



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

“INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE DESCARGA (DSOC) DE LAS BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PARA ESTIMAR SU EFICIENCIA Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL A TRAVÉS DE UN MÓDULO DE CORRIENTE CONSTANTE”

Autores: Edison Maldonado
Carlos Martínez

Director: Ing. Germán Erazo

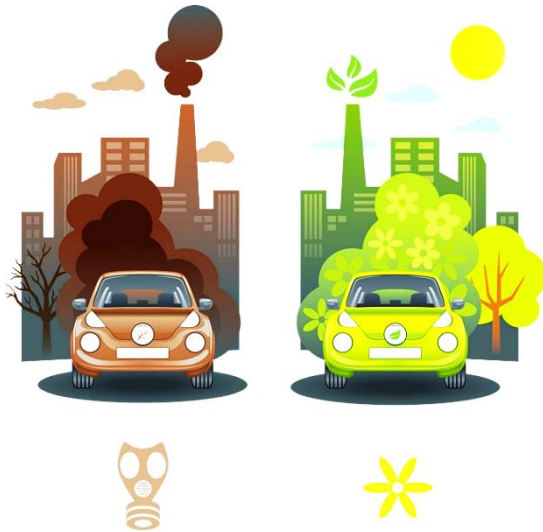


*“No hay secretos para el éxito. Éste se alcanza preparándose,
trabajando arduamente y aprendiendo del fracaso”*

- Colin Powell

ANTECEDENTES

La principal fuente de contaminación atmosférica, proviene de las fuentes móviles. De acuerdo a una investigación del ministerio el ambiente, en Ecuador, demuestran que entre el 75 y el 85 % de las emisiones de este tipo de contaminantes proviene de la circulación vehicular



RIGHT

Los vehículos híbridos o los propulsados completamente por fuentes de energía alternativas pueden ofrecer una salida provisional para superar la alta dependencia hacia los combustibles fósiles por parte del sector transporte.

OBJETIVO GENERAL

Investigar los procesos de carga (SOC) y descarga (DSOC) de las baterías de alta tensión para estimar su eficiencia y tiempo de vida útil a través de un módulo de corriente constante

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consultar información confiable referente a datos técnicos y de funcionamiento de las baterías de alta tensión de vehículos híbridos.
- Construir un módulo de carga de corriente continua ajustable, para módulos de baterías de alta tensión, de acuerdo al protocolo de pruebas.
- Seleccionar el equipo tecnológico adecuado capaz de generar curvas características de las baterías en función del tiempo para realizar la investigación.
- Someter a procesos de carga y descarga constantes en un tiempo determinado para estimar la corriente útil, porcentajes de carga y descarga de la batería.
- Estimar la eficiencia y tiempo de vida útil de los módulos de las baterías de alta tensión de prueba a través de ecuaciones.

METAS

- Recopilar información técnica-científica acerca de las propiedades, características y procedimiento de procesos de SOC y DSOC de baterías de alta tensión.
- Prolongar la eficiencia de los módulos de la batería alta tensión en un 8%

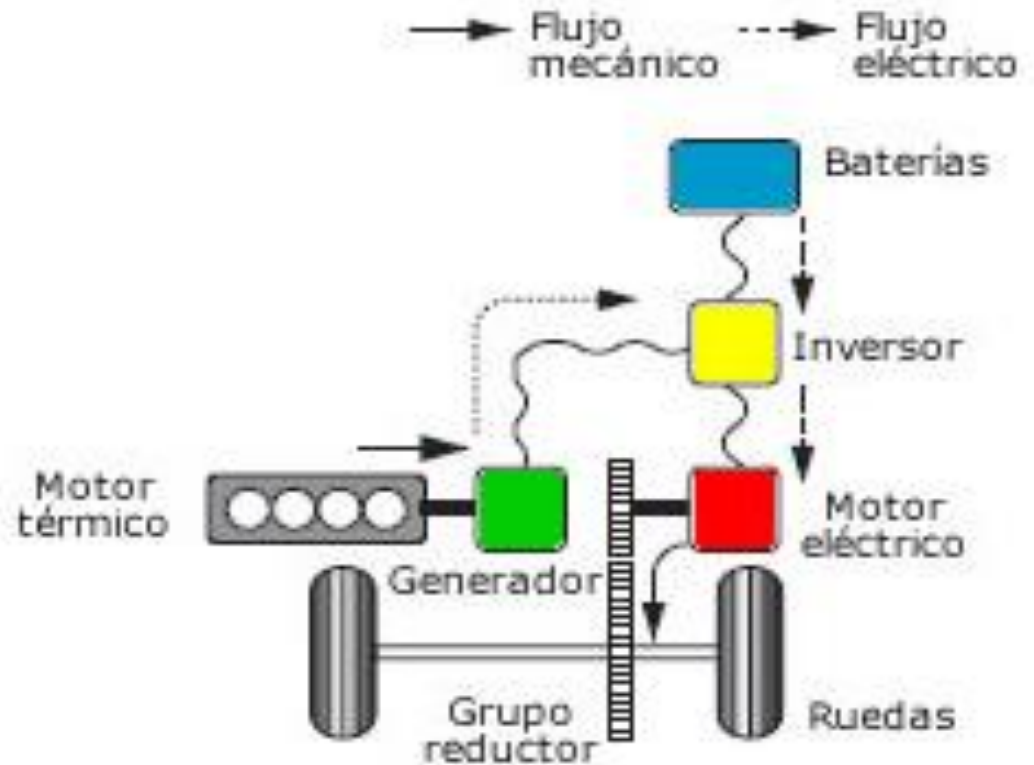
ARQUITECTURA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

La arquitectura de un vehículo híbrido es la forma en que un vehículo híbrido emplea sus recursos energéticos para conseguir su movimiento, variando así la manera de utilizar sus motores. Se puede destacar tres tipos de arquitectura:

- Arquitectura en Serie.
- Arquitectura en Paralelo.
- Arquitectura Mixta.

Características

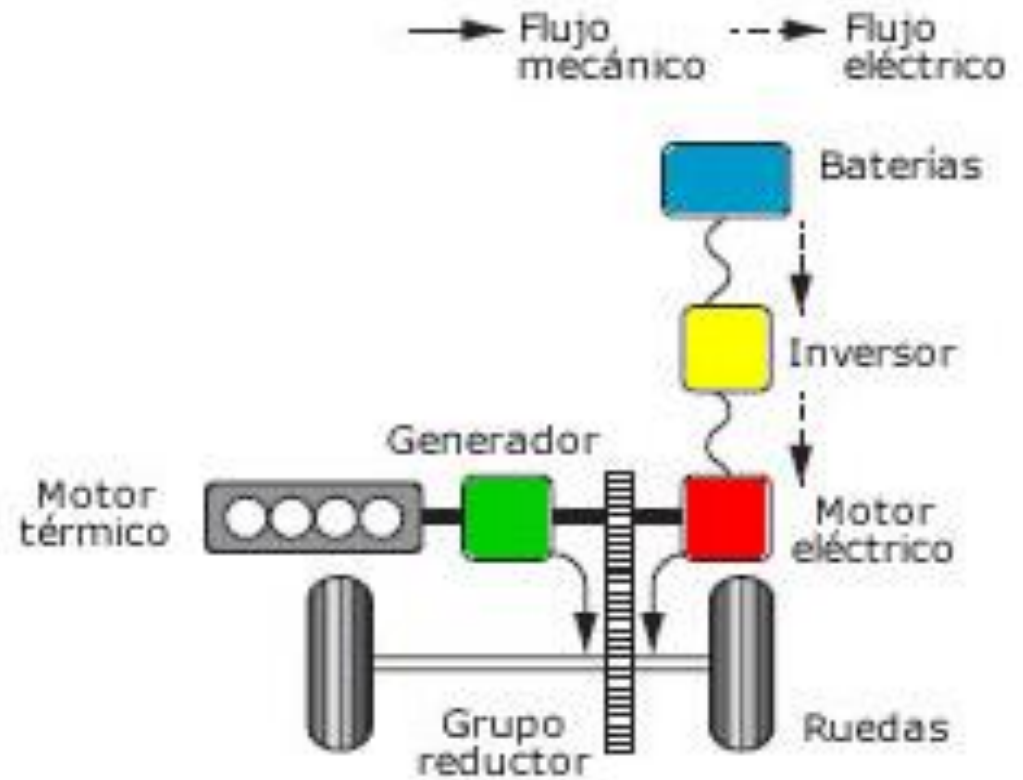
En los híbridos en serie el vehículo es impulsado enteramente por el motor eléctrico gracias a la electricidad suministrada por el motor de combustión, el cual arrastra a su vez un generador eléctrico



Vehículo Híbrido Serie

Características

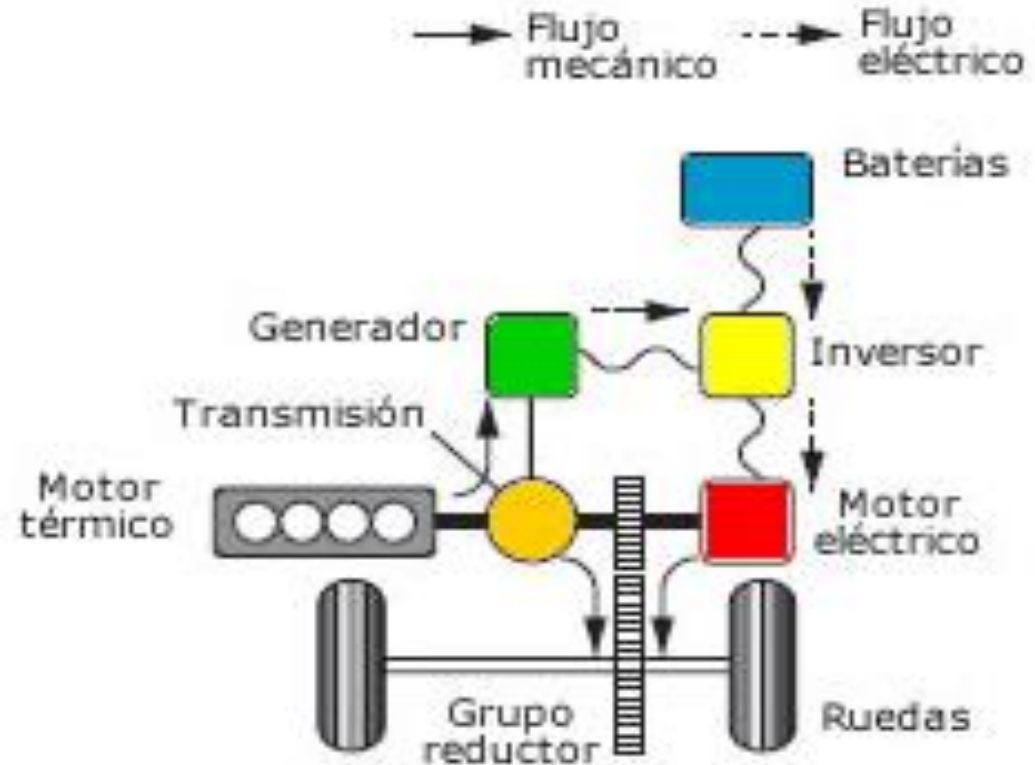
En este tipo de configuración el vehículo utiliza dos sistemas de tracción en paralelo de tal forma que estos pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente si se desea una mayor potencia en el vehículo



Vehículo Híbrido Paralelo

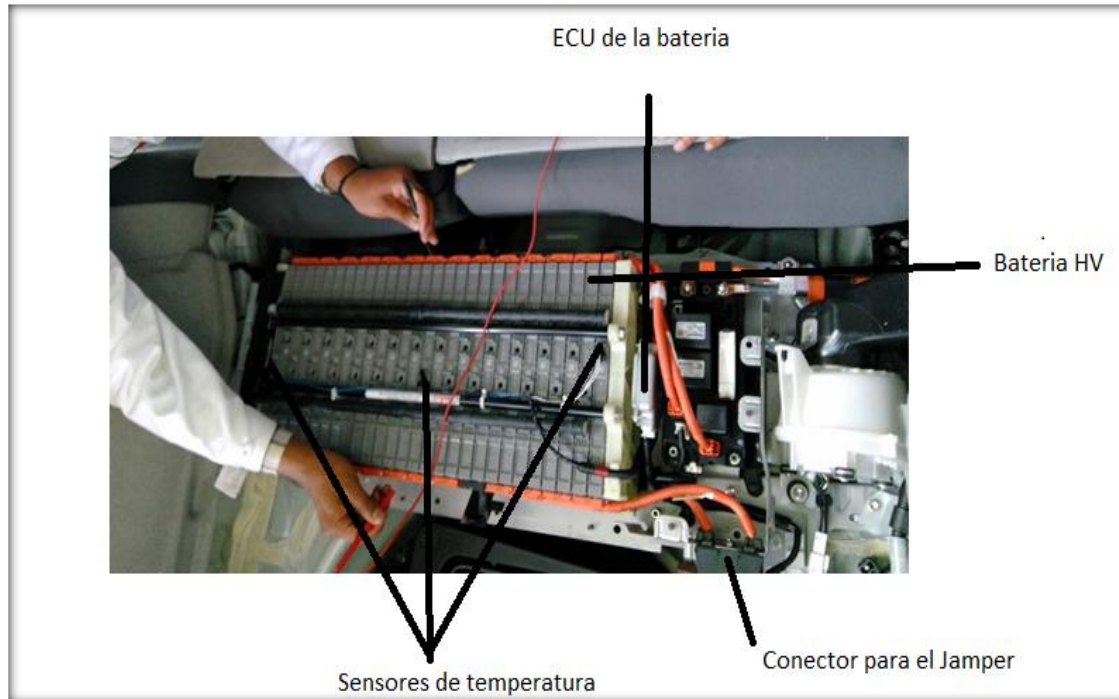
Características

En este caso el motor térmico cuando es requerido, acciona un generador que envía la corriente a la batería a través del inversor, otras veces también funciona al igual que un sistema en paralelo, es decir solo se encarga de ayudar al motor eléctrico a mover el vehículo como es el caso de fuertes aceleraciones por ejemplo



