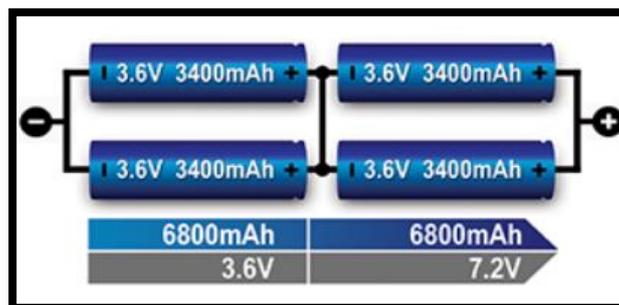


Figura 4. Conexión en serie y paralelo. **Fuente:** (Electronics, 2018)

1.4 Especificaciones técnicas de la batería híbrida cuarta generación

Se muestra las características que contienen la batería de níquel-hidruro Metálico (Ni-MH), las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos dependen de sus diferentes prestaciones, esto da lugar a diferentes generaciones de prestaciones de baterías. (BASIC NICKEL-METAL HYDRIDE (NiMH) BATTERY GUIDELINES, 2016)

1.4.1 Características de la batería de Níquel Metal

La tabla 1 da a conocer los valores típicos de trabajo de una batería utilizada en los vehículos híbridos, estos valores pueden variar dependiendo del modelo de batería utilizada en el vehículo híbrido, para nuestro proyecto se adquirió la información indicada en la tabla 1 mostrada a continuación. (Aguado, 2008)

Tabla 1. Características técnicas de una batería 6GP7PVS. **Fuente:** (DATA)

ITEM	DESCRIPCIÓN
Tipo	Níquel – Hidruro Metálico
Modelo	6GP7PVS
Tensión	7,2 v/módulo
Capacidad	6,5 Ah
Descarga	6.0v
Cantidad de módulos	28 módulos
Tensión total	201,6 V
Corriente de carga	1.34 A a 3.25 A
Corriente máxima de carga	6.5 A
Corriente máxima de descarga	65 A
Resistencia interna	8 mΩ

Este modelo de batería es el utilizado por los vehículos del Toyota prius, existe otro modelo de batería empleado en el Toyota highlander, el cual presenta diferentes características en sus baterías. (Toyota, 2016)

1.4.2 Instrucciones básicas para cargar la batería de Níquel - Metal hidruro

Las baterías de níquel-metal hidruro deben cargarse con ajustes de voltajes y amperajes específicos, usar ajustes de cargas de otros tipos de baterías ocasiona daños a la batería y generará un posible incendio. (BASIC NICKEL-METAL HYDRIDE (NiMH) BATTERY GUIDELINES, 2016)

La eficiencia de carga es cercana al 100 % hasta 70% de carga. A continuación, se detallará los valores de carga de voltaje y amperaje indicados para reacondicionar una batería.

1.4.3 Fases de carga

Se emplean dos fases de carga en una batería de Ni-MH cuya finalidad es dar una carga adecuada a la batería, estas fases son:

- Fase de llenado
- Fase de balanceo

1.4.4 Fases de llenado

En esta fase se generará un 20 a 80 % de 'llenado', donde la tensión aumenta lentamente hasta un nivel de carga del 100%, por lo general esta fase dura entre 4 a 16 horas dependiendo del estado de funcionamiento de batería, esta fase no proporciona un balance de sus celdas debido a que la cantidad de carga que recibe la batería varía dependiendo de la resistencia interna. (Pei Zhang, 2011)

1.4.5 Fase de balanceo

Durante esta fase se producen una oscilación en el voltaje que varía entre 1 a 3 voltios por un instante de tiempo. Por lo general el balanceo esta dado en un tiempo de 4 a 6 y hasta un máximo de 12 horas después de haberse completado la primera fase de llenado. Durante el balanceo, cada celda de batería híbrida individual está aumentando a un estado de carga del 100% real. A medida que una celda individual alcanza su voltaje pico, se calienta ligeramente, luego la tensión disminuye a medida que convierte el exceso de energía de carga en calor, luego la celda se enfría y nuevamente se carga al 100%. (AUTOMOTIVE, 2017).

1.4.6 Datos técnicos voltajes pico típicos

La tabla 3 muestra los valores típicos de cargar para una batería híbrida, dado que estas necesitan de un control de carga especial para su correcto desempeño, el no controlar su carga conlleva a sobrecarga, desbalanceo y temperaturas elevadas que producen daños irreversibles en la batería.

Tabla 2. Tabla de voltajes de carga de la batería. **Fuente:** (AUTOMOTIVE, 2017)

Aproximado Valor	Unicelular	99-03 Prius	04-15 Prius	06-15 Camry Hybrid	00-06 Insight 03-05 Civic Hybrid 05-07 Accord Hybrid	06-11 Civic Hybrid	09-14 Insight	06-13 Highlander Hybrid, Chevy Silverado / Tahoe Hybrid, Lexus RX / Híbridos GS
Número de celdas en paquete de batería	1	228	168	204	120	132	84	240
Rango de funcionamiento normal (Fase de llenado)	1.2-1.4V	274-319V	202-235V	245-286V	144-168V	158-185V	101-118V	288-336V
Rango de voltaje máximo (Tensión aproximada de la fase de equilibrado)	1.4-1.43V	319-326V	235-240V	286-292V	168-172V	185-189V	118-120V	336-343V

Los distintos vehículos híbridos existen diferentes modelos de baterías prismáticas que entregan un voltaje mayor, dependiendo de las características de potencia que tenga el vehículo.

1.4.7 Carga lenta

Una carga lenta se da cuando el amperaje de carga es a 10% de la capacidad que tenga la batería en Ah, realizar una carga lenta conlleva a tener un tiempo de carga prolongado, el mismo que puede ser calculado mediante la ecuación.

$$T_c = \frac{mAh * 1.4}{mA}$$

La constante de 1.4 se utiliza dado que los cargadores pierden un 40% de eficacia.

(Aguado, 2008)

T_c = Tiempo de carga

mAh = Capacidad de carga de la batería

mA = Capacidad de carga del cargador

1.4.8 Características técnicas de finalización de descarga de la batería

La tabla 4 se presentan los valores de descargar mínimos recomendados para el proceso de reacondicionamiento de una batería híbrida sin que esta sufra daño alguno en su funcionamiento, debido a que su descarga debe ser controlada para evitar que el DOD no llegue a valores muy bajos de voltaje, ya que esto provocará que la batería deje de recibir la carga necesaria para su operatividad.

Tabla 3. Valores recomendados para descarga. **Fuente:** (AUTOMOTIVE, HYBRID AUTOMOTIVE, 2018)

Número de celdas en paquete de batería	Uno	228	168	204	120	132	84	240
Primera descarga	0.8V	182V	134V	163V	96V	105V	67V	192V
Segunda descarga	0.5V	114V	84V	102V	60V	66V	42V	120V
Tercera descarga	0.1V	23V	17V	20V	12V	13V	8V	24V

Para los procesos de descarga los valores mínimos del DOD no deben ser inferiores a los indicados en la table 4, para evitar que la batería sufra daños irreversibles en su proceso de almacenamiento de la carga eléctrica. (AUTOMOTIVE, HYBRID AUTOMOTIVE, 2018)

1.5 Reacondicionamiento de la batería

Para poder reacondicionar una batería en un cierto porcentaje o en su totalidad es necesario tener en cuenta diferentes aspectos, como valores de voltaje mínimo de descarga, rangos de temperatura de funcionamiento y amperaje de carga, es necesario conocer el estado de las celdas y del conjunto de la batería, para lo cual es necesario evaluar los valores de tensión dado por cada celda y del pack de baterías. Este proceso romperá formaciones de cristal generados dentro de la batería, impidiendo así su máximo rendimiento. (AUTOMOTIVE, Prolongo Battery Charger User Guide, 2017)

1.5.1 Ciclo carga/balanceo de la batería

Este método carga la batería al 80% de su capacidad el pack de baterías tendrá una carga desbalanceada en cada una de sus celdas debido a la resistencia eléctrica que posee cada una de las celdas, para contrarrestar el desbalanceo de cargas en las celdas es necesario realizar un balanceo de cargas.

El balanceo consiste en colocar a cada una de las celdas en paralelo para poder igualar las cargas a través de la descarga eléctrica que iguala el voltaje de cada celda a un mismo valor de voltaje y amperaje.

1.5.2 Ciclo descarga profunda

Esta etapa descargará la batería al 20% de su capacidad. Después de realizar una carga del 80% a la batería y de un equilibrio de cargas, se procede a descargar la batería mediante el uso de bombillas incandescentes, las cuales descargarán la batería lentamente hasta un valor mínimo de voltaje especificado en la tabla 4. Este ciclo se repite varias veces hasta conseguir un desempeño mejorado de la batería.

1.6 Objetivos de la Investigación.

1.6.1 Objetivo General

Estudiar el comportamiento de las baterías usadas de vehículos híbridos durante el proceso de recuperación para la determinación de la durabilidad.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Obtener información mediante revisión bibliográfica para el conocimiento de los distintos métodos de recuperación de baterías híbridas.
- Determinar las gráficas de trabajo del acumulador eléctrico mediante el modelado matemático de una batería híbrida para la identificación del estado actual de la batería.
- Comprobar los resultados obtenidos de la experimentación mediante el análisis experimental de carga y descarga para la obtención del porcentaje de recuperación de la batería híbrida.
- Elaborar una guía de procesos mediante la información experimental obtenida para la recuperación del acumulador eléctrico.

2. CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA BATERÍA DEL VEHÍCULO HÍBRIDA.

Mediante el estudio de su modelado matemático y sus gráficas características se determinará en este capítulo el proceso de adquisición de datos, explicando el uso del programa y procedimientos utilizados para la identificación de fallos en las celdas del pack de la batería de vehículos híbrido, donde nos explica cada uno de los procesos desarrollados durante la experimentación y la función que desempeña cada elemento.

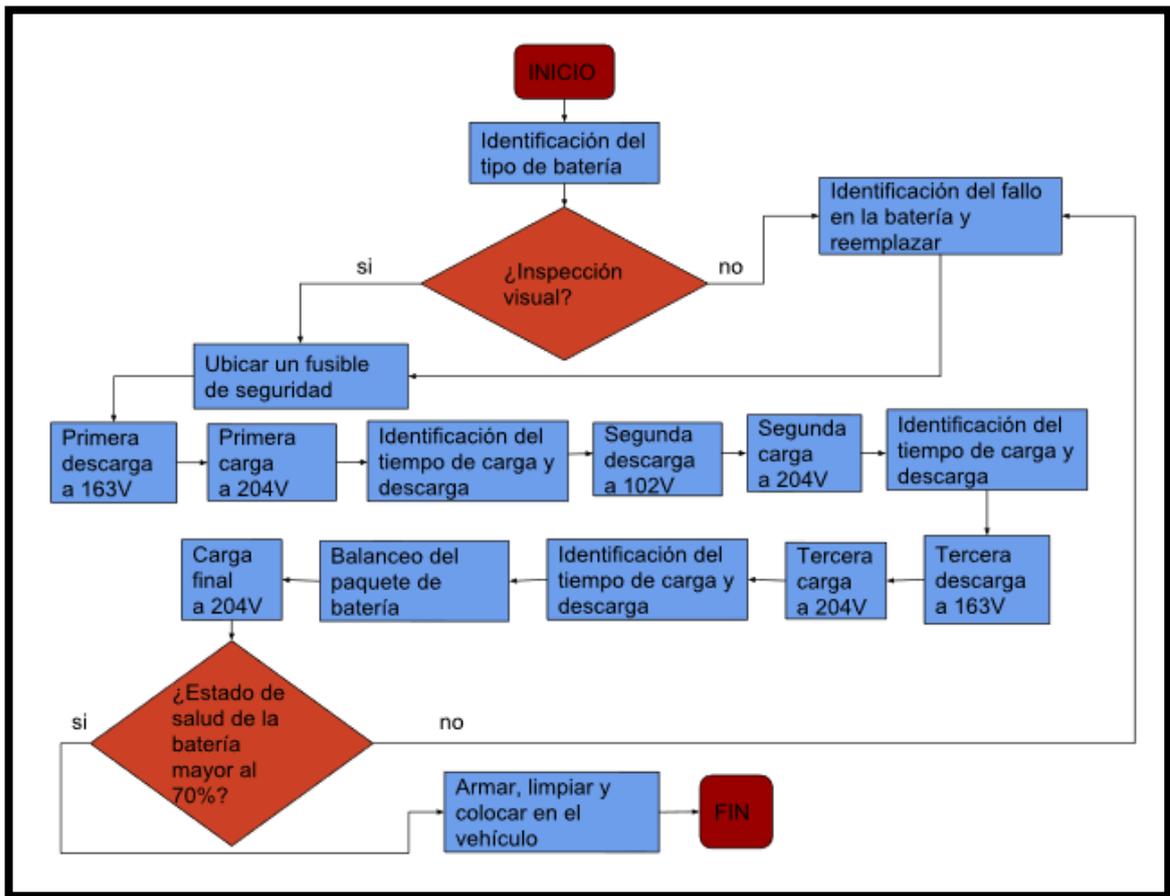


Figura 5. Diagrama del proceso de reacondicionamiento. Fuente: Autor.