Vehículo Híbrido Paralelo-serie

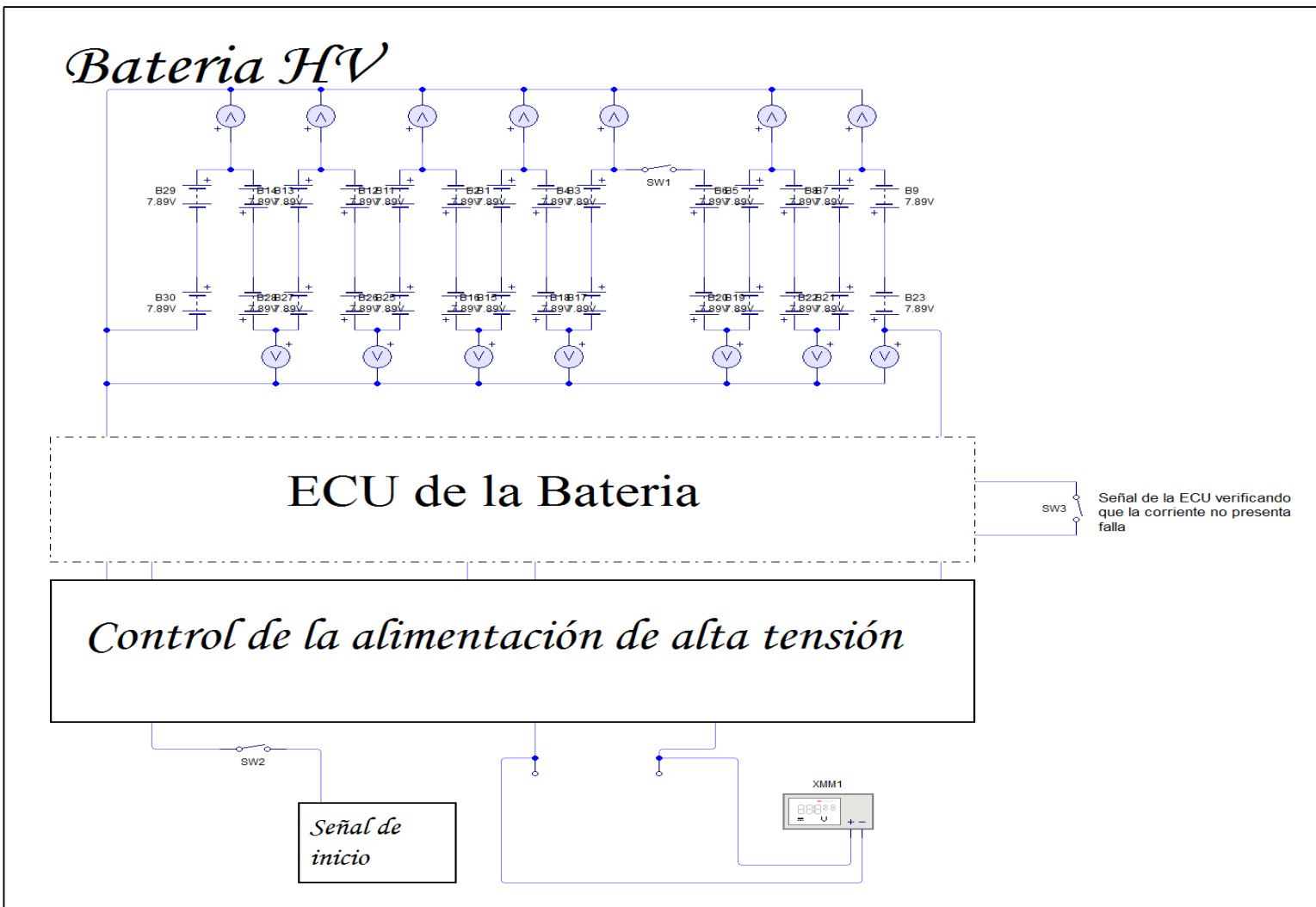
BATERÍA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS



La batería HV consta de 28 módulos de baja tensión (7,2 voltios) de la batería Ni-MH, que son conectados en serie para producir aproximadamente 201,6 voltios.

Incorpora 4 sensores de temperatura 3 en la batería y uno para el aire en la entrada y un ventilador con la característica que es un motor sin escobilla

Bateria HV

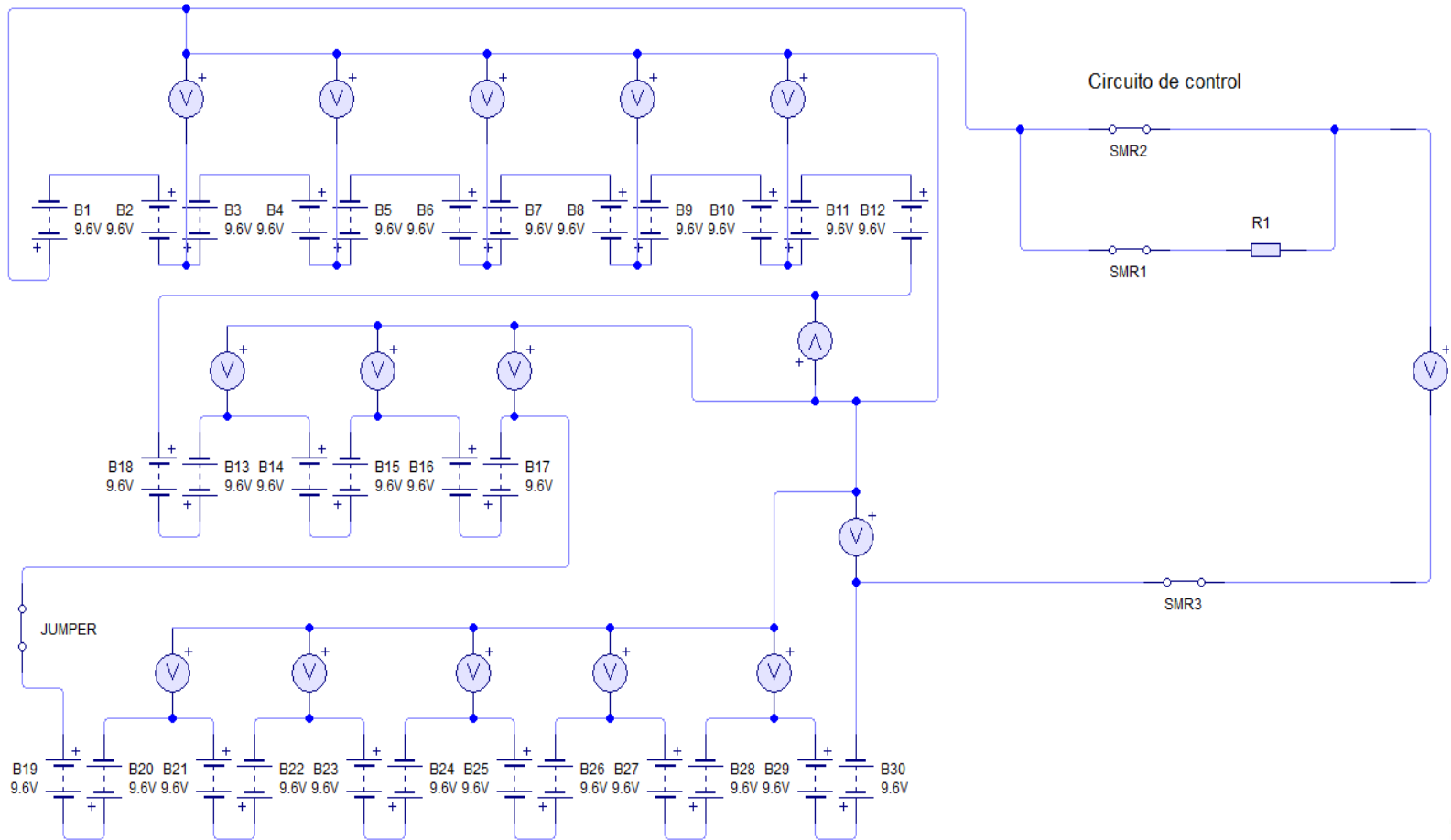


BATERÍA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

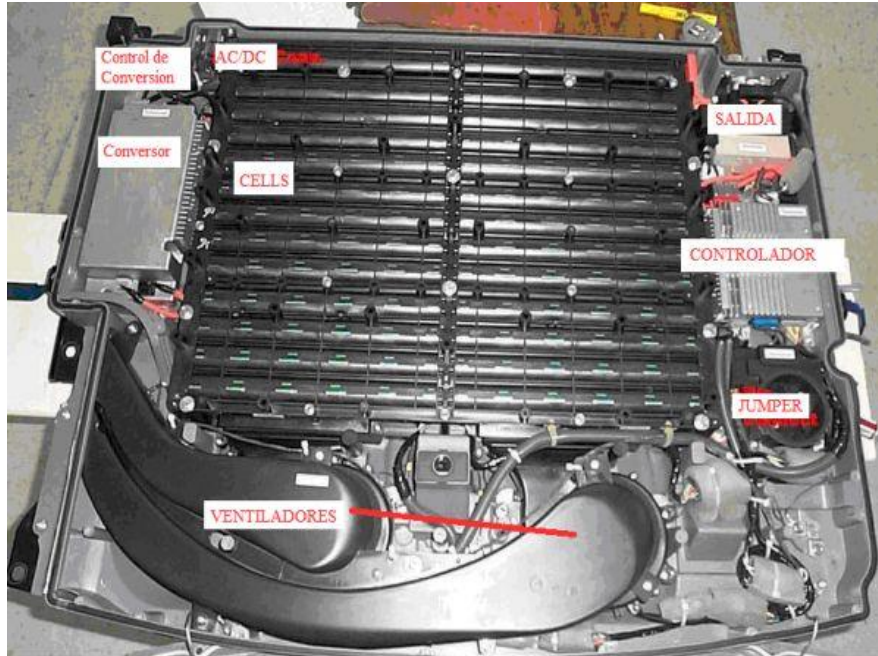


Esta batería está formada por tres bloques dos de 12 módulos y uno de 6 módulos intermedio que forma un total de 30 celdas cada una con 8 células que proporciona 1.2 voltios en serie y sumando se tiene 9.6 voltios que en total en la batería se tendrá un voltaje nominal de 288 voltios

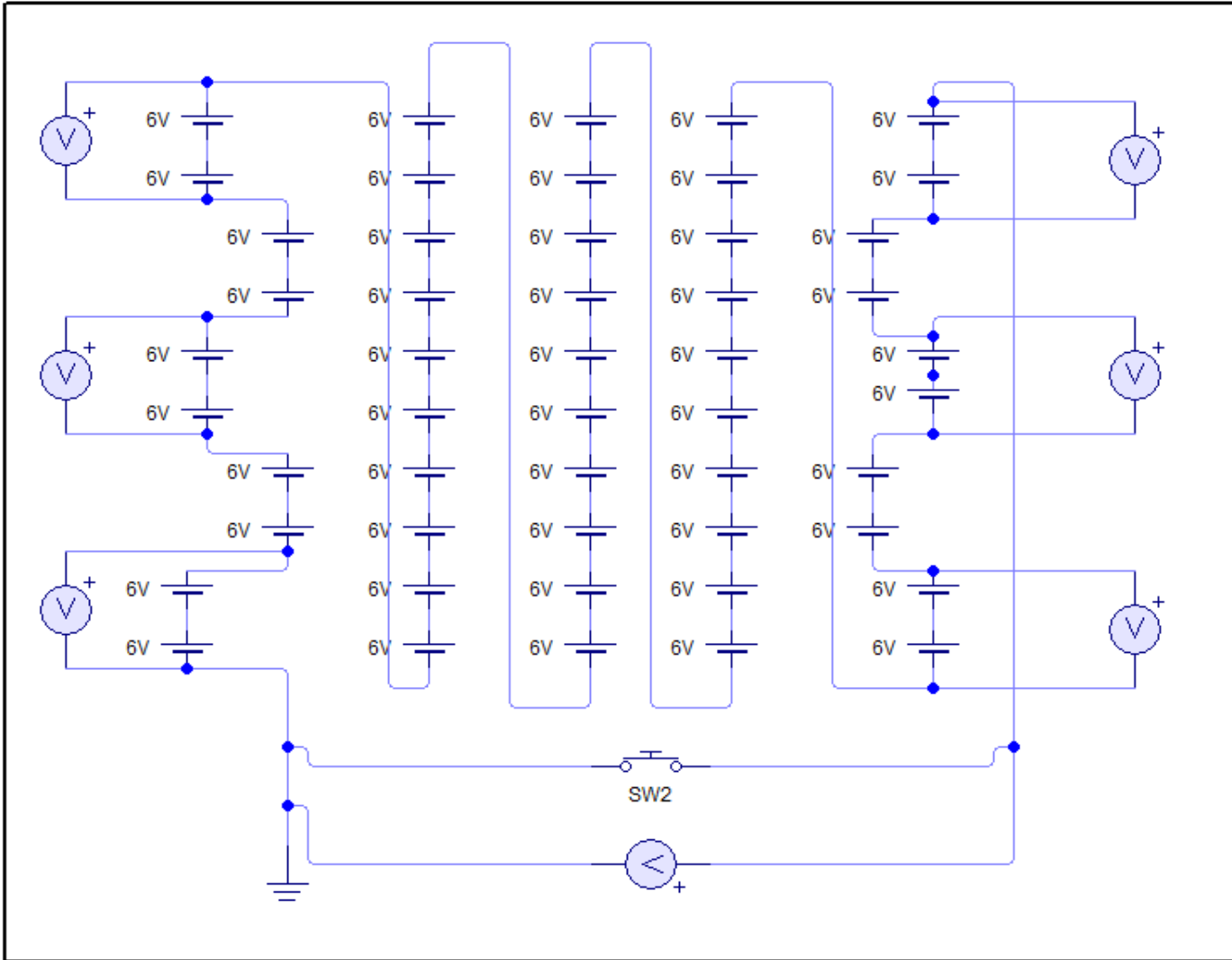
Bateria HV Toyota Highlander



BATERÍA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS



Es fabricada por Sanyo del componente Hidruro de Níquel con un total de 50 módulos de forma circular y cada una proporciona 6 voltios, está conectado en serie cada paquete formando 25 con un voltaje de 12 voltios y un voltaje nominal de la batería de 300 voltios.



DISEÑO DE MÓDULOS DE CORRIENTE CONTINUA PARA CELDA INDIVIDUALES Y BATERIAS COMPLETAS

Datos iniciales

Parámetro	Valor
Tensión del conjunto de la batería	201.6 voltios
Voltaje total del conjunto (+ 20%)	241,9 voltios
Numero de celdas de baterías Ni MH que forma el paquete	28
Peso del conjunto de la batería	36 Kg (86 Libras)
Tensión del módulo de batería de Ni MH	7.2 voltios
Dimensiones del módulo de la batería de Ni MH	276 x 20 x 106 mm 11 x 1 x 4 in
Peso del módulo de la batería de Ni MH	1.040 gramos (2,3 Libras)

Circuitos del módulo de carga para una batería completa

El circuito del módulo de corriente continua tiene la función de recargar una batería de hasta 150 voltios, conectándolo a una red eléctrica de 110 voltios de corriente alterna, de tal manera que se puede seleccionar una carga rápida a 1.5 amperios o una carga normal a 1 amperio.



Funcionamiento del circuito del módulo de carga para baterías de 150 V

El circuito está compuesto de los siguientes elementos:

- Puente rectificador de diodos 150 V
- 1 Condensador 220uF, 400V
- 1 Condensador de 1000uF, 50 V
- 5 Resistencias de 20W/10ohm
- 1 Transformador de 110 a 12 V
- 1 Relé de 12 voltios
- Puente de diodos
- 1 Regulador de voltaje L7812
- 1 Display medidor de corriente de 5A a 300 V
- 2 Ventiladores

Calculo para la selección de elementos eléctricos

Primero debemos considerar el voltaje de alimentación del módulo de corriente continua, siendo necesario hallar el voltaje máximo o también conocido como voltaje pico.

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

Donde

V_{rms} Voltaje de alimentación

V_p Voltaje pico de carga

El voltaje V_{rms} es la alimentación de 110 VAC que va a ingresar al sistema eléctrico del módulo de corriente continua

$$V_p = \sqrt{2} * 110 V$$

$$V_p = 155.563 V$$

El cargador a construir debe tener ingreso de corriente continua, por lo cual se utilizará un puente rectificador de diodos, cuya aproximación es de 1.4V. Con el valor mencionado se puede obtener el voltaje de carga con corriente continua:

$$V_{CC} = V_p - V_D$$

$$V_{CC} = V_p - V_D$$

Donde:

V_{CC} = Voltaje con corriente continua

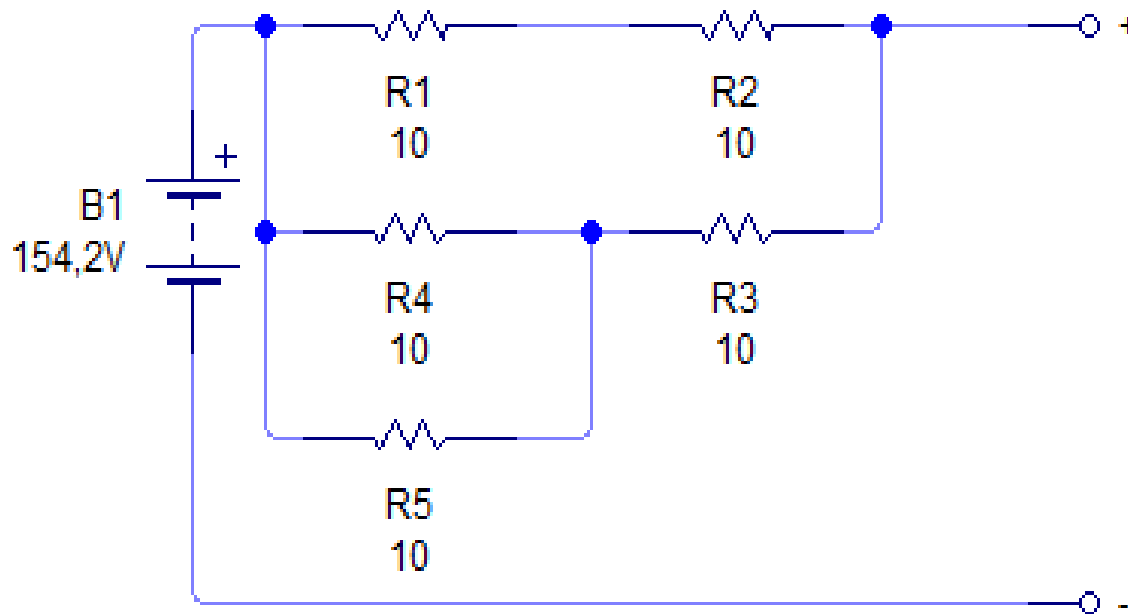
V_p = Voltaje pico

V_D = Voltaje del diodo que compone el puente rectificador

$$V_{CC} = 155.563 V - 1.4 V$$

$$V_{CC} = 154.163 V$$

Determinación del circuito para una carga normal



El voltaje que cae en la resistencia R_3

$$V_3 = \frac{R_3}{R_{T1} + R_3} * V_{RT1}$$

$$V_3 = \frac{10}{5 + 10} * 51.39V$$

$$V_3 = 34.26 V$$

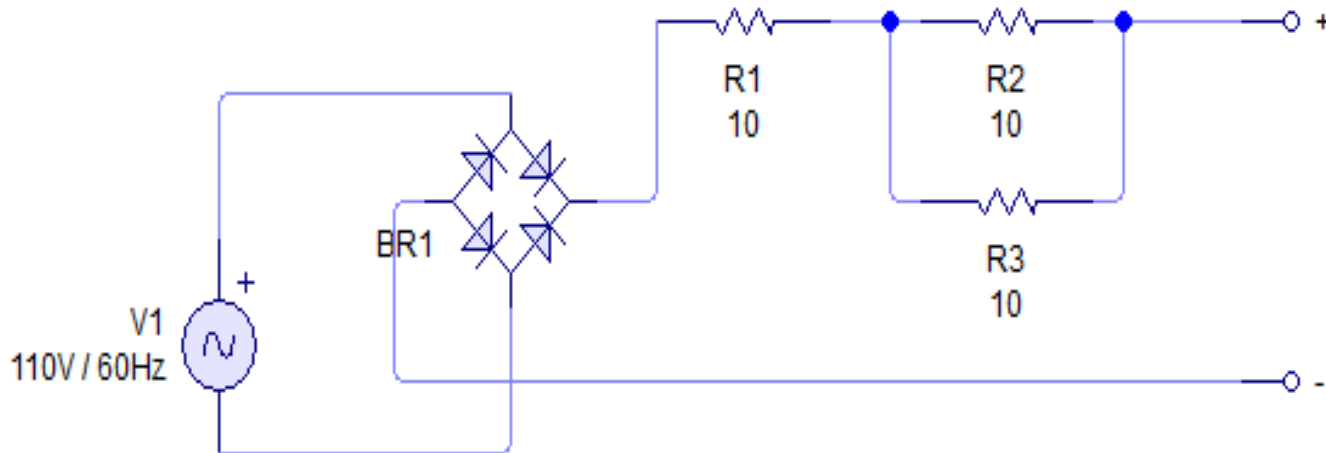
A través de la ley de ohm obtenemos el valor de la corriente de carga

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{34.26V}{4 * 8.57}$$

$$I = 1A$$

Para una carga rápida, se configura el circuito como se muestra en la figura



$$V_2 = 34.26 V$$

Finalmente queda determinar la corriente que llega al cargador de la batería con la siguiente ecuación.

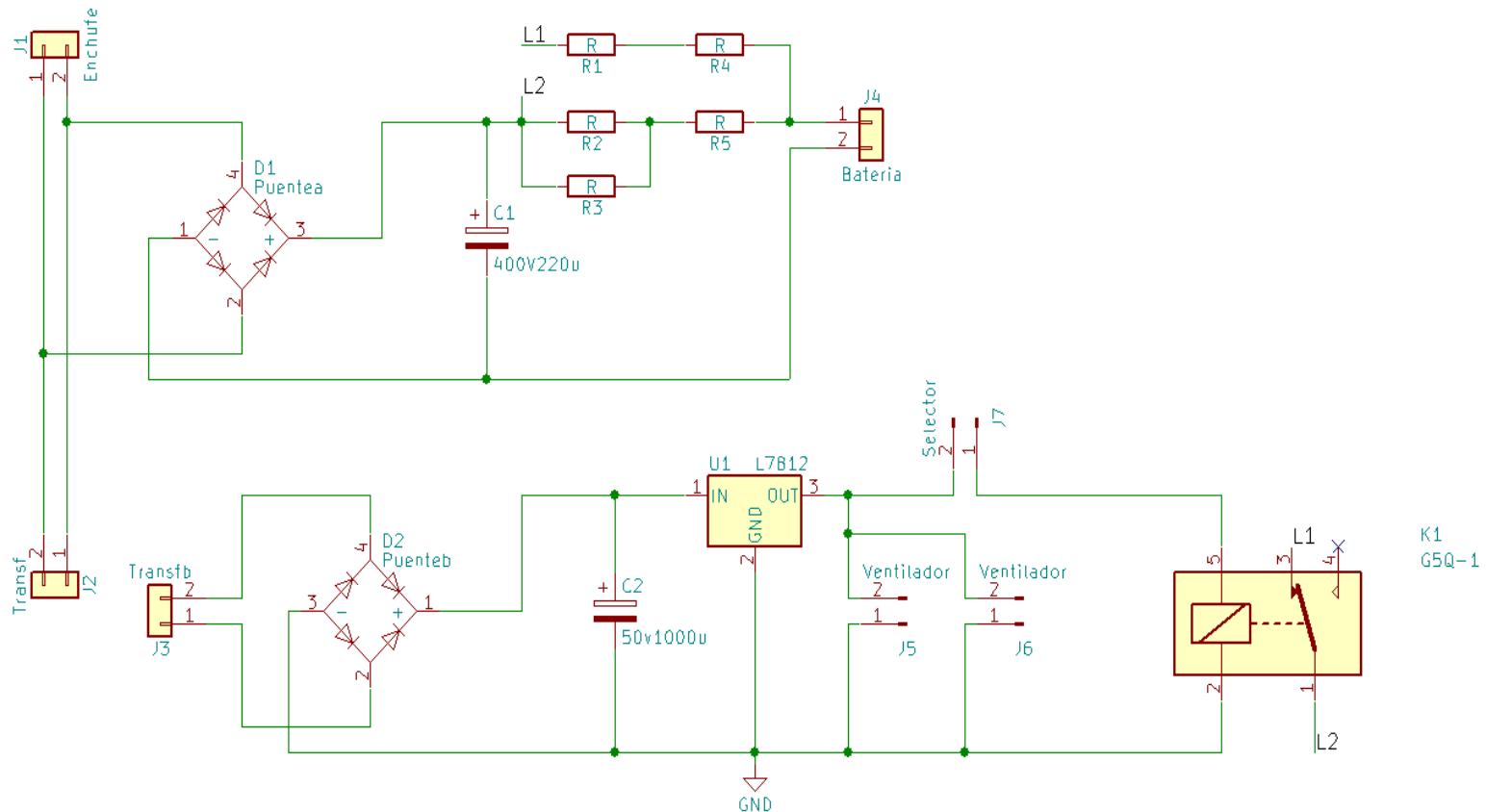
$$V = I * R$$

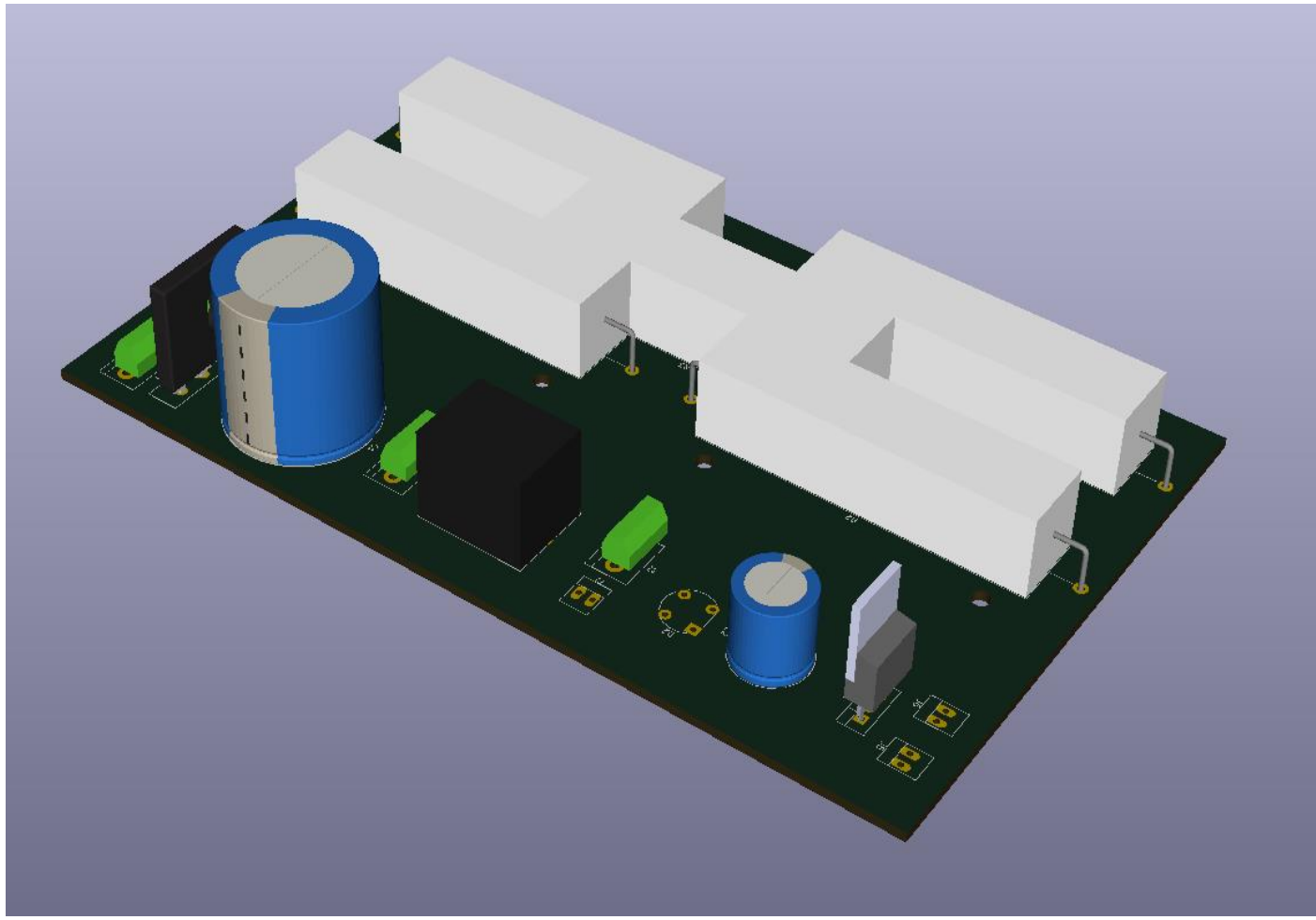
$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{34.26V}{2 * 15 \Omega}$$

$$I = 1.52 A$$

Posteriormente diseñamos el circuito en un software de simulación, incluyendo todos los elementos como se muestra en la figura





Diseño del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20V.