En primera instancia se procede a identificar qué tipo de batería vamos a realizar este tipo de reacondicionamiento para proceder a dar el amperaje correcto para no causarle más daño a la misma, donde luego de todo esto se realiza una inspección visual identificando las celdas dañadas o hinchadas, bornes con corrosión y a colocar un fusible de seguridad, donde se procede a cargar la batería con las especificaciones dadas por el fabricante, este proceso tendrá una duración de una hora a una hora y media en su primera carga dependiendo del porcentaje que se encuentre la batería después se procede a descargarla

con algunos consumidores de bajo consumo de corriente este proceso se repetirá en tres ocasiones donde se va a descargar consecutivamente la batería cada vez a menos voltaje y durante el proceso la batería va a tardar más horas en descargarse al valor requerido, luego de este proceso es importante balancear antes de armarla por completo, teniendo en cuenta todos estos pasos se procederá a colocarla en el vehículo.

2.1 Circuito electrónico

La corriente interna o corriente de medición se trasporta a través de un circuito electrónico hacia las entradas analógicas del Arduino a través de los partidores de tensión, dando la cantidad adecuada de voltaje para que se pueda tomar los datos de carga y descarga.

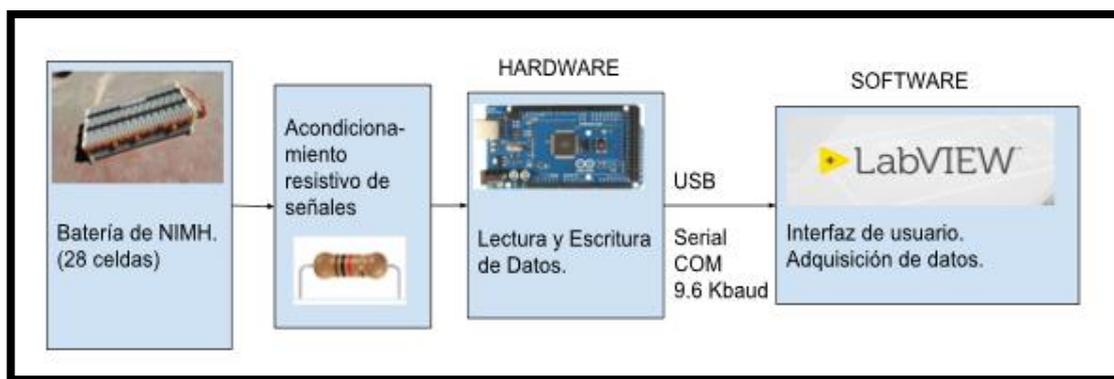


Figura 6. Proceso de adquisición de datos. **Fuente:** Autores.

De acuerdo con el valor medido del conjunto de pares de baterías la parte eléctrica pasa por los partidores de tensión hacia la parte electrónica para poder obtener los datos en tiempo real, el voltaje de los pares de celdas pasa por el partido de tensión lo que envía la información a la tarjeta de adquisición de datos (Arduino) y mediante LabVIEW se permite la lectura de información adquirida en tiempo real de la carga o descarga del acumulador eléctrico.

2.2 Programación

El lenguaje conocido como G es un lenguaje visual gráfico, con la ayuda del programa LabVIEW se ha generado una estructura de lenguaje de programación visual gráfico, donde los datos se presentan en un tiempo de dos segundos para cada toma de datos, generando gráficas del estado actual de las caídas de voltaje de cada par de celda.

2.3 Circuito eléctrico partidor de tensión

De una forma más sencilla y precisa puede medirse el valor eficaz o el valor de cresta de una tensión continua usando divisores de tensión resistivos, teniendo el principio básico de hacer que la tensión se distribuye en un conjunto de resistencias y trimmer en serie.

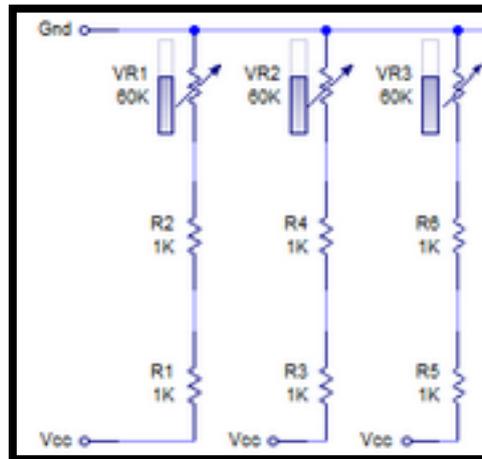


Figura 7. Partidores de tensión. Fuente: Autores.

Para la obtención de los valores específicos de cada par de celdas de la batería usamos el partidor de tensión como método de adquisición de datos, realizado con dos resistencias una de $220\text{k}\Omega$ y otra de $20\text{k}\Omega$, que sumadas dan $240\text{k}\Omega$ y un trimmer de precisión con valor $10\text{k}\Omega$ para la calibración exacta de los valores de voltaje de salida de la batería.

2.4 Esquema del partido de tensión

Un divisor de corriente es una configuración presente en circuitos eléctricos que puede fragmentar la corriente eléctrica de una fuente entre diferentes resistencias o impedancias conectadas en paralelo. El divisor de corriente satisface la Ley de corriente de Kirchoff.

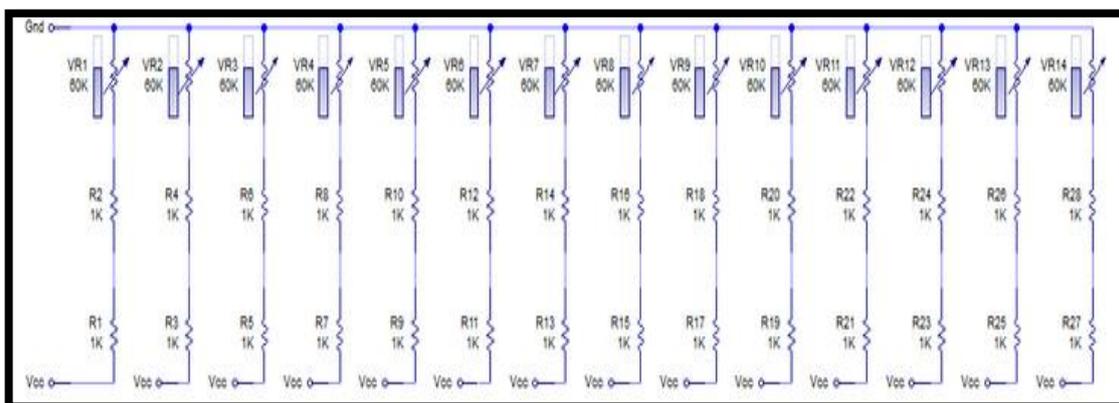


Figura 8. Esquema divisor de tensión. Fuente: Autores.

Utilizando multisim se realizó un esquema básico del circuito partidor de tensión el mismo que fue adaptado para el desarrollo de este proyecto.

2.5 Software (datos de la carga y descarga)

La elaboración del software de lectura de datos de carga y descarga se lo desarrollo con la necesidad de leer los datos adquiridos por la tarjeta Arduino, durante el proceso de recuperación, el mismo que fue desarrollado en el grupo gestacional GIIT desde el proyecto de reacondicionamiento de baterías híbridas, el mismo que nos servirá para un futuro poder identificar los valores del estado actual de la batería como de las celdas defectuosas en ese momento, o a su vez que desarrolle la misma función de un scanner automotriz para este tipo de vehículos.

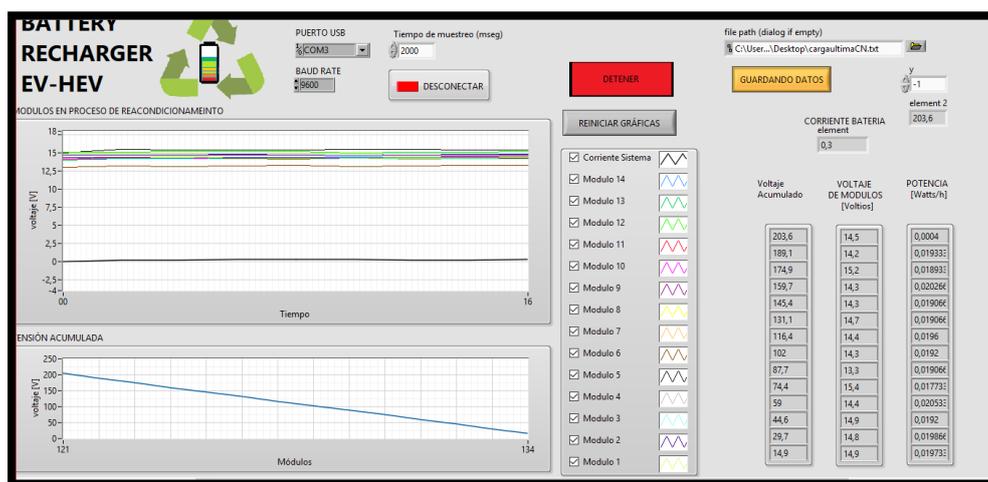


Figura 9. Programa de adquisición de datos. Fuente: Autores.

La figura 9 detalla los valores numéricos y gráficos de los 14 pares de celdas leídos por el software elaborado en LabVIEW.

2.6 Software LabVIEW

El programa usado es un entorno de programación gráfico donde se utilizan iconos, cables y terminales, a diferencia de otro tipo de programación basada en textos, LabVIEW es llamado como una programación de instrumentos virtuales o VIs, ya que su apariencia y operación imitan a los instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros y así una extensa variedad de herramientas para la ayuda de adquirir, visualizar, almacenar y analizar datos, lo que se consigue una ayuda a la solución de problemas en el código que se escriba.

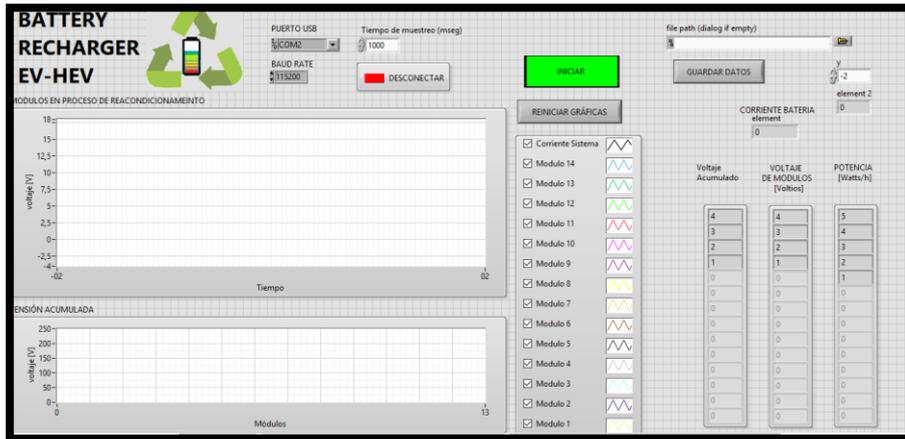


Figura 10. Interfaz del programa LabVIEW. **Fuente:** Autores.

En la figura 10 se muestra la interfaz del usuario que ayuda a la lectura de datos de los pares de celdas de la batería, para diagnosticar el estado previo al reacondicionamiento, esto se logra obteniendo datos gráficos y numéricos, de corriente y voltaje generados por la carga y descarga de la batería en estudio.

2.7 Software Arduino

La comunicación entre el computador al Arduino se produce a través del puerto serie, el que posee un convertidor USB-SERIE lo que permite conectar el dispositivo al computador.

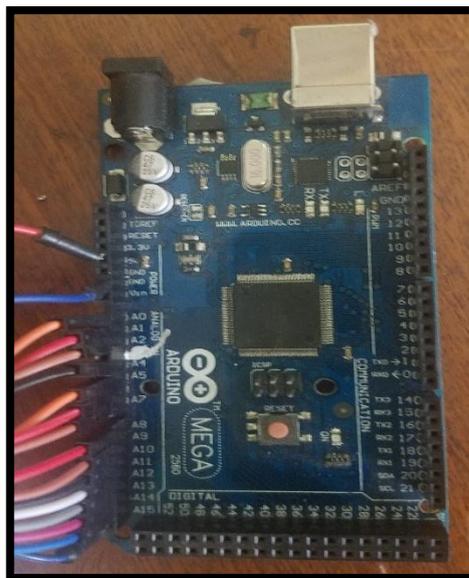


Figura 11. Arduino mega 2560. **Fuente:** Autores.

Con la ayuda de un Arduino mega 2560, se procede a tomar las muestras del proceso de reacondicionamiento siendo el microcontrolador más eficaz en esta familia, por eso se ha tomado la decisión de usar este tipo de herramienta ya que posee 54 pines digitales que funcionan como salidas y entradas, 16 entradas análogas, una conexión USB, un cristal oscilador de 16 MHz, una entrada para la alimentación de la placa y un botón de reset.

2.7.1 Lenguaje de programación visual gráfico

En este protocolo de adquisición de datos, se ejecutan las siguientes funciones de lenguaje para la adquisición de datos necesarios para el diagnóstico de la batería.

2.7.1.1 Protocolo de adquisición de datos

Se muestra en la figura 11 la lectura de los datos enviados por la tarjeta Arduino al puerto serial USB y posteriormente se disgrega la trama de datos, para la lectura de los valores numéricos y gráficos necesarios para la identificación de los pares de celdas.

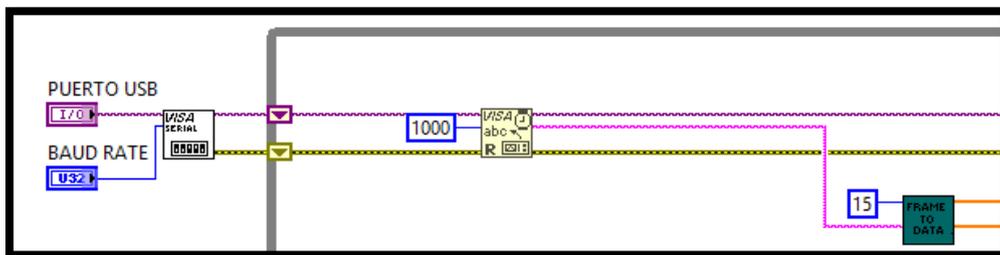


Figura 12. Protocolo de adquisición de datos LabVIEW. Fuente: Autores.