El circuito del módulo de corriente continua tiene la función de recargar módulos de baterías HV individuales, con una corriente constante que se ajusta al iniciar la prueba pudiendo establecerse desde 0.7 A hasta 2.5 Amperios, para módulos de hasta 20 voltios.

Funcionamiento del circuito del módulo de corriente continua para baterías de hasta 20 V

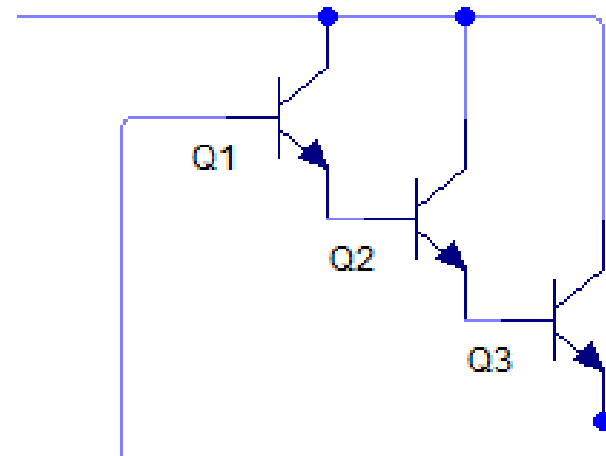
El circuito está compuesto de los siguientes elementos:

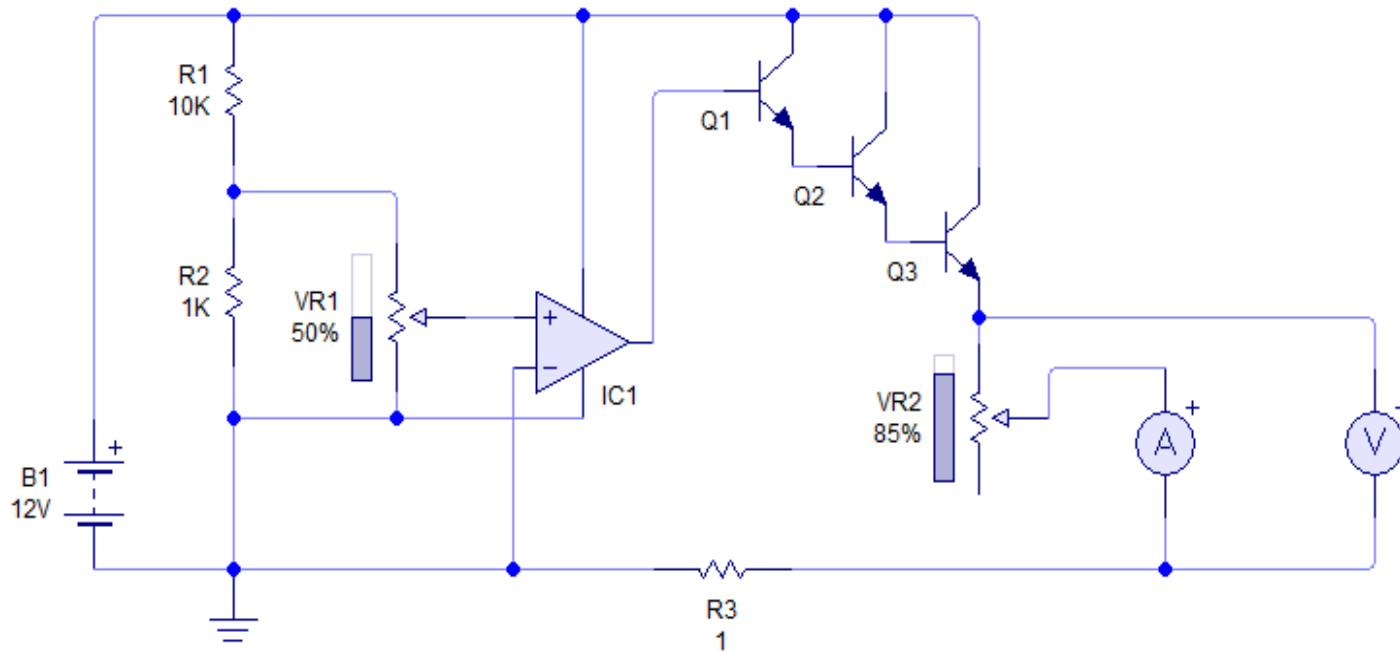
- 1 Adaptador universal AC/DC
- 1 Transistor de potencia 2N3055
- 2 Transistores 2N3904
- 1 Amplificador operacional LM358
- 2 Resistencias de 5W/220ohm
- 1 Display voltímetro amperímetro de corriente continua
- 1 Potenciómetro
- 1 Ventilador de 12 V

El funcionamiento del circuito se basa en un amplificador operacional, el cual modifica el voltaje de entrada conforme la batería se va cargando, pudiendo de esta forma conservar una corriente constante.

Al ser un circuito de carga, se debe ganar corriente, esto se logra gracias a la configuración Darlington, la cual se caracteriza por tener varios transistores conectados como se muestra en la figura

La ganancia total del Darlington es el producto de la ganancia de los transistores individuales

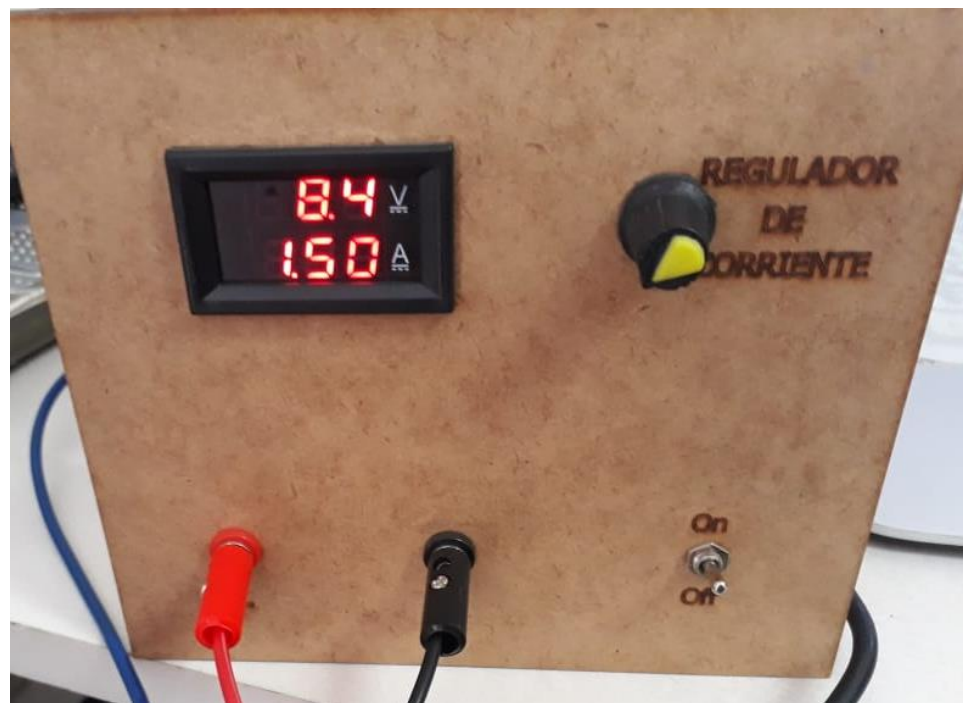




Para el módulo de carga de baterías de 150 voltios se diseñó la siguiente placa



Módulos de carga construidos



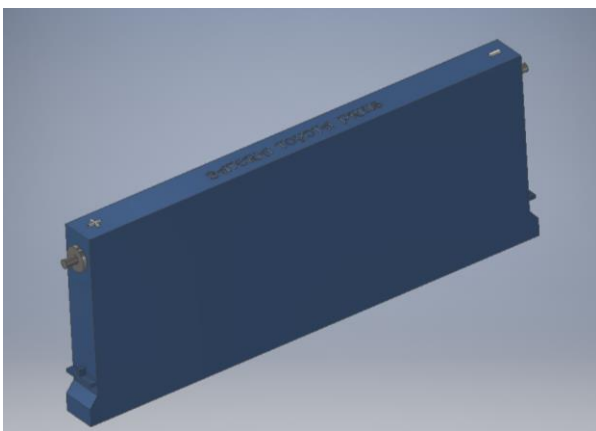
Ecualizador de baterías

El ecualizador de baterías es un instrumento dedicado a nivelar la carga de las celdas que componen la batería de alta tensión, dicho ecualizador debe tener la capacidad de conducir electricidad, además de acomodarse a las dimensiones de dichas celdas.



Levantamiento de requerimientos para el diseño del ecualizador

Para poder construir un ecualizador es necesario conocer las dimensiones de las celdas de la batería de alta tensión, dichas medidas se detallan a continuación.



Dimensiones del módulo de la batería HV

Dimensiones	mm	in
Ancho	276	11
Espesor	20	1
Alto	106	4

Una vez especificado las dimensiones del módulo, es necesario simular las dimensiones en un software CAD 3D, para lo cual utilizaremos el programa INVENTOR PRO

Distancia de perforación

Para las perforaciones de los pernos, es necesario determinar la distancia adecuada para que el ángulo no presente flexión debido al peso de los módulos

$$F_M = m * g$$

$$F_M = 10.2024 N$$

Donde:

F_M = Fuerza que genera el módulo de la batería

m = Masa del módulo

g = Gravedad igual a $9.81 m/s^2$

Una vez conocemos el peso de cada módulo, es necesario conocer la fuerza que generaran los 12 módulos en el ecualizador

Donde:

$$F_T = N * F_M$$

F_T = Fuerza total ejercida

N = Número de celdas

$$F_T = N * F_M$$

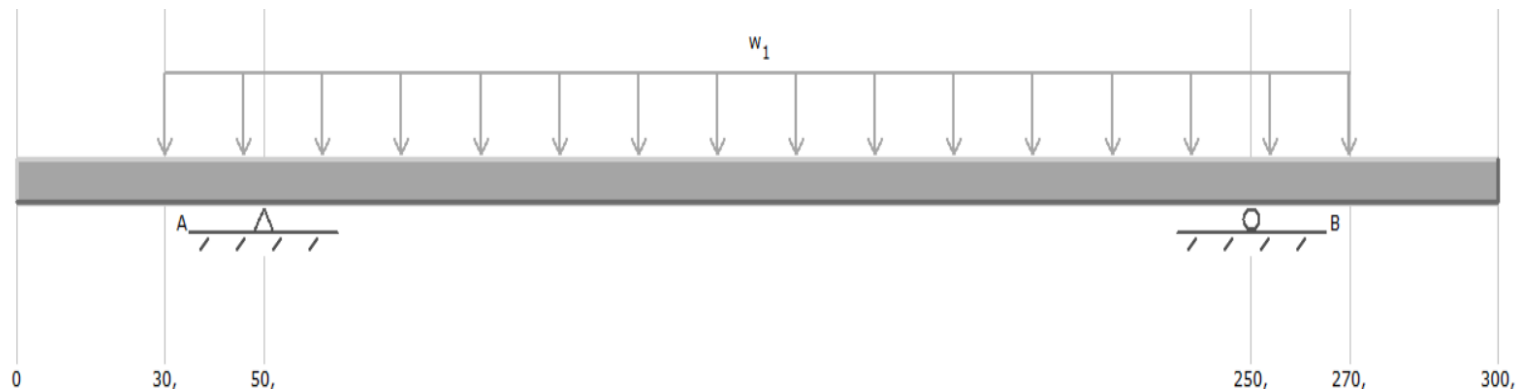
$$F_T = 12 * 10.2024 N$$

$$F_T = 122.42 N$$

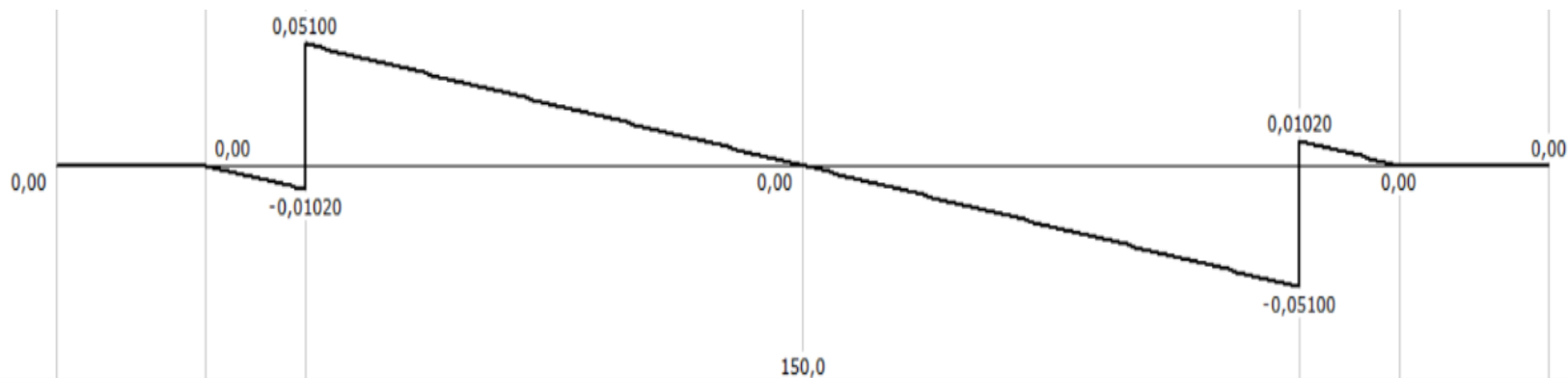
Posteriormente debemos hallar la carga total de los módulos, es necesario calcular las dimensiones de la carga, ya que como se va a extender esta fuerza por todo el riel del ecualizador, se asume que es una carga distribuida. Por lo tanto, nos ayudamos de la siguiente ecuación.

$$C_C = b * h$$

Luego procedemos graficamos con ayuda de un software, la simulación de los pesos de las baterías para observar la distribución.

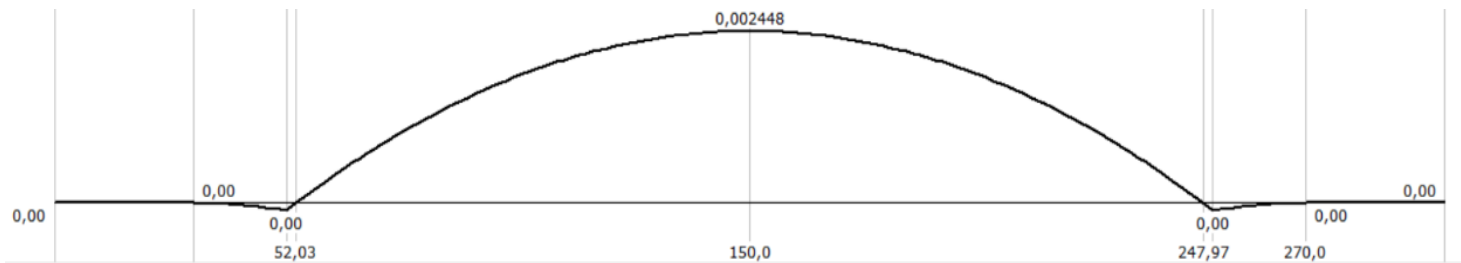


Ahora procedemos a comprobar en el diagrama de fuerzas, si la distribución de cargas es adecuada para los apoyos dimensionados a 50 mm desde el borde por cada lado

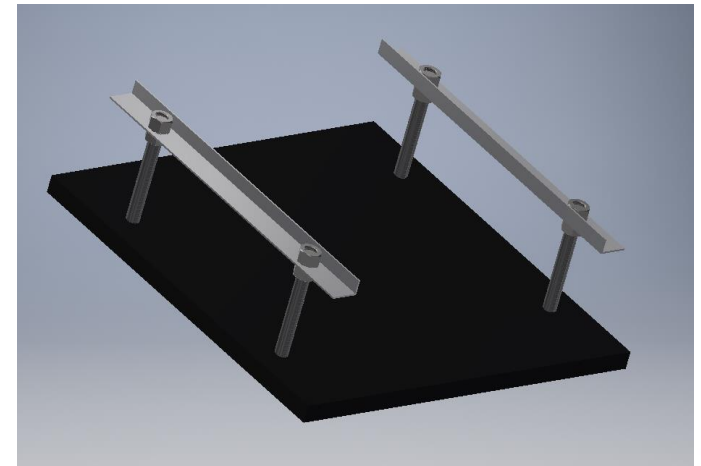


De acuerdo al análisis de la figura, observamos que hay un equilibrio entre las 12 celdas a ecualizarse, además de crearse una relación, donde mientras menos celdas haya agrupadas en el centro, disminuye la carga concentrada en el riel del ecualizador.

Como se observa en la figura, el momento máximo generado en el riel es $0.002448 \frac{N}{m}$, pudiendo asegurar que el diseño es óptimo y no presentara flexión con su máxima capacidad que es de 12 módulos.



Finalmente simulamos nuestro ecualizador en un software CAD 3D Inventor.



Analizador de baterías computarizado

El CBA IV (analizador de baterías computarizado de cuarta generación), es un instrumento de prueba que mide, gráfica y compara el rendimiento baterías primarias y secundarias (recargables), y de celdas individuales. El CBA permite la medición precisa de la capacidad de la batería y obtiene las estimaciones para escoger la mejor batería para su aplicación.



Software del analizador de baterías computarizado

Para poder utilizar el analizador de baterías computarizado, es necesario descargar el software de control, a través de la pagina web http://www.westmountainradio.com/kb_view_topic.php?id=OT39, dando clic en el enlace de descarga.

Una vez descargado, ejecutar e instalar como un programa ordinario.



The screenshot shows the West Mountain Radio website. At the top, there is a navigation bar with links for Products, Shop, Support, Community, and Contact Us. Below this, the main content area features a heading "Software for CBA II, CBA III, CBA IV & CBA HR" and a link to download the "Latest Version 2.4.20 CBA Software for CBA II, CBA III, CBA IV & CBA HR". The text indicates that version 2.4.20 was released on January 17, 2018, and is compatible with CBA II, CBA III, or CBA IV. It also mentions that this version supports on-line purchase upgrades to Extended or Multi CBA licenses. A note states that if you have the original CBA, you must continue to use the older version 1.0.8.1 software. At the bottom of the page, there is a footer with a site map, newsletter information, social media links, and a subscribe form.

WEST MOUNTAIN RADIO

Cart Empty
Wish List (0)

Product Search: GO

Search: Products Content

Products Shop Support Community Contact Us

Software for CBA II, CBA III, CBA IV & CBA HR

Click here to download the [Latest Version 2.4.20 CBA Software for CBA II, CBA III, CBA IV & CBA HR](#).

Version, 2.4.20, was released January 17, 2018.

This version is compatible with a CBA II, CBA III or CBA IV only (the product label must read CBA II, CBA III or CBA IV).

This version supports on-line purchase upgrades to Extended or Multi CBA licenses. *Multi license not needed with CBA IV

To check your current installed software version, go to " Help", "About CBA".

NOTE: If you have the original CBA you must continue to use the older version 1.0.8.1 software that was supplied with it ([available here](#)).

Categories that this topic belongs to: CBA IV, CBA III, CBA II, CBA HR

SITE MAP
Home
Products
Shop
Support
Community
Contact Us

NEWSLETTERS
Quarter 2, 2018
Quarter 3, 2017
Quarter 4, 2016
Quarter 2, 2016
[Newsletter Archive](#)

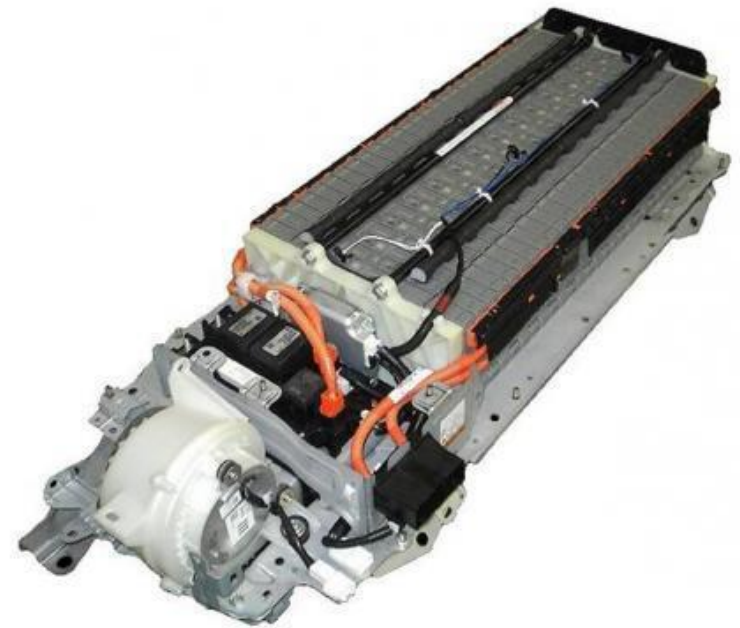
FOLLOW US
f t y

SUBSCRIBE
Email Address:
Submit

Copyright © 2018 West Mountain Radio

Análisis de módulos de batería de alta tensión

A continuación, se detallan los datos obtenidos de la carga y descarga de módulos individuales, obtenidos de un pack de batería del vehículo híbrido Toyota Prius, para determinar distintos parámetros como son el tiempo de carga y descarga de cada celda a una tasa de amperaje fijo, el voltaje entregado a determinado intervalo de tiempo, y la forma característica de cada curva para comparar con los datos de las demás celdas y concluir la validez de la mismo y su respectiva vida útil



Protocolo de obtención de datos de carga

Este test consiste en cargar los módulos durante 15 minutos, independientemente de cual sea su estado, siguiendo el siguiente protocolo:

Conectar el CBA al puerto USB de la PC con el cable suministrado antes de conectar una batería.

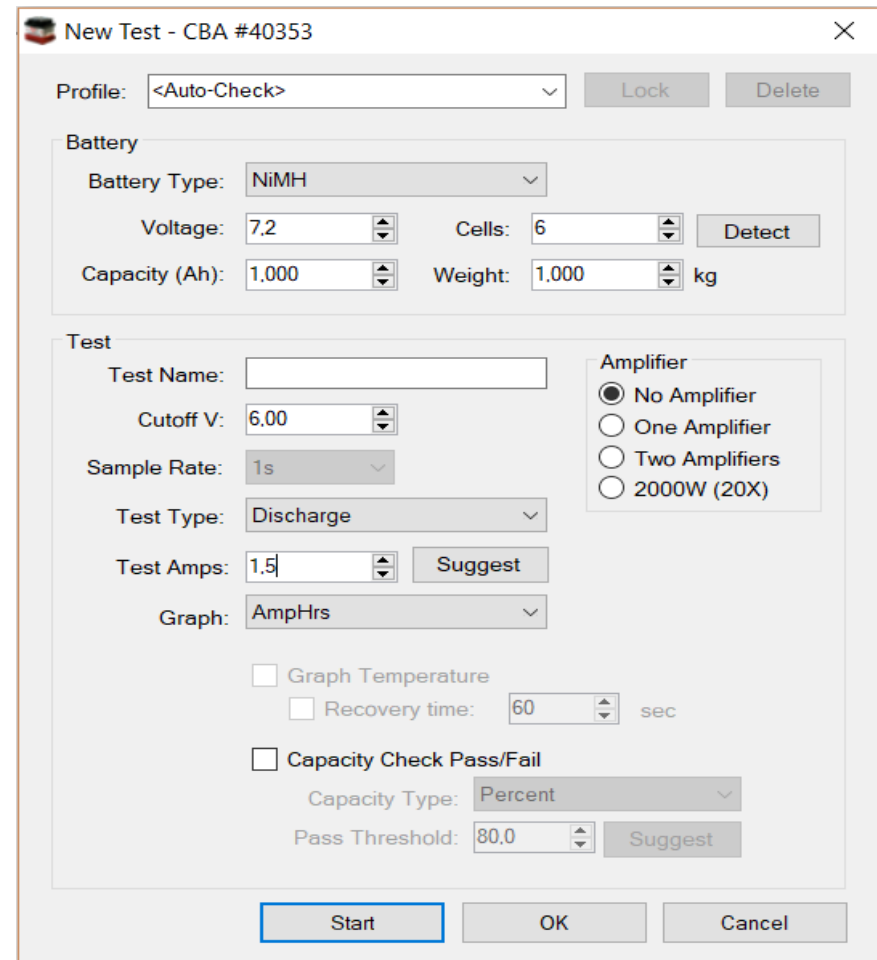
Inicie el programa CBA de West Mountain Radio.

El LED se encenderá pronto como los controladores están instalados. El software debe comenzar con una pantalla de "Nueva prueba" en el perfil "Auto-check".

En la ventana "Nueva prueba", seleccione "Tipo de batería" (química) y seleccione o escriba "Capacidad Ah".

Conecte la batería con conexiones muy cortas, sólidas y de baja resistencia usando los conectores y la polaridad adecuados.

El voltaje de la batería mostrará el voltaje de la batería en reposo completamente cargado. En el lado derecho de la pantalla, hacer clic el botón 'Detectar' para que el software sugiera algunas configuraciones de línea base después para la selección de la batería.