2.7.1.2 Lectura de datos

El “lenguaje G” donde la G simboliza que es lenguaje gráfico descrito en la figura 12 muestra las 14 entradas de las celdas a diagnosticarse durante el proceso de carga y descarga de la batería híbrida de composición Ni-MH.

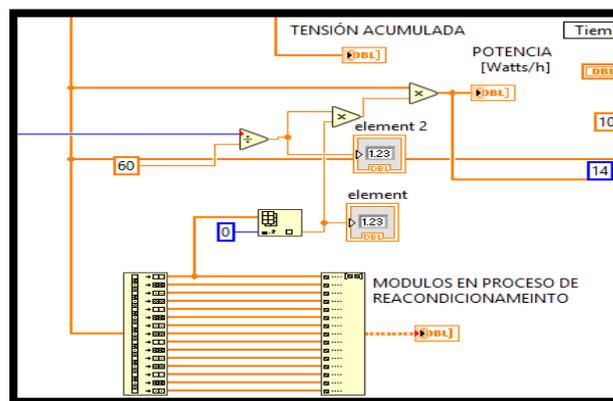


Figura 13. Lectura de datos recibidos por el programa LabVIEW. Fuente: Autores.

2.7.1.3 Descomposición de señal

La figura 13 muestra el reinicio de las gráficas al utilizar el botón Ok Botón 2. Para poder tener un tiempo de inicio y final de la toma de datos numéricos representados gráficamente.

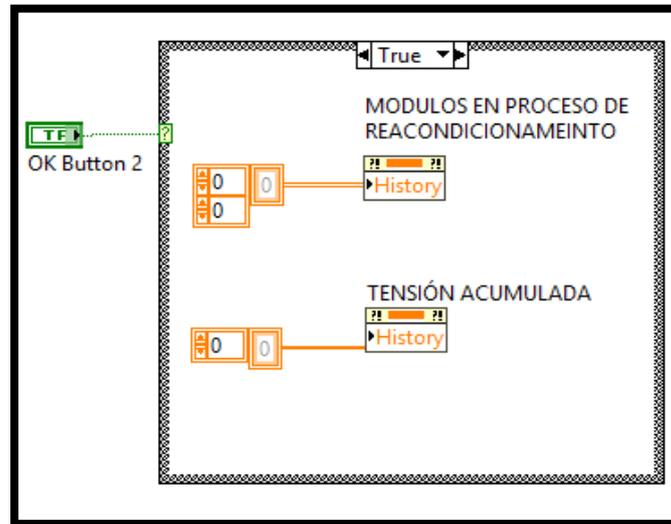


Figura 14. Descomposición de señales. Fuente: Autores.

2.7.1.4 Reinicio del programa

En este paso se realiza el proceso de almacenamiento de los datos en el directorio designado para poder identificar los valores y el proceso de rehabilitación de la batería híbrida. Los datos adquiridos son guardados en un archivo de texto txt.

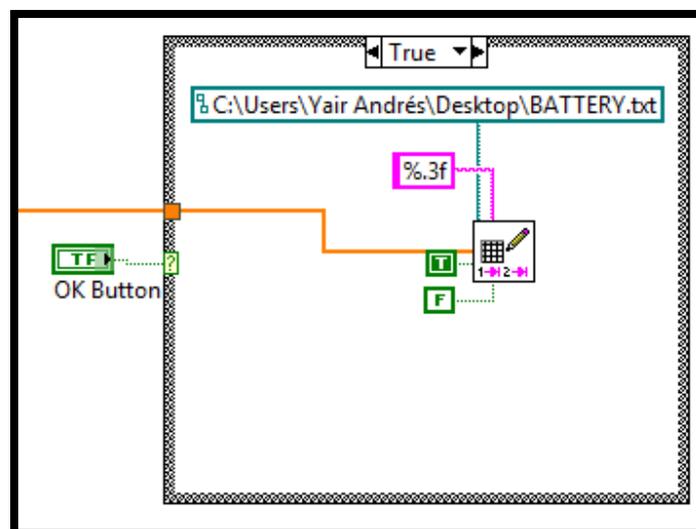


Figura 15. Reinicio del programa. Fuente: Autores.

2.7.1.5 Almacenamiento de datos

A continuación, se designa la escala y el formato en el eje X de la gráfica, para mejora de lectura e identificación de los 14 pares de celdas.

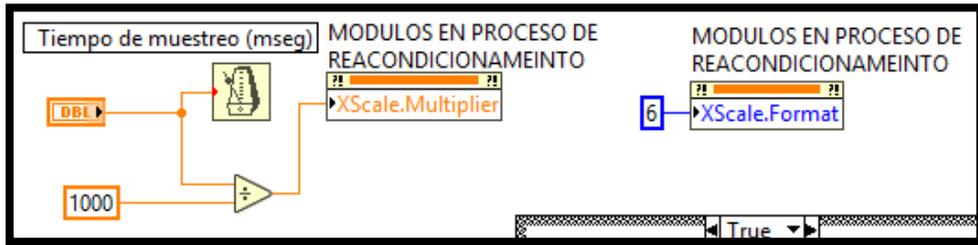


Figura 16. Almacenamiento de datos. Fuente: Autores.

El tiempo de muestreo esta dado en milisegundos, establecido en el programa a dos mil milisegundos durante todas las muestras.

2.8 Lenguaje de programación Arduino

El software desarrollado permite establecer una comunicación entre el computador con la tarjeta Arduino, a través de un puerto serial COM. Para realizar este enlace LabVIEW ofrece una comunicación más rápida y sencilla mediante un puerto VISA, el cual tiene una comunicación directa entre el programa y el puerto serie COM, donde la tarjeta trabajara a 9600 baudios.

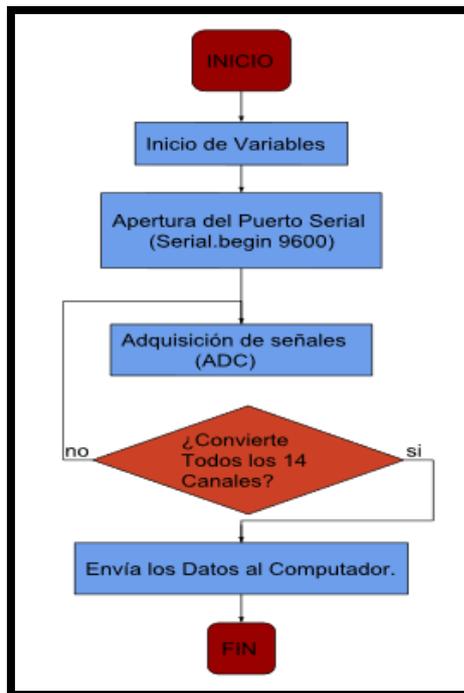


Figura 17. Diagrama de programación Arduino. Fuente: Autores.

2.9 Adquisición de datos

El procedimiento para la toma de datos se basó en la identificación de cada una de las celdas del paquete de 28 módulos, cada una identificada y enumerado respectivamente, en el programa se tiene el valor de carga y descarga de cada celda para identificar cual de todas está en malas condiciones de trabajo.

2.10 Balanceo

Este paso se lo realizo de manera empírica ya que necesitamos consumir el voltaje nominal de cada celda, para lo cual se colocó en paralelo las celdas de la batería, con un consumidor de bajo amperaje, así ayudándose cada celda a mantener un voltaje equilibrado entre sí lo que permite que todas reciban el mismo consumo en la descarga.



Figura 18. Balanceo de módulos. **Fuente:** Autores.

En la figura 18 se muestra el balanceo de los 28 módulos de la batería, que se proporcionan una carga equivalente a cada una de sus celdas, esto ayuda a mantener el mismo nivel entre la carga y descarga de cada una de sus celdas al formar un paquete de baterías, esto genera que el acumulador eléctrico se desempeñe en sus mejores prestaciones.

2.11 Proceso de carga

Para el desarrollo de este procedimiento se marca las celdas de la batería para su posterior identificación en el programa, por seguridad se conectó un fusible para evitar cortocircuitos y posibles daños en el cargador, se acopló el socket de toma de datos de la batería y se procede a conectar un sensor de corriente para conocer el consumo de corriente durante la carga y descarga del reacondicionamiento, teniendo estos procesos listos se procede a conectar todos el pack de batería al cargador PROLONG “BATETERY CHARGER” que da 346 miliamperios y 250 voltios máximos de suministro.

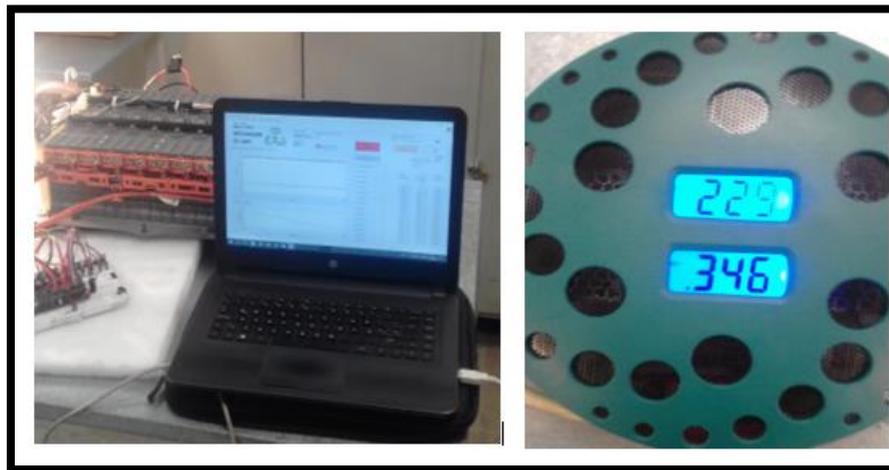


Figura 19. Carga y cargador de batería vehículo híbrido. **Fuente:** Autores.

El cargador trabaja a carga lenta establecida en 346 mA, la tensión de la batería es mostrada en el cargador equivale al voltaje actual de la batería, este voltaje aumentara progresivamente durante el tiempo de carga, al momento de llegar a un punto de carga en donde comienza a recibir carga más lentamente al llegar a los voltajes máximos de funcionamiento establecidos en 241.92 voltios.

La corriente establecida en este proceso debe ser no menor a 325 mA, debido a que una carga lenta se establece en 1/10 del porcentaje del almacenamiento de la capacidad de la batería.

2.11.1 Instrumentos de carga

Este apartado detalla los instrumentos utilizados para el reacondicionamiento, el cual consiste en un cargador de 250 voltios que trabaja en carga lenta, además cuenta con un consumidor equivalente 220 watts, el cual ayudara a consumir una corriente baja durante

el proceso de reacondicionamiento, donde el consumidor tiene una adaptación para visualizar el voltaje de salida del cargador.



Figura 20. Cargador de baterías. **Fuente:** (AUTOMOTIVE, *Prolongo Battery Charger User Guide*, 2017)

2.12 Tiempo de carga

Durante el proceso de carga se tiene un voltaje inicial de 201.6 voltios para que la batería llegue a 238 voltios se genera un tiempo de carga de 9 horas con 20 minutos para el primer proceso de reacondicionamiento.

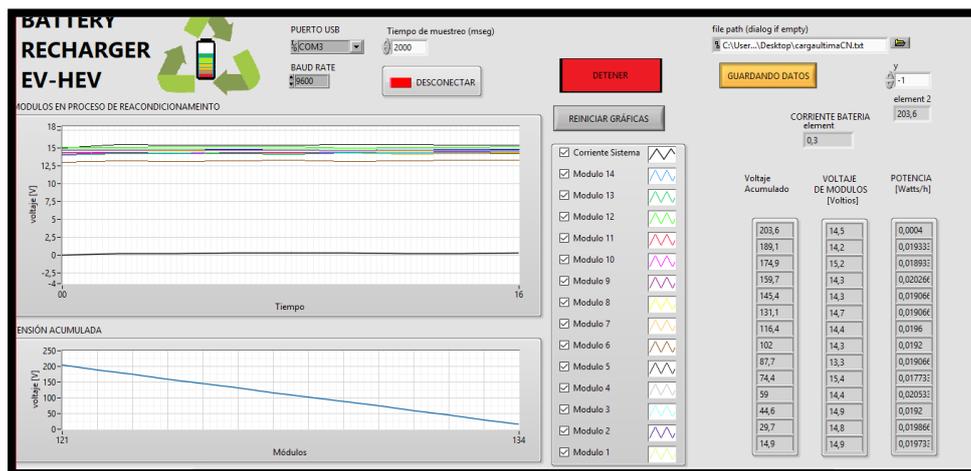


Figura 21. Gráficas de carga. **Fuente:** Autores.

Se observa en la figura 20 el tiempo transcurrido durante el proceso de carga, las gráficas de carga suben progresivamente hasta un valor de 17 voltios por cada par de celdas admitido por la batería.

2.12.1 Curvas de carga

En este proceso de carga se observa que las curvas de las 14 unidades de celdas suben continuamente como avanza el tiempo de carga y todas se mantienen en el mismo voltaje de carga.

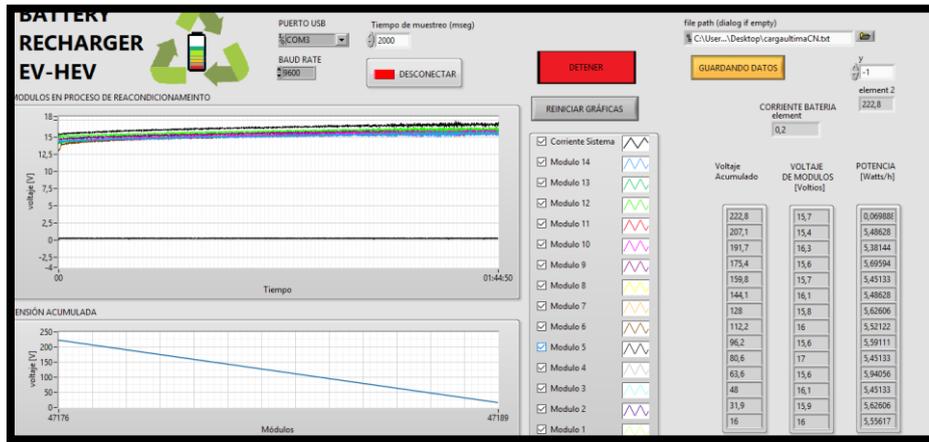


Figura 22. Gráfica de carga completa. Fuente: Autores.

Grafica tomada a la hora con cuarenta y cuatro minutos de carga, donde se puede observar que la batería recibe la carga en perfectas condiciones sin tener ninguna caída de voltaje en ninguna de sus 14 pares de celdas sin existir discontinuidad entre ellas.

2.13 Proceso de descarga

Durante el proceso de descarga existen 4 pares de celdas que pierden rápidamente el voltaje en comparación a las demás celdas en mejor estado, donde las 4 celdas primeras presentan un fallo a las dos horas con cincuenta y seis minutos de descarga a diferencia del resto que llegan a una descarga de 201,6 voltios y ahí presentan su pérdida de voltaje.

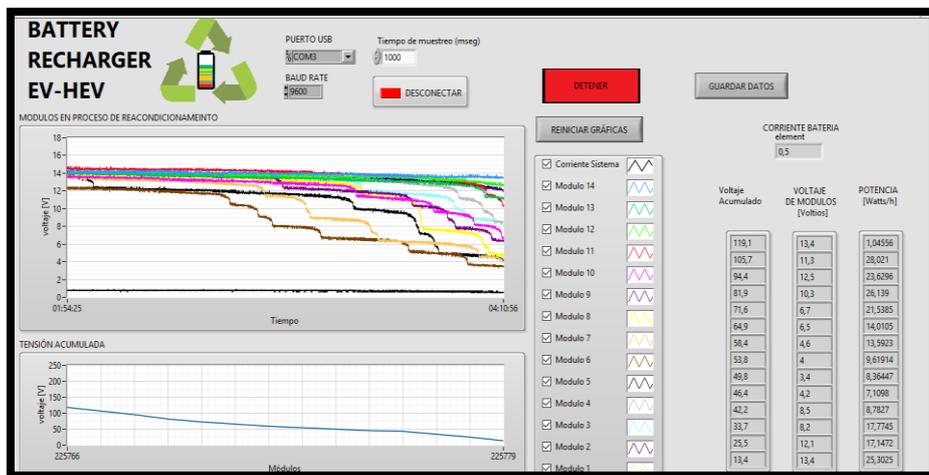


Figura 23. Gráfica de descarga completa. Fuente: Autores.

Teniendo identificadas las celdas defectuosas se procede a dar un mantenimiento de carga y descarga para la comprobación de su mejora.

2.14 Elemento consumidor

El procedimiento para la descarga se la realiza con dos consumidores de 120 voltio a 110 watts para consumo bajo en tiempos prolongados, donde da un mejor resultado para el reacondicionamiento de la batería.

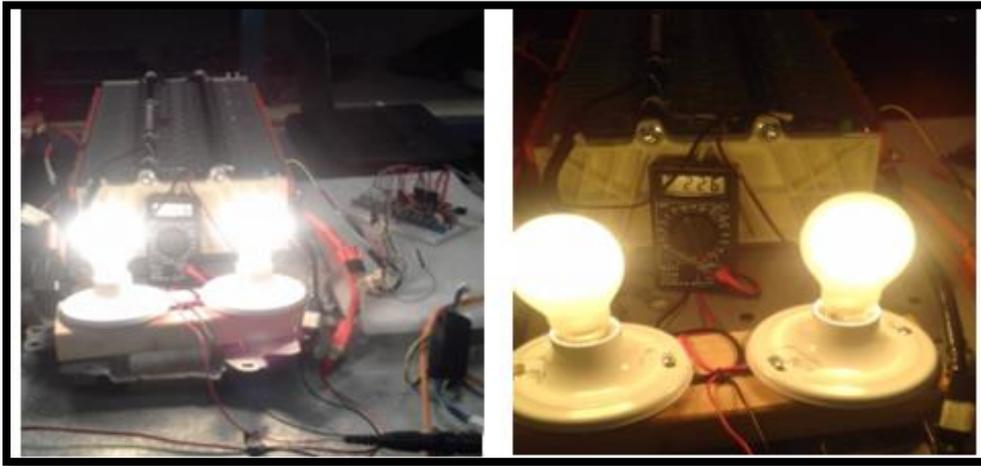


Figura 24. Consumidores para descarga. **Fuente:** Autores.

Se uso dos consumidores de 110 watts cada uno para simular una descarga de 0.7 voltios, el procedimiento realizado especifica que mientras menor potencia tengan los consumidores mejor reacciona la batería al reacondicionamiento.

2.15 Proceso de descarga

Se le aplica un tiempo de descarga mayores a 6 horas para poder obtener un consumo de los 14 pares de celdas, para obtener un valor nominal de cada celda de 6.2 voltios lo que recomienda el método de reacondicionamiento de baterías.

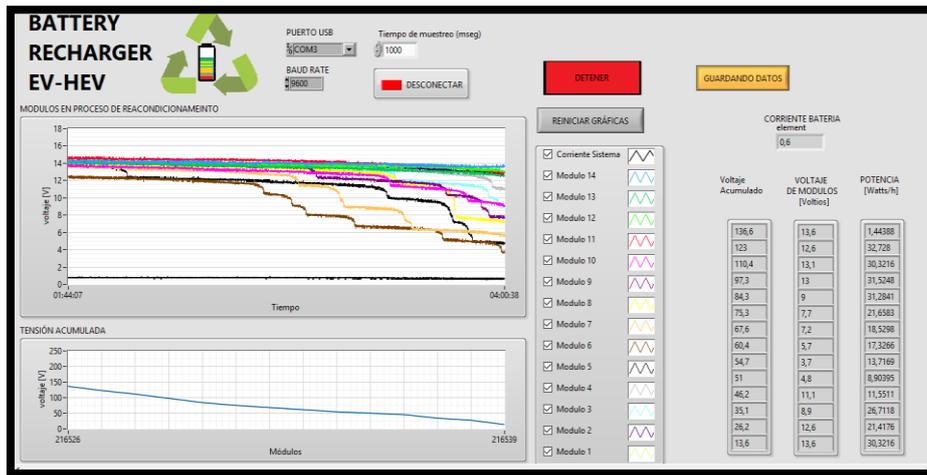


Figura 25. Descarga de la batería durante cuatro horas a un amperio. Fuente: Autores.

Aproximadamente se realiza la descarga a 1 amperio, como se puede observar en la figura 25 que el tiempo es de 4 horas donde ya se puede identificar cada una de las celdas dañadas comienzan a caer progresivamente debido a que las mismas no retienen carga.

2.15.1 Esquema de descarga

Se presenta a continuación la gráfica de descarga del paquete de baterías, cabe agregar que el paquete de baterías se encuentra en condiciones de bajo voltaje por lo cual fue remplazada porque presento un código de fallo en el vehículo.

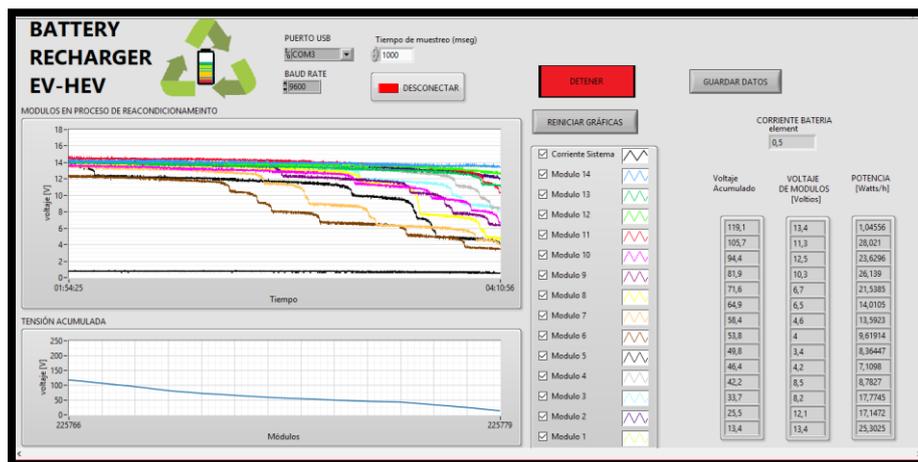


Figura 26. Descarga de todo el paquete de batería. Fuente: Autores.

En la figura 26 podemos observar que con el tiempo de descarga mayor a los anteriores se tiene que todo el paquete comienza a fallar y sus graficas comienzan a caer en el mismo tiempo a comparación de las cuatro primeras lo cual nos da un indicio que el resto de las baterías está en perfectas condiciones lo cual ayudara a la rehabilitación de todo el paquete de la batería.

3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE CARGA Y DESCARGA PARA LA OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE LA BATERÍA HÍBRIDA

En el capítulo anterior se analizó las gráficas generadas por los datos obtenidos de cada una de las celdas y del conjunto de batería, hemos detallado sus gráficas de trabajo ideal para cada celda donde llegando a este punto comprobaremos el desempeño de la batería y obtendremos un porcentaje de recuperación de la batería luego del proceso experimental de recuperación.

3.1 Estado actual de la batería

La siguiente información pertenece al pack de baterías de tercera generación del año 2012, de 28 celdas con un voltaje nominal de 201.6 voltios. Los datos adquiridos son de una batería en mal estado, la cual fue desechada dado que genero un código de fallas producido por el desgaste de la batería, con estos datos podremos realizar un diagnóstico inicial del estado actual del acumulador previo al reacondicionamiento.

Tabla 4. Datos actuales de la batería a ser reacondicionada. **Fuente:** Autores.

Parámetro	Valor	Unidad
Power resurce VB	235.38	V
Battery block Vol-v01	15.85	V
Battery block Vol-v02	14.65	V
Battery block Vol-v03	14.46	V
Battery block Vol-v04	14.35	V
Battery block Vol-v05	14.26	V
Battery block Vol-v06	14.85	V
Battery block Vol-v07	12.47	V
Battery block Vol-v08	13.85	V
Battery block Vol-v09	13.96	V
Battery block Vol-v10	15.20	V
Battery block Vol-v11	14.44	V
Battery block Vol-v12	14.58	V
Battery block Vol-v13	14.85	V
Battery block Vol-v14	15.00	V

3.2 Células de los módulos.

Para dar un diagnóstico de los resultados de la batería reacondicionada se ha utilizado las gráficas de trabajo ideal de carga y descarga de una batería de Ni-MH de 1.2 voltios nominales, donde se realiza una comparación de sus celdas individuales de cada módulo de celda.

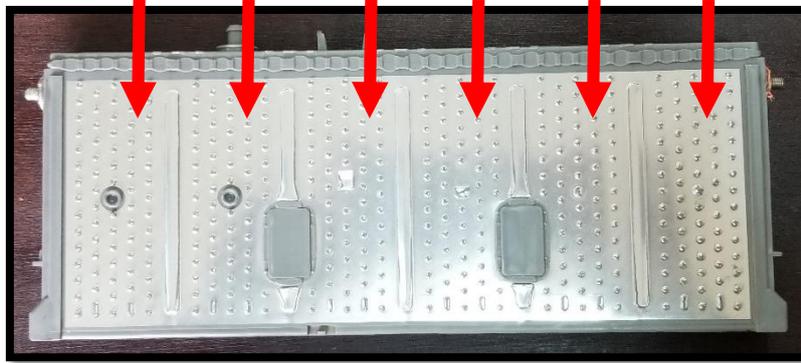


Figura 27. Módulo de 6 células. **Fuente:** Autores.

El módulo de celda está conformado de 6 células de 1.2 voltios como se indica en la figura 27, lo cual da un total de 7.2 voltios por cada módulo para la comparación de graficas se procedió a dividir para 6 el valor total de 7,2 voltios.

3.2.1 Curvas de trabajo ideal de carga

En la figura 28 se muestra el voltaje vs tiempo en horas, de tres gráficas de carga a una temperatura de 0, 20, 45 grados Celsius, para nuestro estudio se tomará la curva de descarga perteneciente a una temperatura de 20 grados Celsius lo que equivale a una temperatura ambiente, con un valor de carga de 0.75 Amperios.