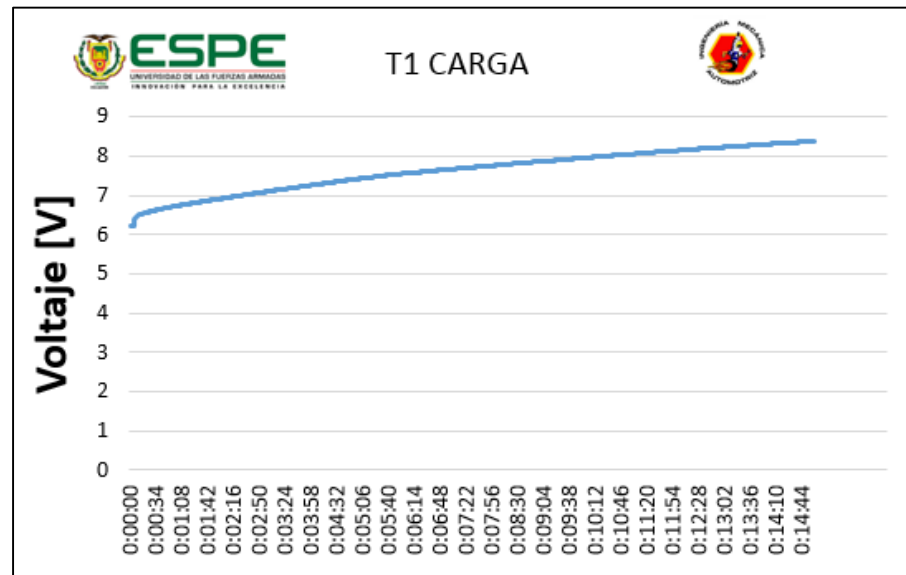


The screenshot shows a software window titled "New Test - CBA #40353" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into several sections:

- Profile:** A dropdown menu set to "<Auto-Check>". To its right are "Lock" and "Delete" buttons.
- Battery Section:**
 - Battery Type:** A dropdown menu set to "NiMH".
 - Voltage:** A numeric input field set to "7,2".
 - Cells:** A numeric input field set to "6". To its right is a "Detect" button.
 - Capacity (Ah):** A numeric input field set to "1,000".
 - Weight:** A numeric input field set to "1,000" followed by "kg".
- Test Section:**
 - Test Name:** An empty text input field.
 - Cutoff V:** A numeric input field set to "6,00".
 - Sample Rate:** A dropdown menu set to "1s".
 - Test Type:** A dropdown menu set to "Discharge".
 - Test Amps:** A numeric input field set to "1,5". To its right is a "Suggest" button.
 - Graph:** A dropdown menu set to "AmpHrs".
 - Amplifier Section:** A group box containing four radio button options: "No Amplifier" (selected), "One Amplifier", "Two Amplifiers", and "2000W (20X)".
 - Graph Temperature:** An unchecked checkbox.
 - Recovery time:** A numeric input field set to "60" followed by "sec".
 - Capacity Check Pass/Fail:** An unchecked checkbox.
 - Capacity Type:** A dropdown menu set to "Percent".
 - Pass Threshold:** A numeric input field set to "80,0". To its right is a "Suggest" button.
- Bottom Buttons:** "Start", "OK", and "Cancel" buttons.

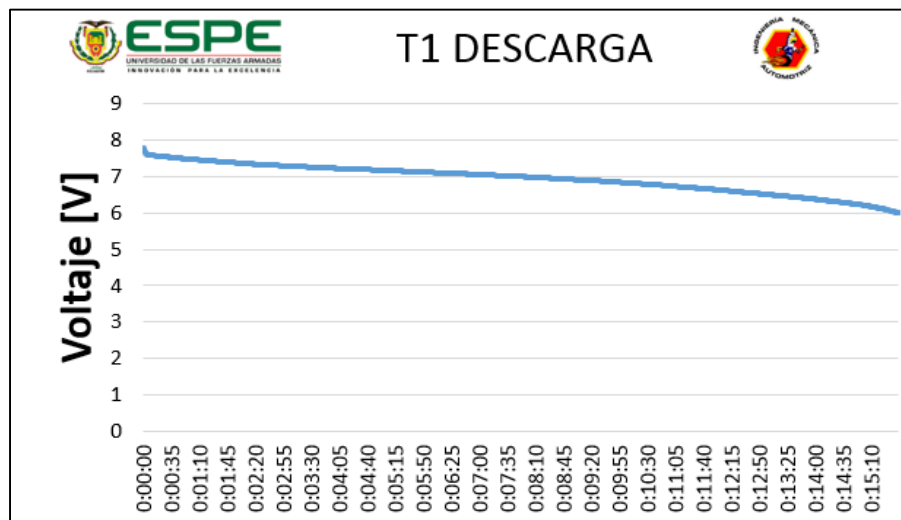
PRUEBAS DE MÓDULOS

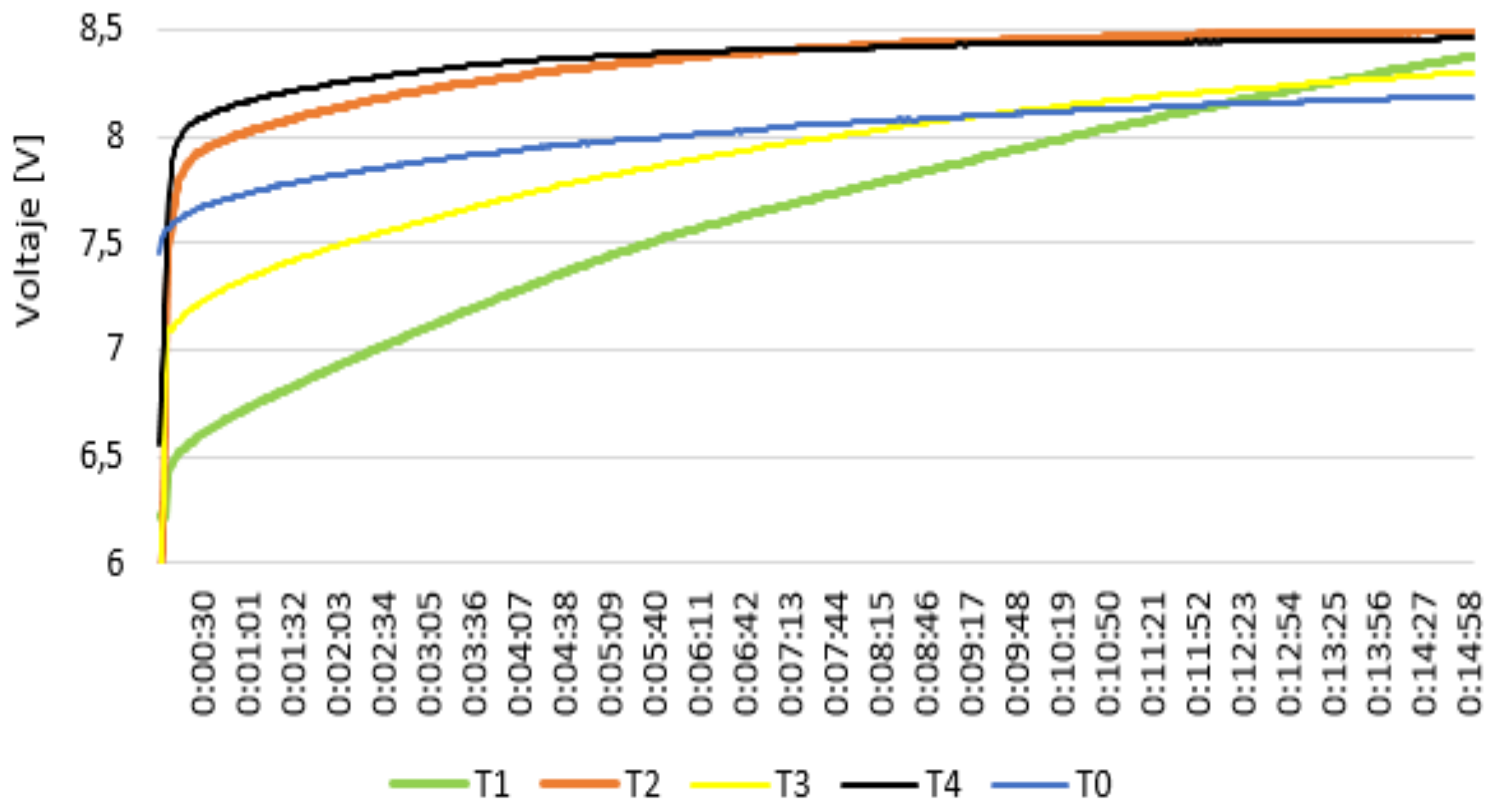
TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	6,216	0:08:00	7,76
0:01:00	6,722	0:09:00	7,863
0:02:00	6,916	0:10:00	7,957
0:03:00	7,097	0:11:00	8,052
0:04:00	7,261	0:12:00	8,138
0:05:00	7,418	0:13:00	8,225
0:06:00	7,55	0:14:00	8,303
0:07:00	7,661	0:15:00	8,381



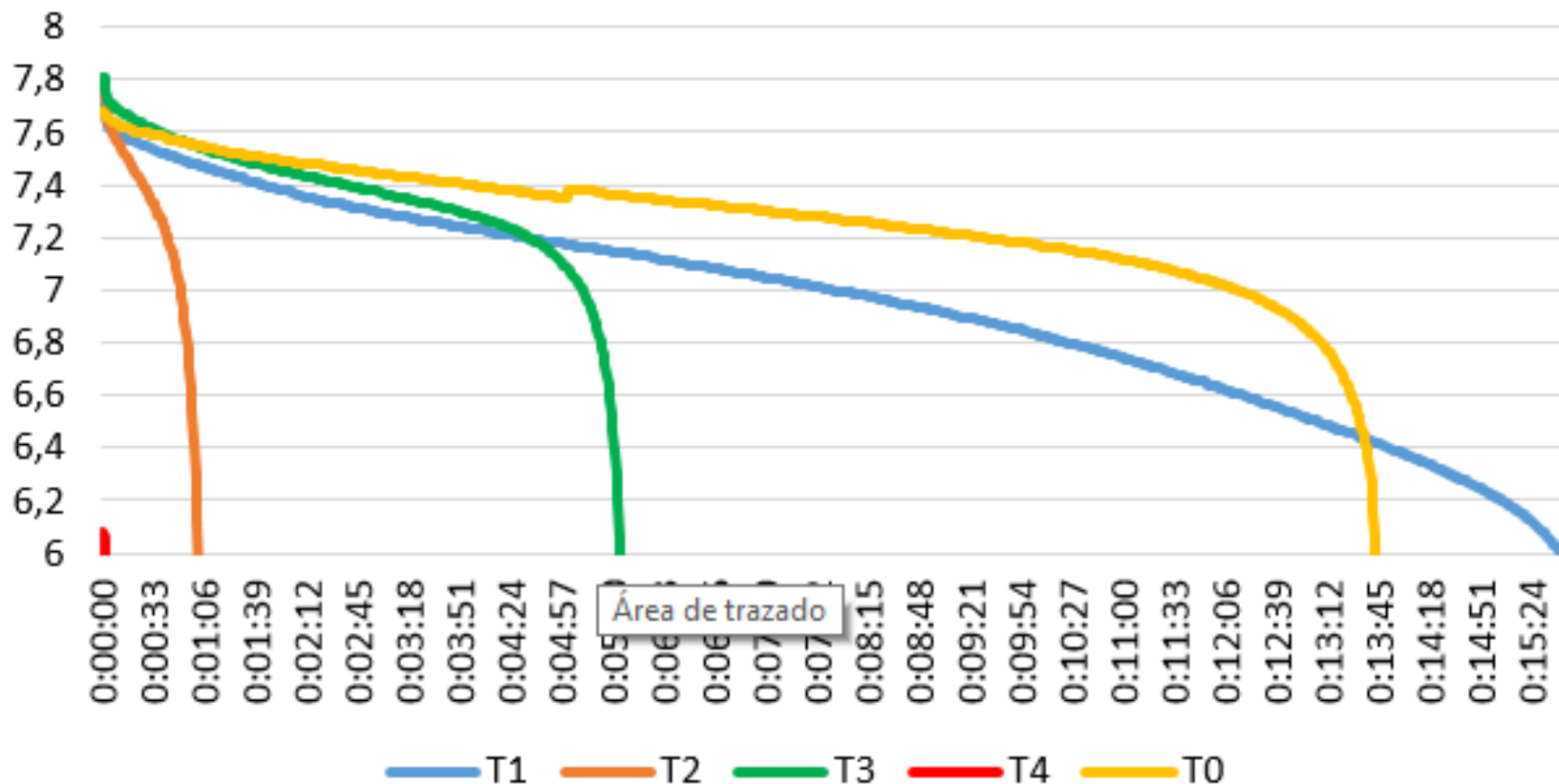
PRUEBAS DE MÓDULOS

TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)	TIEMPO (HH:MM:SS)	VOLTAJE (V)
0:00:00	7,809	0:08:00	6,994
0:01:00	7,48	0:09:00	6,92
0:02:00	7,377	0:10:00	6,837
0:03:00	7,294	0:11:00	6,743
0:04:00	7,229	0:12:00	6,632
0:05:00	7,175	0:13:00	6,512
0:06:00	7,117	0:14:00	6,381
0:07:00	7,06	0:15:00	6,216





DESCARGA



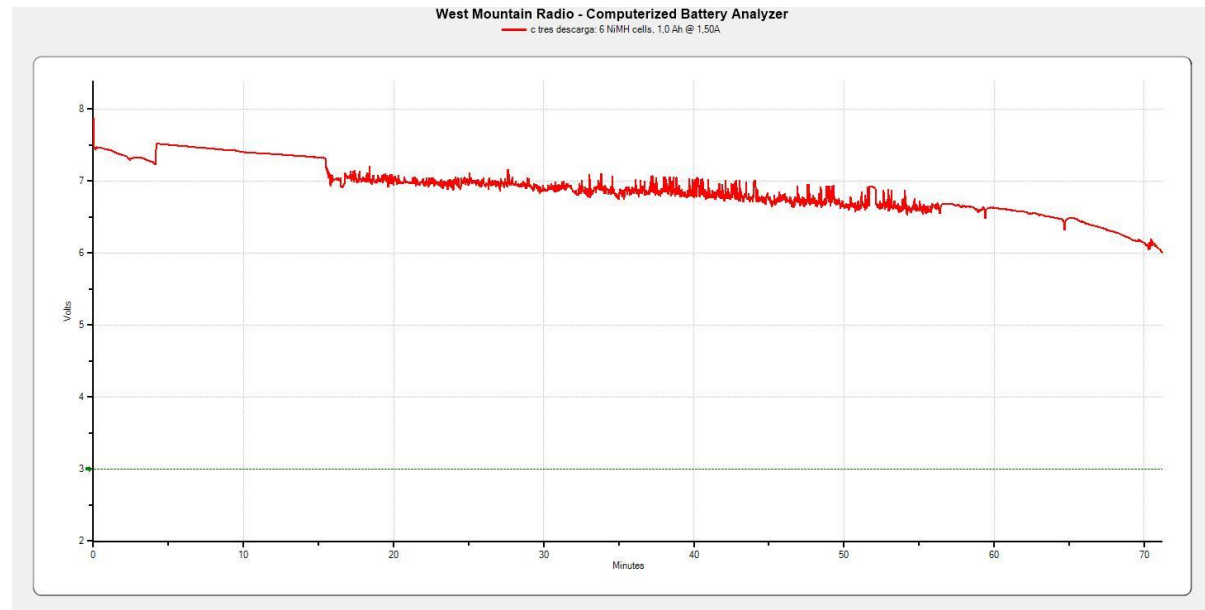
Para determinar la eficiencia es necesario determinar un patrón por lo cual, para el módulo que tardó 71 min en llegar a 6 voltios, a una intensidad de descarga de 1.5 A se obtiene el siguiente resultado

$$t_D = 71 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 1.18 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{1.18 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 98.33 \%$$