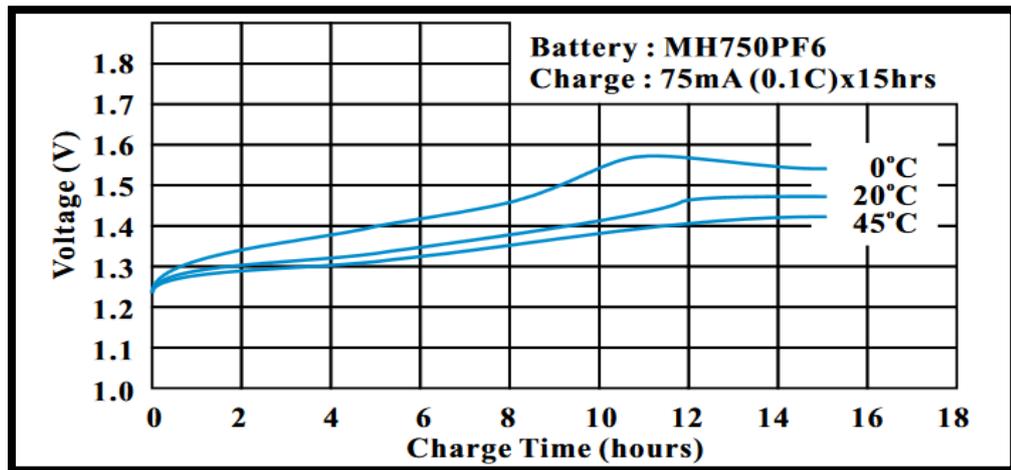


Figura 28. Gráfica de trabajo ideal de carga Ni-MH de 1.2 voltios. **Fuente:** (PANASONIC, Ni-MH RECHARGEABLE PRISMATIC BATTERY, 2010)

El valor máximo de voltaje que adquiere la curva de carga es de 1.57 voltios en un tiempo de 12 horas.

3.2.2 Curvas de trabajo ideal de descarga

En la figura 29 mostrada se puede visualizar el voltaje vs tiempo (horas) de la gráfica de descarga de 1.3 voltios a una temperatura de 20 grados Celsius (temperatura ambiente), y un valor de descarga de 750 miliamperios.

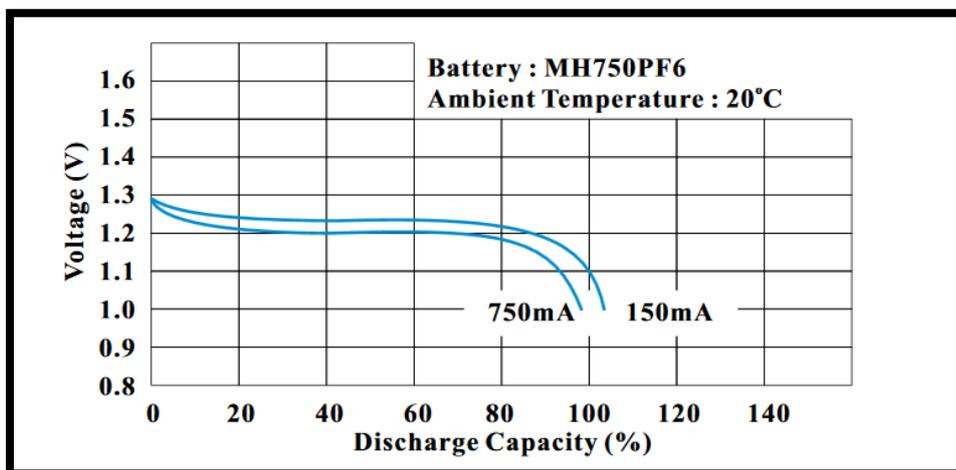


Figura 29. Gráfica de trabajo ideal de descarga Ni-MH de 1.2v. **Fuente:** (PANASONIC, Ni-MH RECHARGEABLE PRISMATIC BATTERY, 2010)

El valor máximo de voltaje presentado por la célula es de 1.3 voltios en un tiempo de 5 horas donde la descarga mínima está dada a un valor de 0.7 voltios.

3.3 Curvas de trabajo de carga – descarga de la batería antes y después de ser reacondicionada

A continuación, se presenta las gráficas adquiridas del proceso de carga y descarga de la batería, antes y después de ser sometida al proceso de reacondicionamiento, con estas gráficas se podrá identificar la mejora de la batería estudiada. Estas gráficas son importantes para el análisis del comportamiento del estado actual de la batería después del proceso de recuperación.

3.3.1 Curvas de trabajo antes del reacondicionamiento – carga

Antes del proceso de reacondicionamiento los valores de voltaje presentan dispersiones de 1.8 voltios entre cada celda. Estos voltajes al ser acumulados por los 28 módulos que presenta la batería dan como resultado un voltaje total 180.6 voltios durante la primera carga.

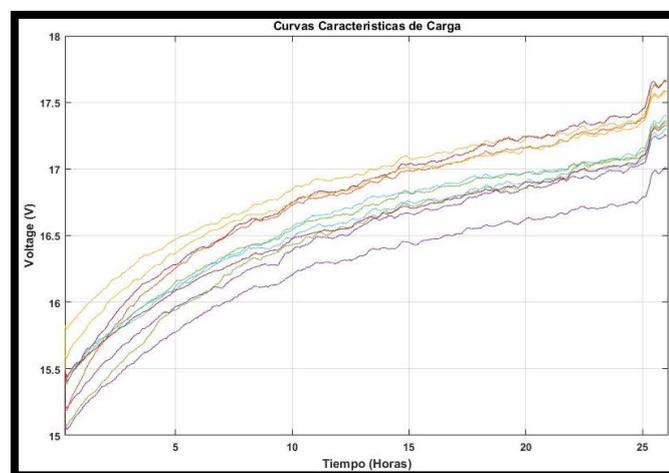


Figura 30. Curvas características de carga antes del reacondicionamiento. **Fuente:** Autores.

La diferencia de 1.8 voltios entre pareja de celdas da a entender que existe un desbalanceo del conjunto de baterías, esta anomalía no permite obtener el valor de voltaje nominal, producto por lo que fue desechada y utilizada para realizar el estudio de reacondicionamiento.

3.3.2 Curvas de trabajo antes del reacondicionamiento – descarga

En la figura 31 se observa el valor de 16.5 voltios al cual se ha cargado la mayoría de las celdas del paquete de batería, dichas gráficas se encuentran dentro del rango de 0.7 voltios de diferencia una de otra.

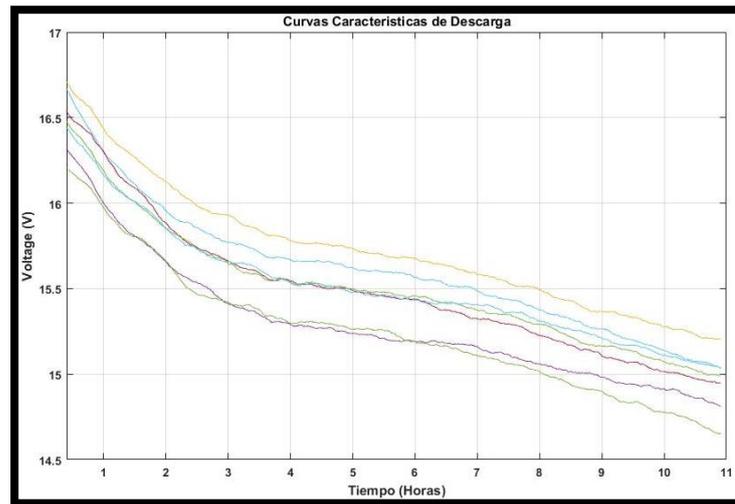


Figura 31. Curva características de descarga antes del reacondicionamiento. **Fuente:** Autores.

La diferencia de voltaje existente en la descarga es de 0.8 voltios entre pares de celdas, el tiempo que se genera en la descarga es aproximado en 10 a 11 horas para llegar al valor de 201.6 voltios.

En este proceso de descarga se observa que existen pares de celdas que se descargan con mayor rapidez que otras, dando a notar que existe un desbalanceo de sus celdas.

3.3.3 Curvas de trabajo después del reacondicionamiento – carga

Durante el proceso de reacondicionamiento los valores de cada módulo del pack de baterías presentan una diferencia mínima de voltaje entre ellas, este proceso ayuda a identificar que las celdas comienzan a presentar una mejora en el momento de recibir carga debido al proceso de balanceo y reacondicionamiento, dando un conjunto de graficas muy aproximadas entre si ya que todas tiene el mismo voltaje.

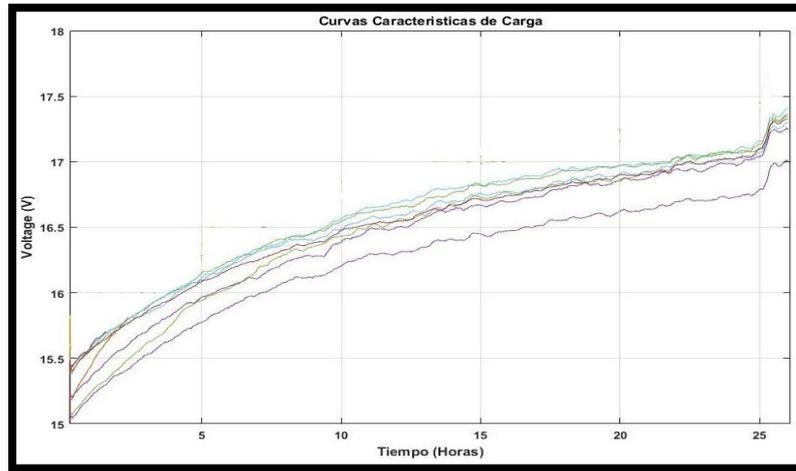


Figura 32. Curva características de carga después del reacondicionamiento. **Fuente:** Autores.

La diferencia de voltaje varía entre 0.2 a 0.3 voltios durante el proceso de carga, y su carga máxima aceptable esta entre 17.25 voltios a 17.33 voltios entre dos pares de celdas lo cual da una diferencia entre 0.1 voltios en carga máxima a diferencia que al principio teníamos una diferencia de 0.8 voltios entre gráfica de cada paquete de celdas.

3.3.4 Curva de trabajo después del reacondicionamiento - descarga

La figura 33 muestra las curvas de descarga empezando desde un valor máximo admitido por la batería de 16.75 voltios, el tiempo demorado para descargarse con un amperaje de 0.7 amperios esta dado en un aproximado a 30 horas.

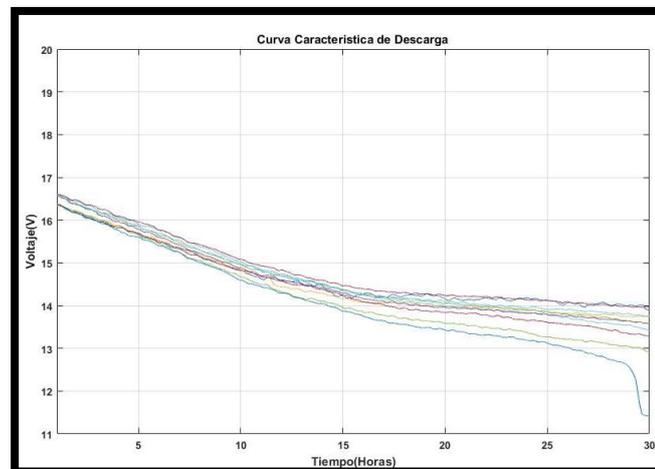


Figura 33. Curva características de descarga después del reacondicionamiento. **Fuente:** Autores.

3.4 Análisis comparativo de carga y descarga de las gráficas de trabajo de la batería reacondicionada vs gráficas de trabajo ideal

En esta sección se comparó las gráficas de trabajo de carga y descarga de la batería reacondicionada versus las gráficas de trabajo ideal, esto nos ayudará a obtener un porcentaje del comportamiento de la batería después del proceso de reacondicionamiento.

Para este análisis comparativo sea tomado las gráficas de trabajo de una celda de Ni-MH de 1.2v, con las mismas características de las celdas empleadas en la batería de nuestro estudio.

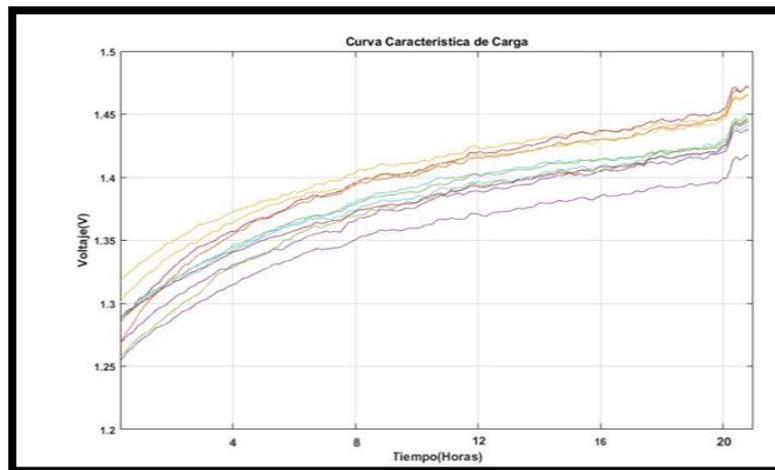


Figura 34. Curva características de carga. Fuente: Autores.

En la ilustración 2 se pudo obtener los valores de voltaje y tiempo de carga de una batería en correcto funcionamiento, estos datos son comparados con la ilustración 8, la cual da los valores de voltaje y tiempo de carga de la batería a la cual sea realizado el proceso de reacondicionamiento.

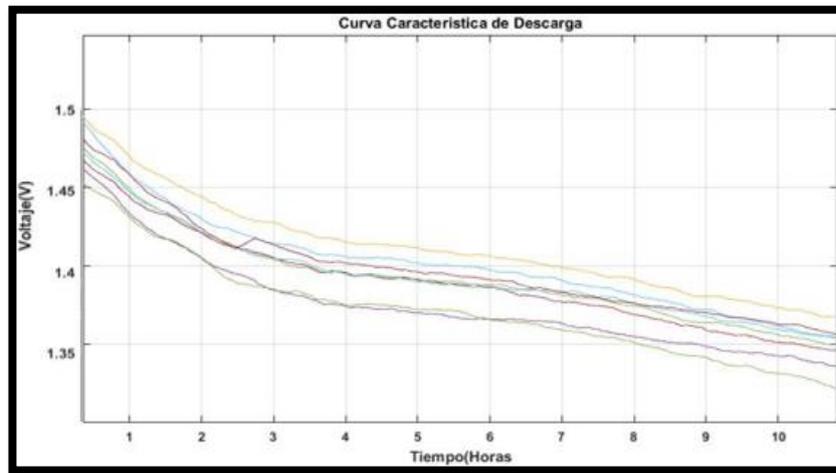


Figura 35. Curva características de descarga. **Fuente:** Autores.

En la ilustración 9 y 3 se puede observar que el voltaje máximo de carga aceptado por la batería esta entre 1.3 a 1.5 voltios, con un amperaje de descarga de 0.75 amperios esto genera un tiempo de descarga de aproximadamente 10 horas.

3.4.1 Comparación de tensión

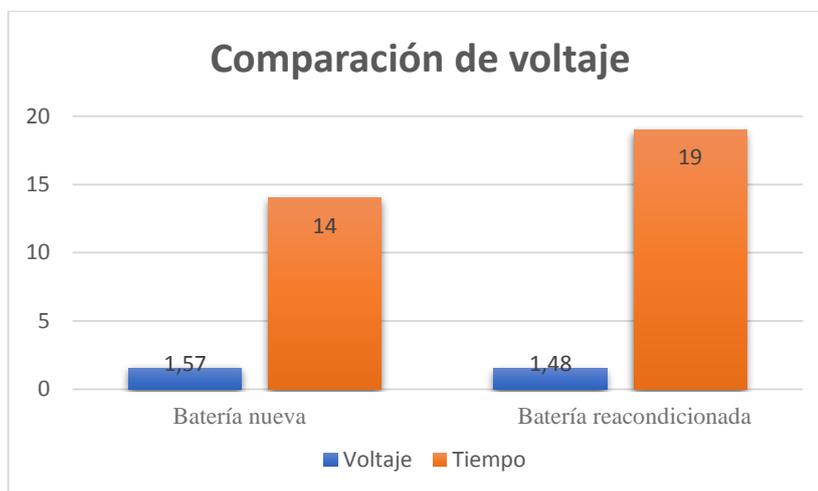


Figura 36. Comparación de tensiones, gráfica de trabajo ideal vs gráfica de trabajo reacondicionada. **Fuente:** Autores.

En la figura 36 se puede apreciar que los niveles de color azul representan el voltaje y los de color tomate representan el tiempo de carga, de una batería nueva y de una batería reacondicionada, esto indica que el acumulador de energía puede abastecer los requerimientos del vehículo, en lapsos prolongados de tiempo por lo tanto lleva al vehículo a:

- Presentar una compensación de potencia
- Menor consumo de combustible dado que mantiene el motor de combustión encendido por menor tiempo.

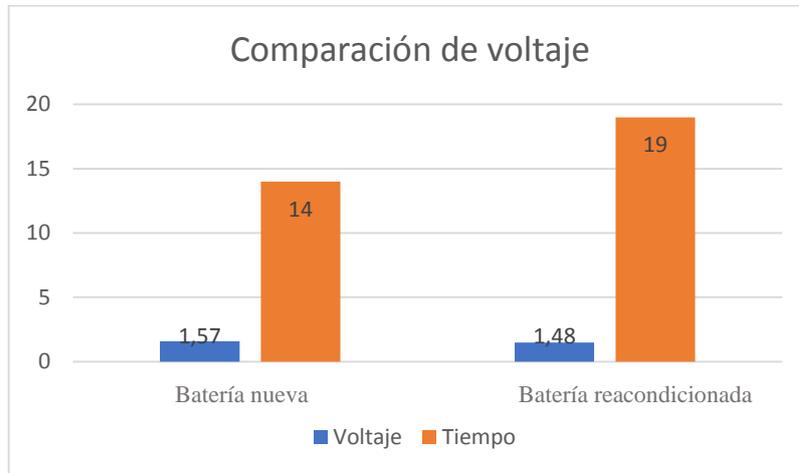


Figura 37. Comparación de voltaje vs tiempo. **Fuente:** Autores.

El tiempo estimado por la batería nueva está dado por 14 horas a un amperaje de 0.75 amperios, mientras que la batería reacondicionada, el tiempo de carga máxima este dado en 19 horas con un amperaje de 0.75 amperios.

3.4.2 Comparación de corriente

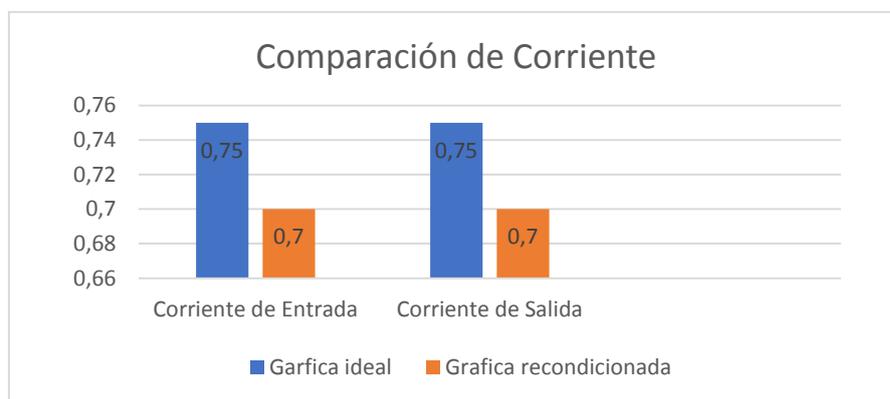


Figura 38. Comparación de corriente de salida. **Fuente:** Autores.

La corriente entregada por la batería de alta tensión da a conocer el comportamiento de la batería ya que de este valor depende el correcto funcionamiento del vehículo. En la ilustración 3 se puede observar la salida de corriente que este dado por 750mA, este valor tiene una aproximación del 0.05 al valor de corriente de salida dado por la gráfica de la batería después del reacondicionamiento.

3.5 Análisis comparativo de carga y descarga de las gráficas de trabajo de la batería reacondicionada vs graficas de trabajo del estado inicial de la batería

Se realizó el análisis comparativo de las curvas de trabajo de carga y descarga de la batería reacondicionada en el laboratorio versus las curvas de trabajo de la batería antes de ser reacondicionada, los resultados obtenidos nos dieron a conocer el comportamiento de la batería al ser reacondicionada.

3.5.1 Comparación de tensión

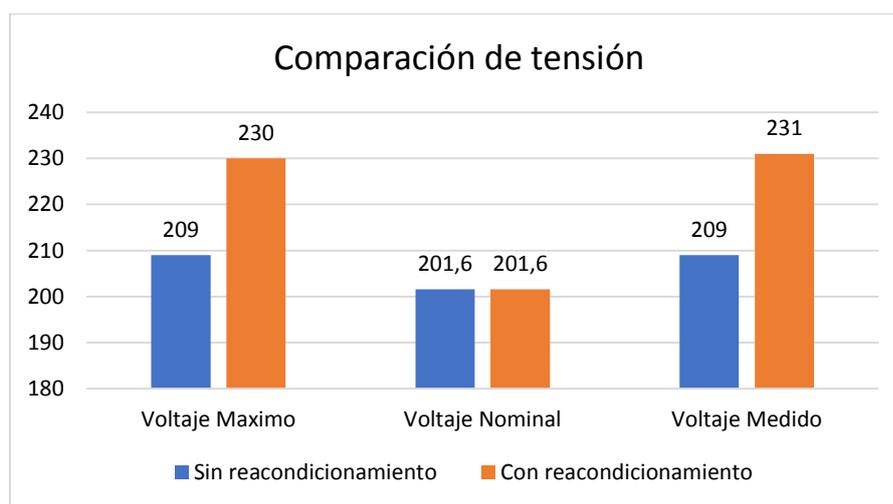


Figura 39. Comparación de tensiones, Batería después del reacondicionada vs Batería antes del reacondicionamiento.

Fuente: Autores.

En la figura 39 se puede observar que la batería reacondicionada puede aceptar un voltaje máximo de 230 voltios frente a los 209 voltios dados por una batería en mal funcionamiento. El tiempo de carga está dado por 15 horas después del proceso de reacondicionamiento del tiempo de descarga está dado por 30 horas, lo cual indica un tiempo adecuado de carga y descarga útil para el correcto desempeño de la batería.

3.5.2 Comparación de capacidad en Ah

Para la comparación de la capacidad de Ah de la batería se tomó en cuenta la capacidad nominal admitida por el acumulador, en nuestro caso de 6,5Ah,

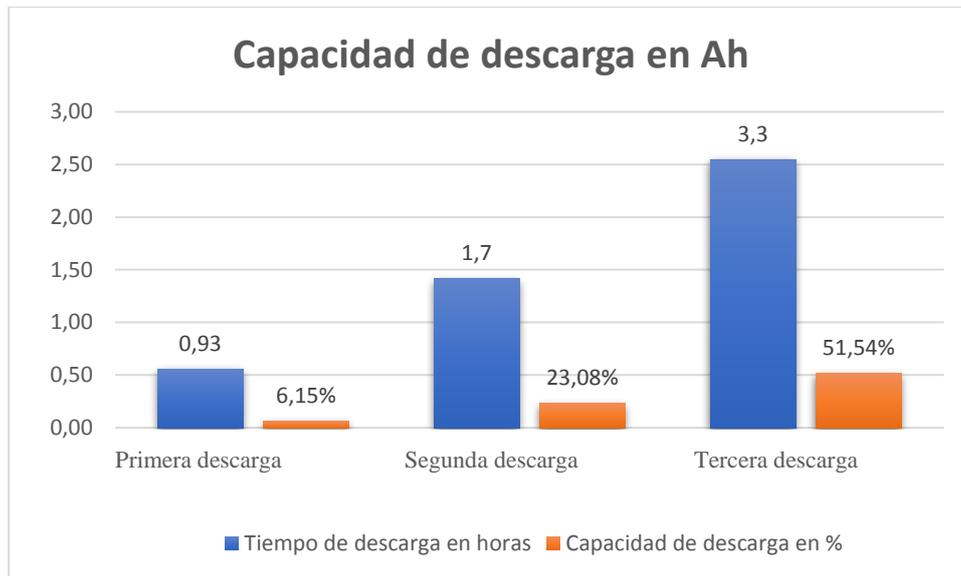


Figura 40. Capacidad de Ah. **Fuente:** Autores.

En la figura 40 tenemos la capacidad de descarga durante el reacondicionamiento, en la cual la primera descarga realizada, la batería presenta un tiempo de “0,93 horas (56 minutos)” con una capacidad de descarga de 6.15 % de la capacidad nominal dada en 6.5Ah equivalente al 100%.

La segunda descarga realizada a la batería presenta un tiempo de “1,7 horas (1 hora 42 minutos)” mayor al tiempo de la primera descarga, dando así una capacidad de descarga del 16.92 % de la capacidad nominal, lo cual equivale al 23.92% de la suma de la primera descarga y segunda descarga.

La tercera descarga realizada a la batería presenta un tiempo de “3,3 horas (3 horas 18 minutos)” y una capacidad de descarga del 28.46 % dando como resultado un porcentaje total del 51.54% de la suma total de la segunda y tercera descarga.

Al aumentar los ciclos del proceso de carga y descarga, esto genera que los tiempos de descarga sean mayor conjuntamente con su capacidad de descarga.

Este proceso ayuda a tener una batería reacondicionada con mejores prestaciones de eficiencia para las diferentes demandas del vehículo híbrido las cuales son:

- Potencia de alimentación de moto generadores
- Sistema eléctrico del vehículo
- Sistema de iluminación
- Aire acondicionado.

CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DE GUÍA DE PROCESOS DE REACONDICIONAMIENTO.

Este capítulo trata de la elaboración de una guía del proceso a seguir durante el reacondicionamiento de una batería híbrida.

Pasos que seguir para la carga de la batería dentro del vehículo, muy importante tener mucho cuidado al proceder a realizar este tipo de procedimiento, las herramientas a utilizar para la remoción del panel de ajuste son: 8mm, 10mm, 12mm, 14mm, el socket de paso de corriente, corta frío o tijera, desatornilladores y un multímetro.

Nota: estos ítem requeridos para el desmontaje de la batería híbrida tendrán un tiempo de duración entre una hora a una hora y media, en otros vehículos el procedimiento es similar para el desmontaje siempre tener en cuenta el retiro de la desconexión principal del conjunto de baterías a desmontar.

1. Retire las alfombras del piso trasero del asiento, retire los clips de la tapicería y retire el panel de protección de los dos lados, con esos dos clips se retira el panel debajo del asiento.



¡no salte este paso!

Existe un paso muy importante que no deberá evitarlo, ya que este le da un nivel de seguridad muy alto para realizarlo

2. Retire la desconexión principal de la batería híbrida tirando hacia abajo del anillo de bloqueo de la desconexión grande de color naranja, girando hacia adelante y hacia arriba unos 90 grados, y quitando la desconexión y evitando algún corto significativo.



3. Tire con fuerza hacia arriba del borde delantero del cojín del asiento trasero y deslícela hacia adelante para despejar el soporte del asiento trasero y saque del habitáculo el asiento. Retirar dos pernos de 14mm de la parte inferior del asiento y de la parte superior del bastidor inferior.