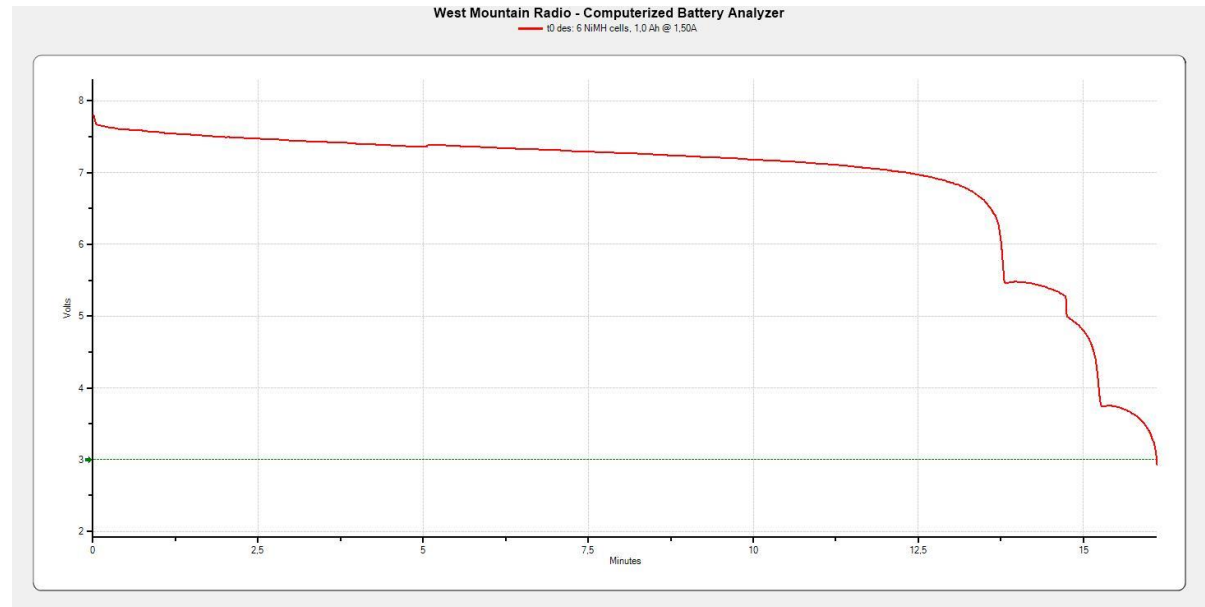
Para el módulo T0, el cual, en la primera prueba tardó 13 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A, se obtiene:

$$t_D = 13 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.21 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.21 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 17.5 \%$$



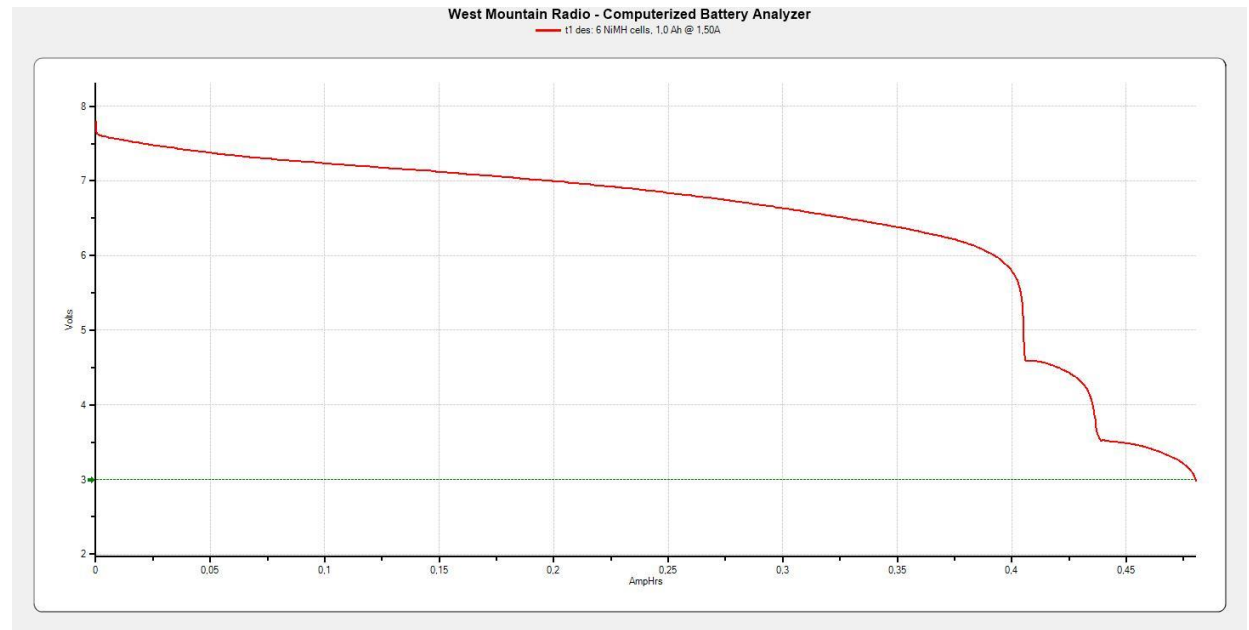
Para el módulo T1, el cual, tardó 16 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 15 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.25 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.25 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 20.83 \%$$



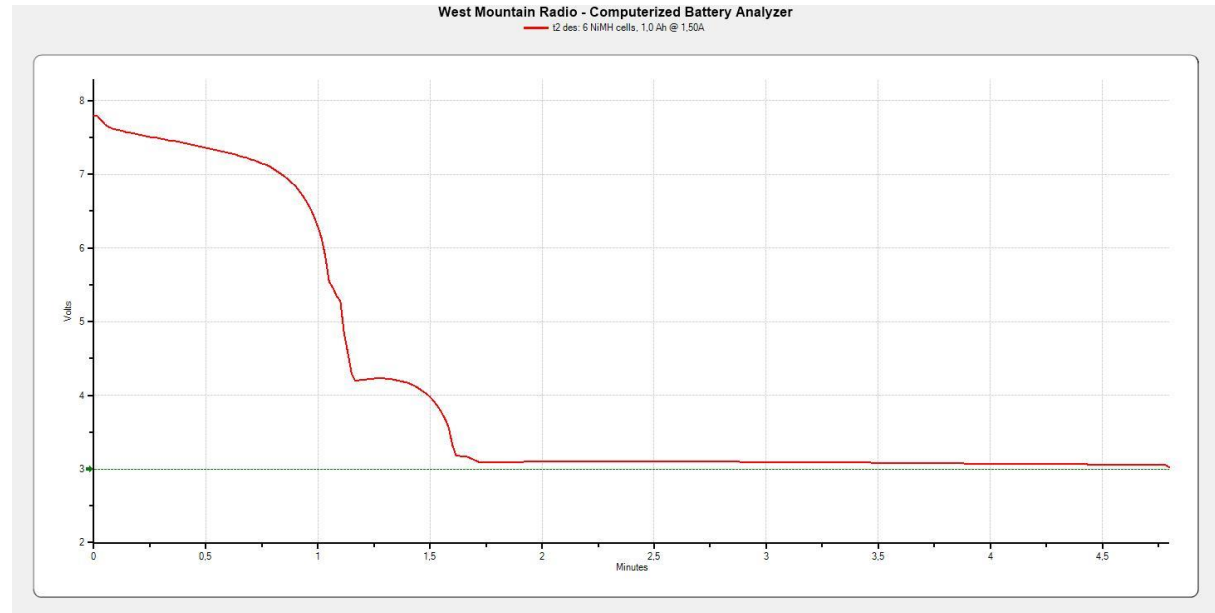
Para el módulo T2, el cual, tardó 1.02 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 1.02 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.017 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.017 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 1.42 \%$$



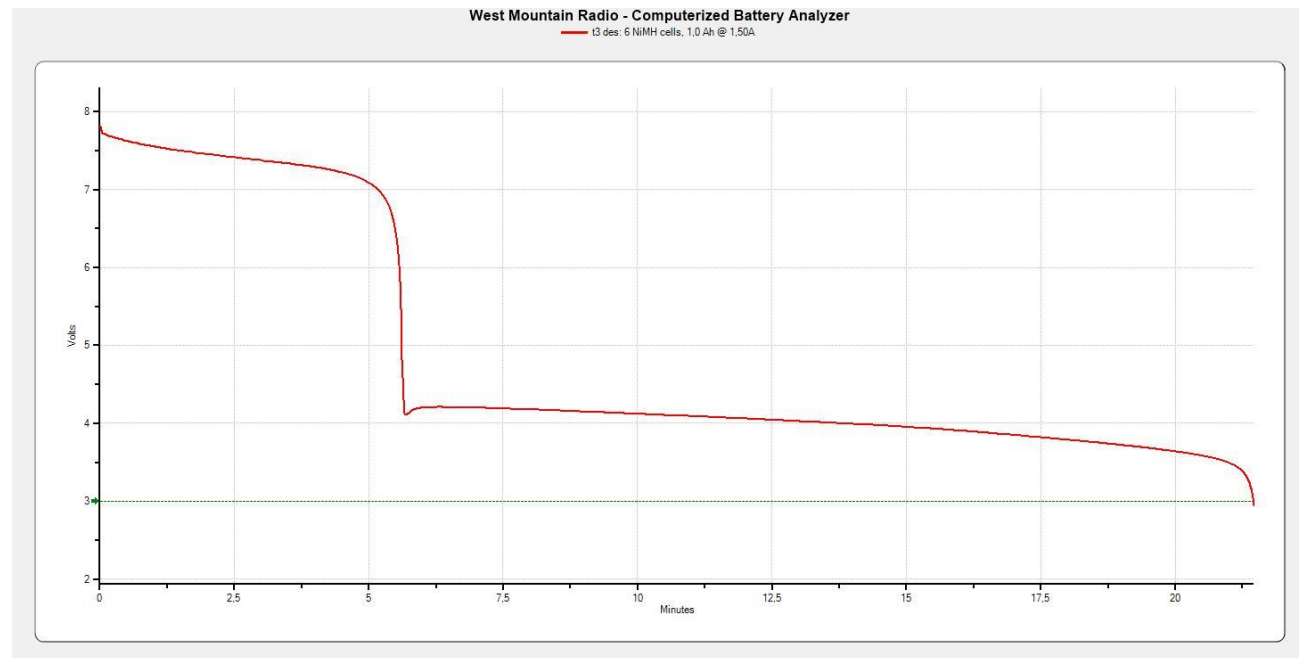
Para el módulo T3, el cual, tardó 5.34 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 1.02 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.089 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.089 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 7.42 \%$$



Como la curva generada por el módulo T0 tiene más similitud comparado con la que indica el fabricante, se procede a realizar 10 procesos de carga y descarga a corriente constante, obteniendo los siguientes resultados

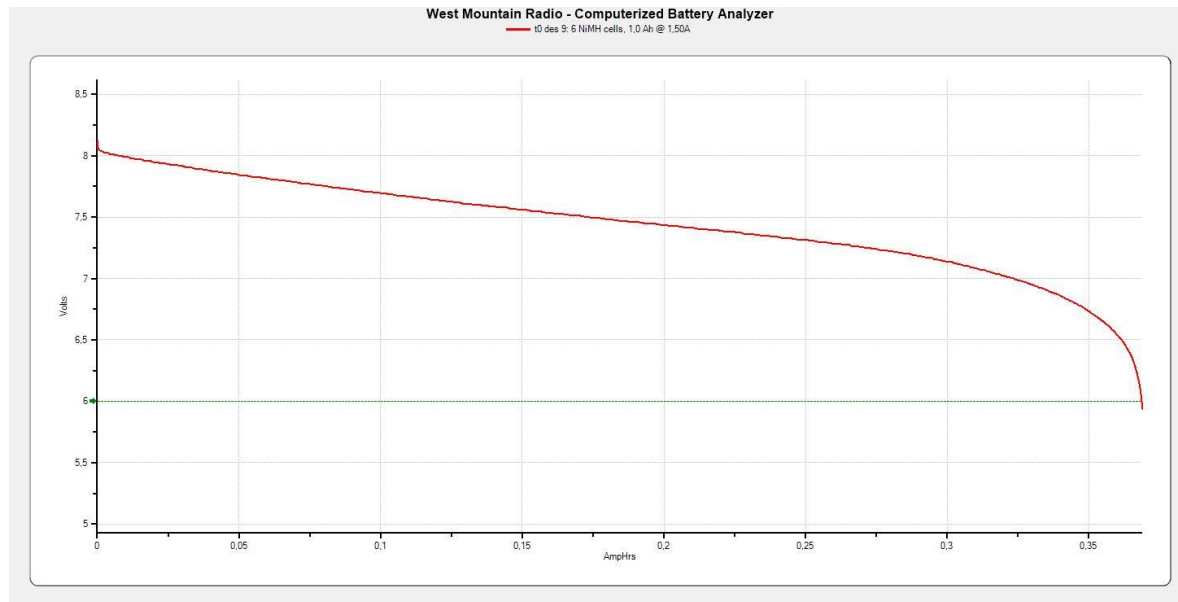
Para el décimo proceso de descarga, se obtuvo un tiempo de 15.4 min, con una descarga a 1.5 A, reflejando lo siguiente:

$$t_D = 15.4 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.26 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.26 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 21.67 \%$$



Determinación de la eficiencia del módulo de la batería HV del vehículo Toyota Prius