4. En primera instancia desconecte el negativo de la batería auxiliar de 12V, luego retire el clip de retención de la batería híbrida y extraiga el conducto de escape de la batería híbrida. Retirar el perno de montaje de la batería de HV trasero derecho



5. Retirar la tuerca de montaje delantera derecha y la tuerca de montaje frontal de la batería de HV delantera izquierda. Quite el tapón del ventilador y el sujetador de la batería donde hay tres pernos 10mm y quite el ventilador del soplador



6. Retirar los cuatro pernos de 10mm y retire la cubierta superior de la caja de empalme. Desconecte los tres cables de la batería de HV y cambie los cables hacia la parte posterior del vehículo como se muestra en la imagen por seguridad.



7. Usando un desarmador de cabeza muy pequeña o tamaño #0, retire cuidadosamente la cubierta de conexión del módulo de batería negra. No es difícil, sólo tómese su tiempo y no apesure este paso. Doble el cable de carga del arnés con acople hembra rojo como se muestra.



8. Retire el perno 8mm de conexión positivo de la batería de HV superior, este es un punto de conexión que se lo identifica como un cable rojo. Coloque el cable rojo antes mencionado como se muestra en la imagen para prepararse para la instalación.



9. Instale el cable rojo positivo del cargador, usando el perno de 8mm previamente retirado del maso de cables al apretar hacerlo con mucho cuidado ya que se puede provocar daño en el componente, lo que se aconseja es apretar aproximadamente 10 ft lb.



10. Ahora instale el cable de tierra negro del cargador, encaminado desde abajo del perno de conexión como se muestra en la imagen y no apretar el perno 8mm a más de 10 ft lb. Luego de estas conexiones proceda a colocar la tapa, encaminando los cables por

donde pasa el arnés del automóvil, utilizando los dos pernos 10mm y la tuerca de 10mm.



11. Retire el clip del conducto de admisión del ventilador de refrigeración, límpielo en su lugar original o retire con cuidado los tres pernos 10mm y saque el ventilador del vehículo y límpielo fuera.



12. Reinstale los tres cables de batería del vehículo híbrido a sus ubicaciones originales.



13. Instale la tapa de empalme y apriete las tres tuercas de 10mm, ahora si puede volver a instalar el PIN de bloqueo de seguridad de la batería de color naranja retirado en el paso tres de este manual, asegure con correas plásticas todos los cables sueltos al arnés principal como se muestra en la imagen.

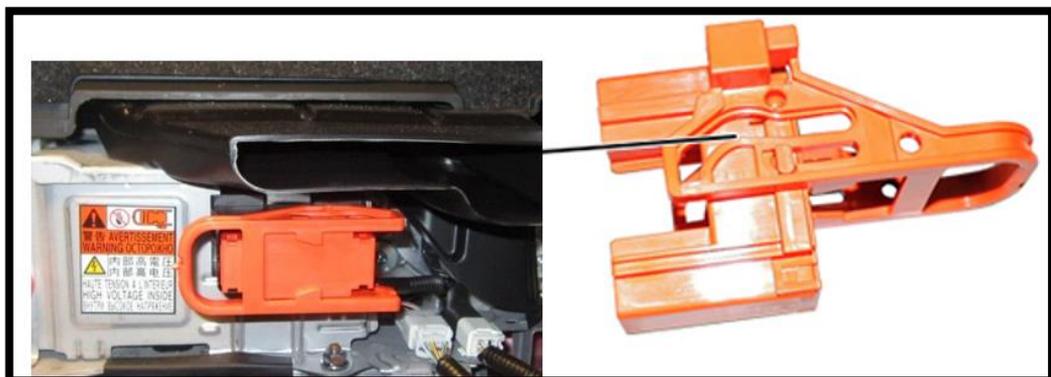


- 14.** Encamine el mazo de cables del cargador al área de carga posterior del vehículo como se muestra en la imagen, con una brida plástica asegure el arnés a una parte fija del vehículo como el soporte del asiento.



Nota: Para comenzar con la prueba de función inicial, tenemos que asegurarnos que todo esté libre y no pueda existir un corto al comenzar la prueba. Ahora si con la desconexión principal de la batería híbrida, enchufe el cargador a la red doméstica, luego de unos segundos debe mostrar en la pantalla del cargador un valor de voltaje de 250 voltios en el medidor o menor en el cargador dependiendo el estado de la batería, los ventiladores híbridos de refrigeración de la batería deben estar funcionando ya que también fueron conectados a la línea de carga.

- 15.** Ahora con cuidado conecte el enganche de la toma de servicio principal de la batería híbrida, una vez que esta reinstalada la desconexión asegúrese de empujar el anillo de desconexión naranja grande hacia abajo para bloquearlo en su lugar.



- 16.** Estar atentos a la caída de voltaje a medida que el voltaje del cargador iguala con el nivel de voltaje del paquete de baterías, lo cual ocurre rápidamente, el nivel de tensión debe ser estable y no fluctuante, los ventiladores deben seguir funcionando. Esto completa la prueba, desconecte el cargador de la fuente de alimentación de la red doméstica y desconecte el cargador del arnés del automóvil.



- 17.** Por último, monte la tapicería del asiento posterior en el orden inverso de la extracción, instale los pernos 14mm del montaje de la batería y las tuercas respectivamente, conecte de nuevo el cable de conexión de la batería AUX de 12V, instale el bastidor del asiento inferior, ponga los paneles del ajuste del asiento trasero tanto el del centro y del lado, coloque el bastidor del asiento inferior.

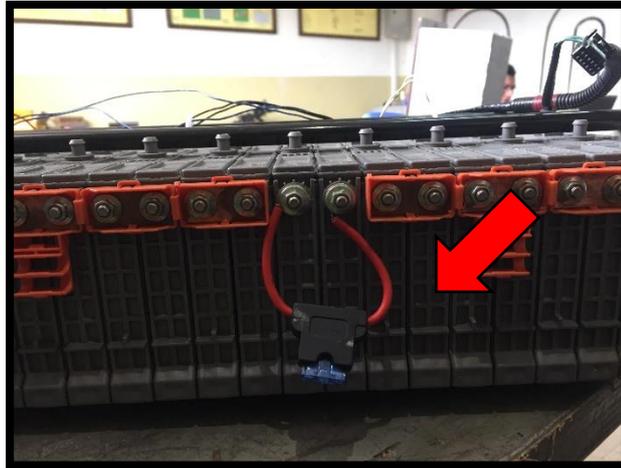


Luego de hacer este proceso de acondicionamiento se puede realizar los pasos antes mencionados del desmontaje de la batería y proceder a darle un mantenimiento fuera del vehículo lo cual se realiza los siguientes procedimientos.

4.1 Procedimientos para desconectar y realizar las pruebas de la batería fuera del vehículo.

Antes de realizar cualquier mantenimiento en este tipo de baterías leen con atención cada uno de los pasos propuestos a continuación, utilizar los equipos necesarios de protección como guantes aislantes, franela, gafas, ropa de trabajo, zapatos de trabajo.

1. Proceder a conectar un fusible de 5A en la conexión de las baterías.



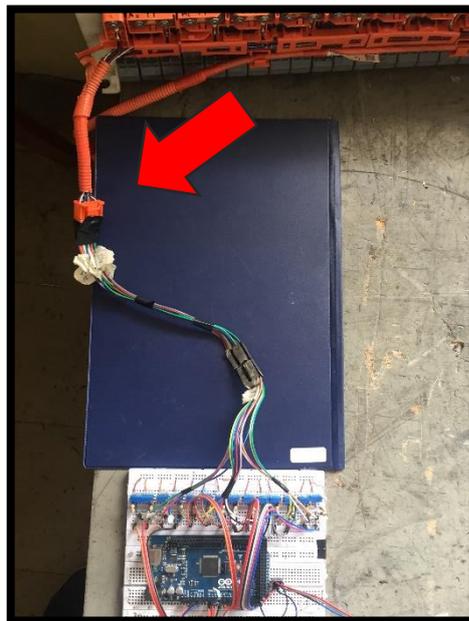
2. Identificar en el mazo de cables de cada una de las conexiones de las parejas de las baterías. Se debe considerar que cada conjunto de baterías tiene su propia conexión a la ECU, donde identificamos cada señal, para poder conectar en los partidores de tensión y obtener la señal de carga y descarga de la misma.



3. Realizar una masa común de todo el paquete de las baterías para la toma de datos. Debido a que se trabaja con altos voltajes se toma en cuenta un común de masa para la protección de los elementos a la toma de datos.

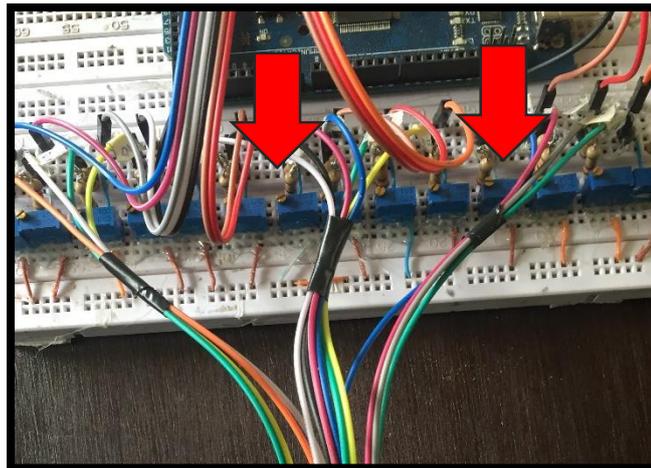


4. Conectar cada una de las salidas de las parejas de baterías a la entrada de los trimmer. Debido a que el sistema responde a los valores de voltaje de cada par de baterías, se conecta cada señal a la entrada de los trimmer.

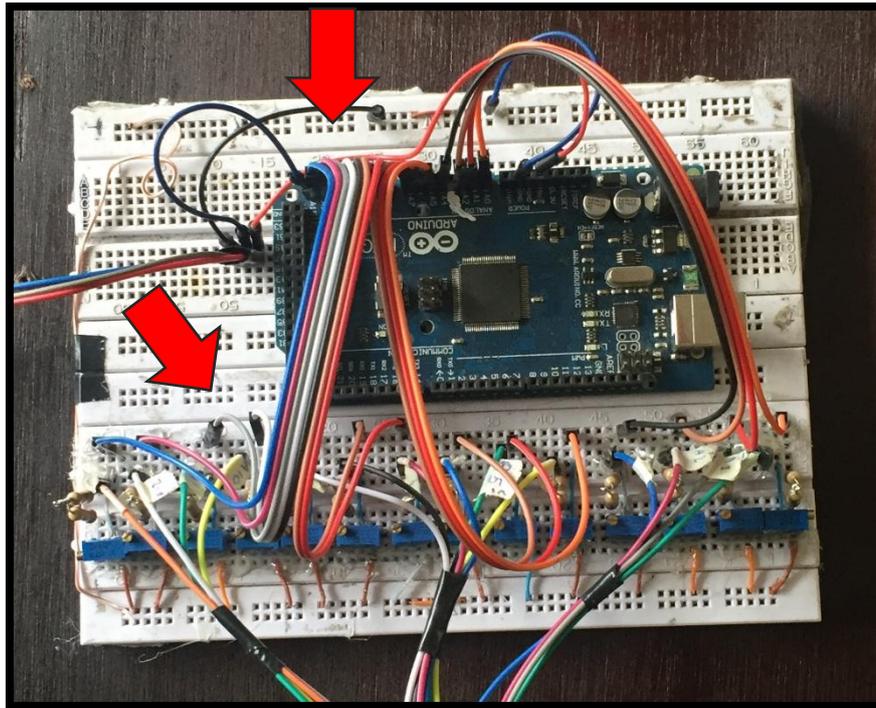


5. Calibrar cada uno de los trimmer al voltaje exacto de cada celda. Poner a punto cada salida de señal, a los valores sumados de cada paquete de baterías.

Modulo	Voltaje (v)
1	14
2	28
3	42
4	56
5	70
6	84
7	98
8	112
9	126
10	140
11	154
12	168
13	182
14	196



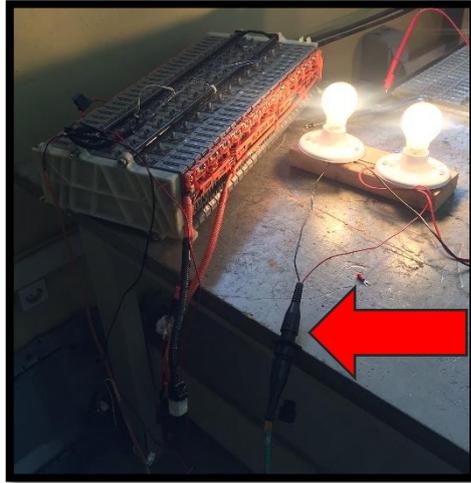
6. La salida de señal del trimmer conectar a un Arduino para la toma de datos. Realizadas todas las conexiones antes mencionadas, se verifica la señal del Arduino a la computadora.



7. El programa en LabVIEW realiza la identificación de curvas de potencia, voltaje y corriente de cada paquete de baterías. El sistema toma los datos, en un tiempo de dos segundos lo que recomienda el manual.



8. La conexión de los consumidores. De todo el paquete de baterías tiene un positivo y negativo, donde se conectará los consumidores para la realización de la experimentación, durante una descarga mínima de 120 voltios esto depende del estado de la batería llega a descargar entre 4 a 6 horas.



9. Descargar la batería. En tres etapas a distintos voltajes se procede a descargar la batería con los consumidores de 120v a 110w durante el tiempo que llega a las descargas mínimas estimadas en esta investigación:

- Descarga a 168 voltios.
- Descarga a 134 voltios.
- Descarga a 84 voltios.



10. Balanceo total. Se procede a colocar todas las celdas en un riel en paralelo donde se tiene el voltaje de 7.2 mínimo, y consumir la carga de la batería en su voltaje nominal.



11. Limpiar. Con elementos de limpieza proceder a quitar todo el polvo suciedad o elemento donde pueda causar interferencia o mal armado de la misma.



12. Armar de nuevo. Tener en cuenta la posición original de la celda ya que todas tiene un perno 8mm en la parte inferior que sujeta con la carcasa y los cables de toma de datos en la posición original, desarrollar el procedimiento inverso al de desarmado.



4. CONCLUSIONES.

- La información recolectada en el estado de arte es de excelente contenido debido a las características de la batería híbridas dadas por los fabricantes, además se adquirió varios paper, fichas técnicas, manuales y más documentos de valiosa información que ayudaron a obtener una síntesis de las propiedades y elementos conformadas por las baterías empleadas en los vehículos híbridos donde se limitó un poco la información ya que es un tema nuevo en el campo investigativo.
- Los resultados que se obtuvieron durante el proceso de reacondicionamiento dieron a conocer el estado de la batería, estos datos han sido analizados mediante el método de comparación gráfico en la cual se observó que el valor de corriente establecidos por el fabricante es de 0.7Amperios, el valor de voltaje es de 230Voltios, mostrados por las gráficas de la batería después del reacondicionamiento. El amperaje con el que se procede a carga la batería fue establecido en 0.75 amperios, este amperaje al ser descargada la batería debe ser muy aproximado al de entrada, esto significa que la batería se desempeña correctamente. El tiempo de carga y descarga presentan valores similares a los establecidos por una batería en correcto funcionamiento. Estos valores de voltaje, amperaje y carga dan a entender que la batería puede retener carga eléctrica y mantener sus características de funcionamiento durante su trabajo en el vehículo eléctrico.
- El manual de reacondicionamiento se lo desarrollo con el método de ensayo y error de cada proceso de reacondicionamiento para el manejo adecuado del mismo, donde se identifican herramientas de diagnóstico, tiempos de proceso, valores de corrientes y voltajes adecuados, lo cual logró una eficiencia en el proceso de recuperación de la batería Ni-MH.
- Los resultados que se obtuvo durante el proceso de reacondicionamiento dieron una mejora del estado de salud SOH del 6.15% al 51.54%, realizando 3 pruebas de carga y descarga, es necesario aumentar los ciclos de proceso de carga y descarga, esto genera que los tiempos de descarga sean prolongados conjuntamente con su capacidad de descarga.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con este estudio para mejorar los métodos y procesos de reacondicionamiento de estas baterías. También es recomendable realizar un análisis químico para poder comprender y mejorar las prestaciones de las baterías, dado que existen celdas de baterías que no pueden ser reacondicionadas por defectos químicos generados por sobrecargas, edad de la batería y descargas profundas que impiden la aceptación de carga en las celdas, un análisis. Además, es recomendable utilizar un pirómetro para controlar las temperaturas de carga y descarga, dado que la temperatura puede provocar fugas de hidrogeno y deteriorar a la batería en el proceso de reacondicionamiento.
- Respecto al programa de recomendaría desarrollarlo para poder sacar datos de la batería montados en el vehículo y con un funcionamiento normal del mismo, para obtener datos exactos de la falla cuando se presente una.
- Se recomienda usar equipo de protección como guantes, gafas y mandil ya que se está trabajando con altos voltajes.
- Para el desarmado de la batería se debe tener en cuenta la posición de la primera celda al desmontar para poder tener la misma posición de los elementos.
- En el desarmado es muy importante desconectar el terminal principal de la batería de vehículo híbrido antes de darle cualquier tipo de mantenimiento.
- Para mejorar el tiempo y la capacidad de descarga se recomienda realizar mas ciclos de carga y descarga, esto provocara que la batería sea reacondicionada con mayor eficiencia.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, E. (22 de Julio de 2008). *alavolantes.es*. Obtenido de <http://www.alavolantes.es/tecnica/15-material/39-carga-baterias-nicd-nimh.html>
- Artes, D. G. (14 de Marzo de 2012). *DIARIO MOTOR T TECMOVIA*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/03/14/baterias-de-coches-electricos-e-hibridos-hoy-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/>
- Augeri, F. (2010). *CISE electronica*. Obtenido de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/583-estado-de-carga-soc-state-of-charge.html>
- Augeri, F. (2010). Estudio del Mantenimiento y Reparacion de Baterias Hibridas. 1-4.
- AUTOMOTIVE, H. (2017). *Prolongo Battery Charger User Guide*. Obtenido de <https://hybridautomotive.com/pages/pc>
- AUTOMOTIVE, H. (2018). *HYBRID AUTOMOTIVE*. Obtenido de <https://hybridautomotive.com/pages/sd>
- BASIC NICKEL-METAL HYDRIDE (NiMH) BATTERY GUIDELINES. (2016). *LECTRON PRO*, 1-2.
- Caiche, R. E. (2015). ESTUDIO Y ANALISIS DEL CONJUNTO DE BATERIAS DEL VEHICULO HIBRIDO TOYOTA PRIUS MODELO A. *UIDE*, 28-29.
- DATA, S. (s.f.). EVB Technology.
- Electro movilidad*. (27 de Julio de 2018). Obtenido de Tipos de báterias para coches electricos: <http://electromovilidad.net/tipos-de-bateria-para-coche-electrico/>
- Electronics, C. (2018). *Battery University*. Obtenido de Cadex: http://batteryuniversity.com/learn/article/bu_302_configuraciones_de_baterias_en_serie_y_paralelo
- GMDSS. (s.f.). *egmdss.com*. Obtenido de fundamentos de la bateria : <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/resource/view.php?id=815>

- HYBRID AUTOMOTIVE*. (2018). Obtenido de HYBRID AUTOMOTIVE:
<https://hybridautomotive.com/pages/recon>
- Motor, T. (2018). *Toyota Motor* . Obtenido de
<https://www.toyota.com/espanol/prius/prius-features/>
- Motorpasion*. (05 de Junio de 2018). Obtenido de El freno del coche eléctrico :
<https://www.motorpasion.com/industria/el-freno-al-coche-electrico-no-es-su-precio-ni-las-infraestructuras-sino-los-concesionarios-segun-un-estudio>
- PANASONIC. (2010). Ni-MH RECHARGEABLE PRISMATIC BATTERY. *WELL LINK, INDUSTRIAL LIMITED*, 1-1.
- Pei Zhang, c. D. (2011). Efficiency of a Ni-MH Battery Used in Hybrid Electric Vehicles . *School of Automotive Engineering*, 1-4.
- Quarto, D. M. (2012). *Hybrid high voltage battery pack testing and analysis*.
- Sun, B. (2009). The SOC estimation of NIMH battery pack for HEV. *Institute of electrical engineering, CAS, Beijing, China* . , 2-3.
- Temple, J. (04 de Octubre de 2011). *MIT Technology review*. Obtenido de
<https://www.technologyreview.es/s/2252/una-forma-sencilla-de-aumentar-la-capacidad-de-las-baterias>
- Toyota. (06 de Septiembre de 2016). *Batería Híbridas*. Obtenido de toyoimport:
<http://www.toyoimport.com/baterias-hibridas/>
- villareal, D. (25 de Octubre de 2017). *DIARIOMOTOR*. Obtenido de
<https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/01/02/el-ciclo-de-la-vida-y-las-baterias-del-toyota-prius/>
- Wang, M.-H. (2017). Hybrid-DC Electric Speings for DC Voltage Regulation and Harmonic Cancellation in DC Microgrids. *ACTIONS ON POWER ELECTRONICS, Vol.33,NO2*, 3-9.

ANEXOS

A.1 Programa Arduino.

A continuación, se mostrará la programación en Arduino y LabVIEW, como son los códigos de programación y el código grafico de programación.

```
int input;  
int i=0;  
float muestras=25;  
float voltajeSensor; // esta variablees para la corriente
```

```
int ValorSensor0;  
int ValorSensor1;  
int ValorSensor2;  
int ValorSensor4;  
int ValorSensor5;  
int ValorSensor6;  
int ValorSensor7;  
int ValorSensor8;  
int ValorSensor9;  
int ValorSensor10;  
int ValorSensor11;  
int ValorSensor12;  
int ValorSensor13;  
int ValorSensor14;
```

```
float voltaje0;  
float voltaje1;  
float voltaje2;  
float voltaje4;  
float voltaje5;  
float voltaje6;  
float voltaje7;  
float voltaje8;
```

```
float voltaje9;  
float voltaje10;  
float voltaje11;  
float voltaje12;  
float voltaje13;  
float voltaje14;  
float I;
```

```
float suma0;  
float suma1;  
float suma2;  
float suma4;  
float suma5;  
float suma6;  
float suma7;  
float suma8;  
float suma9;  
float suma10;  
float suma11;  
float suma12;  
float suma13;  
float suma14;  
float suma15;
```

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  while (Serial.available()){  
    input=Serial.read(); //Se lee el dato  
  }  
}
```

```

for ( int i = 0; i < muestras; i++)

{

    ValorSensor0=analogRead(A0); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje0 = Convolt(ValorSensor0, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma0 += voltaje0;

    ValorSensor1=analogRead(A1); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje1 = Convolt(ValorSensor1, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma1 += voltaje1;

    ValorSensor2=analogRead(A2); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje2 = Convolt(ValorSensor2, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma2 += voltaje2;

    ValorSensor4=analogRead(A4); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje4 = Convolt(ValorSensor4, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma4 += voltaje4;

    ValorSensor5=analogRead(A5); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje5 = Convolt(ValorSensor5, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma5 += voltaje5;

    ValorSensor6=analogRead(A6); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje6 = Convolt(ValorSensor6, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma6 += voltaje6;

    ValorSensor7=analogRead(A7); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje7 = Convolt(ValorSensor7, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma7 += voltaje7;

    ValorSensor8=analogRead(A8); //Sumamos cada uno de los elementos del array

```

```

    voltaje8 = Convolt(ValorSensor8, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma8 += voltaje8;

    ValorSensor9=analogRead(A9); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje9 = Convolt(ValorSensor9, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 - 1023)
a (0.0-25)
    suma9 += voltaje9;

    ValorSensor10=analogRead(A10); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje10= Convolt(ValorSensor10, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 -
1023) a (0.0-25)
    suma10 += voltaje10;

    ValorSensor11=analogRead(A11); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje11 = Convolt(ValorSensor11, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 -
1023) a (0.0-25)
    suma11 += voltaje11;

    ValorSensor12=analogRead(A12); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje12 = Convolt(ValorSensor12, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 -
1023) a (0.0-25)
    suma12 += voltaje12;

    ValorSensor13=analogRead(A13); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje13 = Convolt(ValorSensor13, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 -
1023) a (0.0-25)
    suma13 += voltaje13;

    ValorSensor14=analogRead(A14); //Sumamos cada uno de los elementos del array
    voltaje14 = Convolt(ValorSensor14, 0, 1023, 0.0, 250); // Se cambiar escala (0.0 -
1023) a (0.0-25)
    suma14 += voltaje14;

    voltajeSensor= analogRead(A15)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
    I=(voltajeSensor-2.5)/0.135; //Ecuación para obtener la corriente
    suma15 += I;

}

```

```
voltaje0=suma0/muestras;  
voltaje1=suma1/muestras;  
voltaje2=suma2/muestras;  
voltaje4=suma4/muestras;  
voltaje5=suma5/muestras;  
voltaje6=suma6/muestras;  
voltaje7=suma7/muestras;  
voltaje8=suma8/muestras;  
voltaje9=suma9/muestras;  
voltaje10=suma10/muestras;  
voltaje11=suma11/muestras;  
voltaje12=suma12/muestras;  
voltaje13=suma13/muestras;  
voltaje14=suma14/muestras;  
I=suma15/muestras;
```

```
//Serial.print("M0= ");  
Serial.print(voltaje0*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M1= ");  
Serial.print(voltaje1*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M2= ");  
Serial.print(voltaje2*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M3= ");  
Serial.print(voltaje4*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M4= ");  
Serial.print(voltaje5*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M5= ");  
Serial.print(voltaje6*10);  
Serial.print(",");
```

```
    //Serial.print(" M6= ");  
Serial.print(voltaje7*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M7= ");  
Serial.print(voltaje8*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M8= ");  
Serial.print(voltaje9*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M9= ");  
Serial.print(voltaje10*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M10= ");  
Serial.print(voltaje11*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M11= ");  
Serial.print(voltaje12*10);  
Serial.print(",");
```

```
//Serial.print(" M12= ");  
Serial.print(voltaje13*10);  
Serial.print(",");
```

```

//Serial.print(" M13= ");
Serial.print(voltaje14*10);
Serial.print(",");

//Serial.print(" M15= ");
Serial.print(I*10);
Serial.println(",");

suma0=suma1=suma2=suma4=suma5=suma6=suma7=suma8=0;
suma9=suma10=suma11=suma12=suma13=suma14=suma15=0;
delay(2000);
}

///// FUNCIONES UTILIZADAS /////

float Convolt(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}

```

A.2 Programa LabVIEW.

Luego de este código la parte de FUNCIONES UTILIZADAS es el código que se enlaza con el LabVIEW, lo cual ayuda a la recopilación de los valores obtenidos de la batería en el muestreo de la carga como de la descarga.