Para determinar la eficiencia de la batería, se fundamentó en el tiempo de descarga y la corriente de la misma, obteniendo la siguiente ecuación

$$\eta = \frac{t_D * 1.25}{I_D} * 100\%$$

Donde:

η = Eficiencia del módulo de la batería de alta tensión (%)

t_D = Tiempo de descarga del módulo (h)

I_D = Intensidad de descarga del módulo (A)

Para establecer el tiempo, es necesario especificar que, a realizar la descarga del módulo, solo se debe descargar hasta disminuir en uno la celda que lo compone, es decir, para el vehículo Toyota Prius, del voltaje total del módulo que es de 7.2 V, al realizar la descarga este debe llegar a 6 V ya que disminuye en 1 el voltaje de una celda (1.2V)



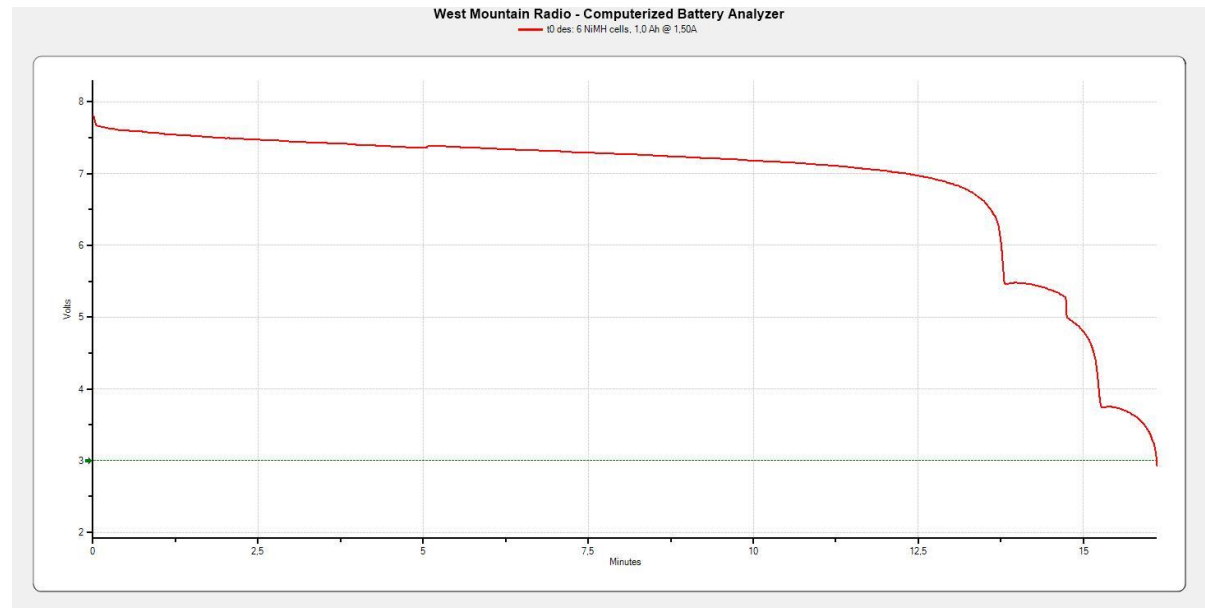
Para el módulo T0, el cual, en la primera prueba tardó 13 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A, entonces se obtiene:

$$t_D = 13 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.21 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.21 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 17.5 \%$$



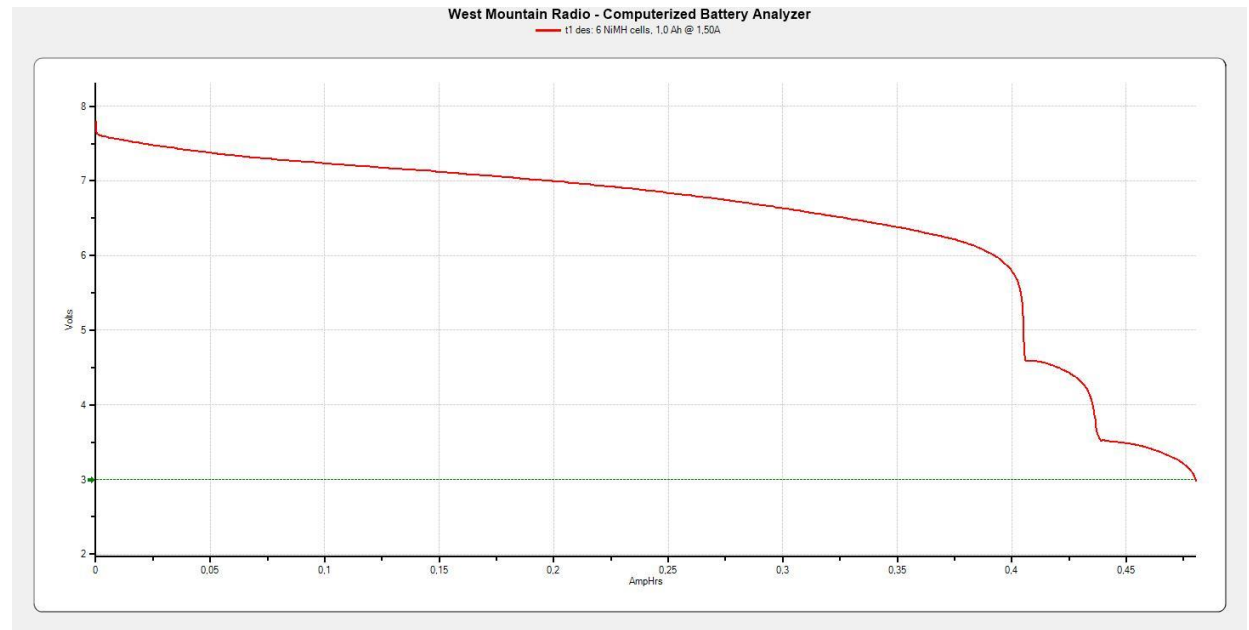
Para el módulo T1, el cual, tardó 16 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 15 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.25 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.25 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 20.83 \%$$



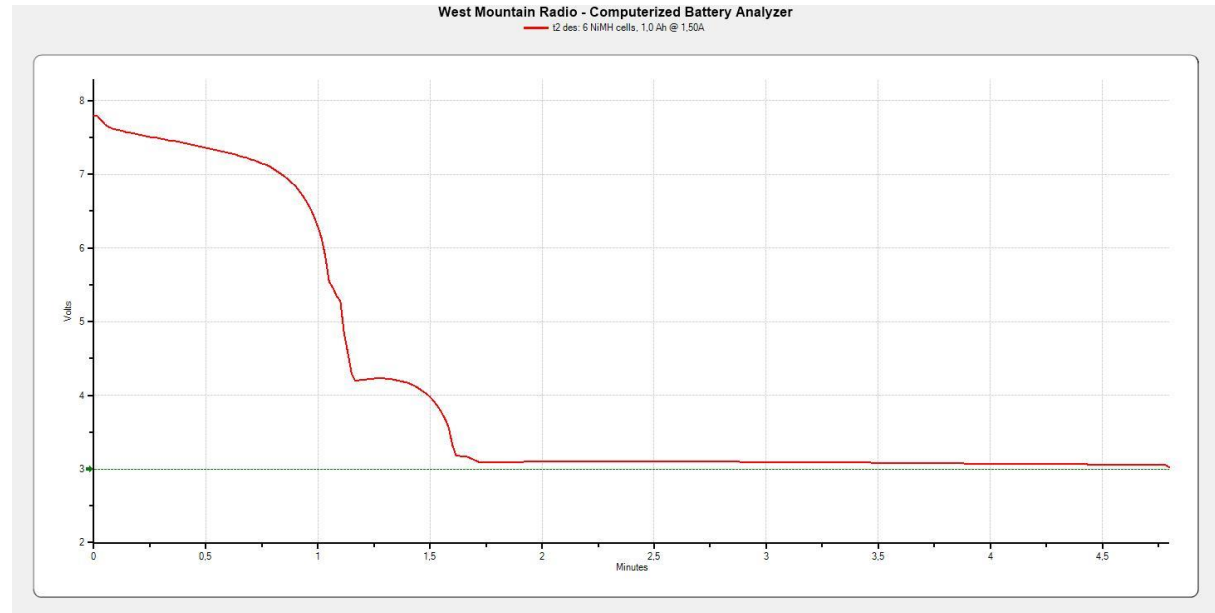
Para el módulo T2, el cual, tardó 1.02 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 1.02 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.017 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.017 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 1.42 \%$$



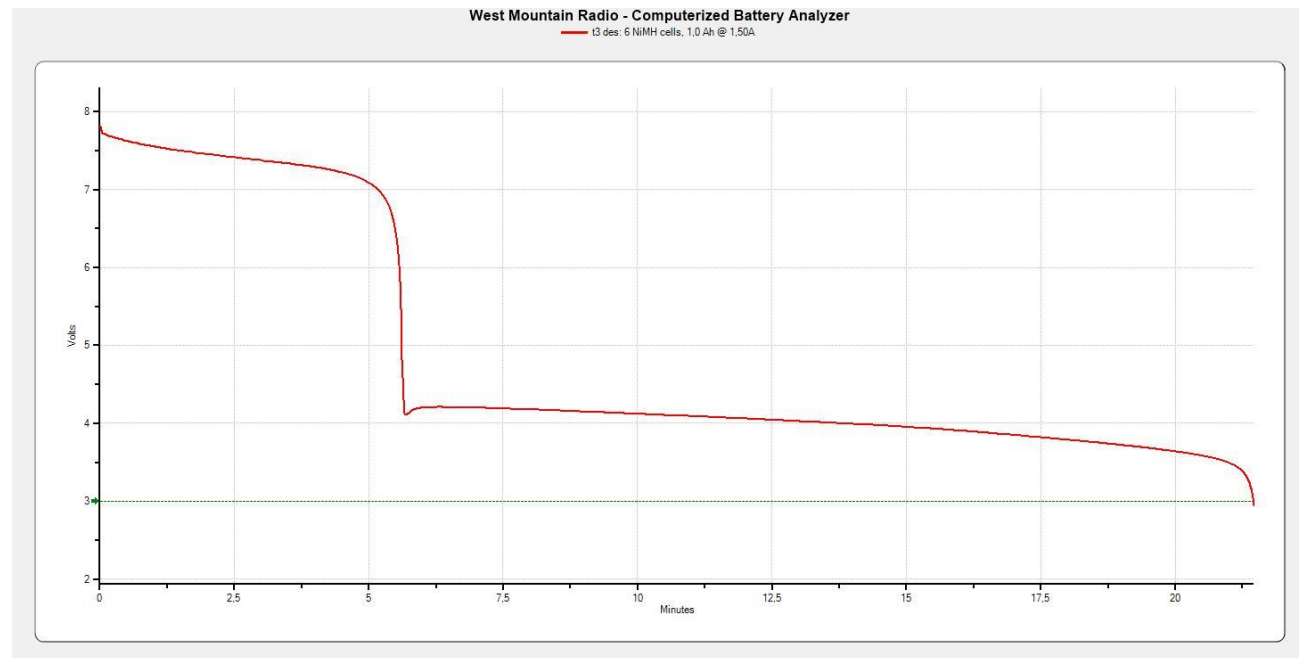
Para el módulo T3, el cual, tardó 5.34 min en llegar a 6 voltios, con una tasa de descarga de 1.5 A:

$$t_D = 1.02 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.089 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.089 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 7.42 \%$$



Como la curva generada por el módulo T0 tiene más similitud comparado con la que indica el fabricante, se procede a realizar 10 procesos de carga y descarga a corriente constante, obteniendo los siguientes resultados

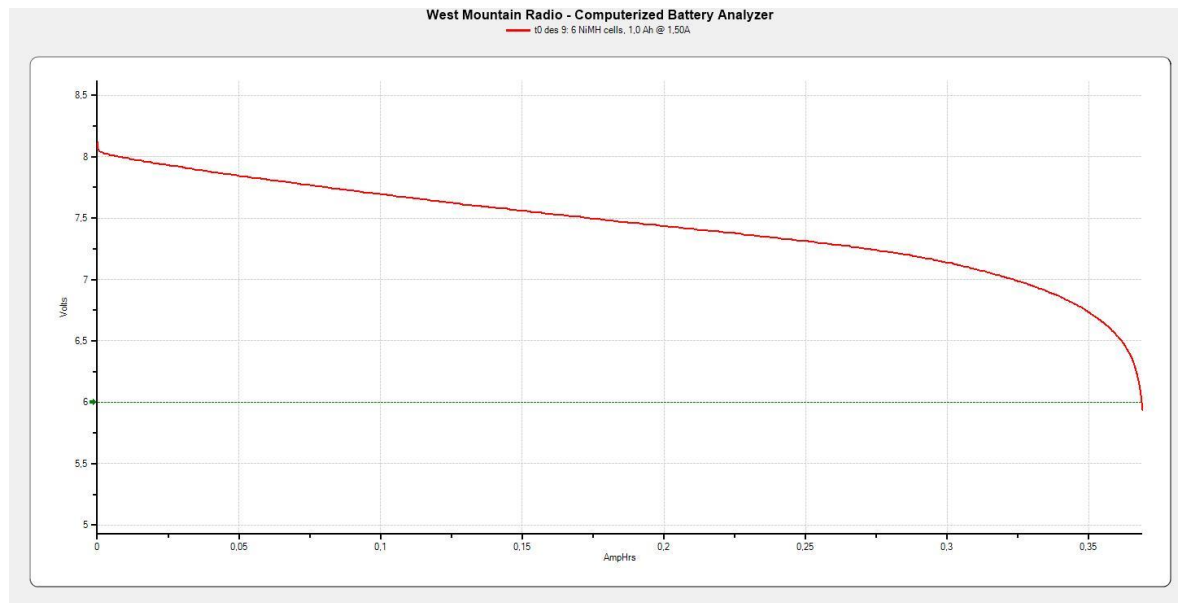
Para el décimo proceso de descarga, se obtuvo un tiempo de 15.4 min, con una descarga a 1.5 A, reflejando lo siguiente:

$$t_D = 15.4 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 0.26 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{0.26 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 21.67 \%$$



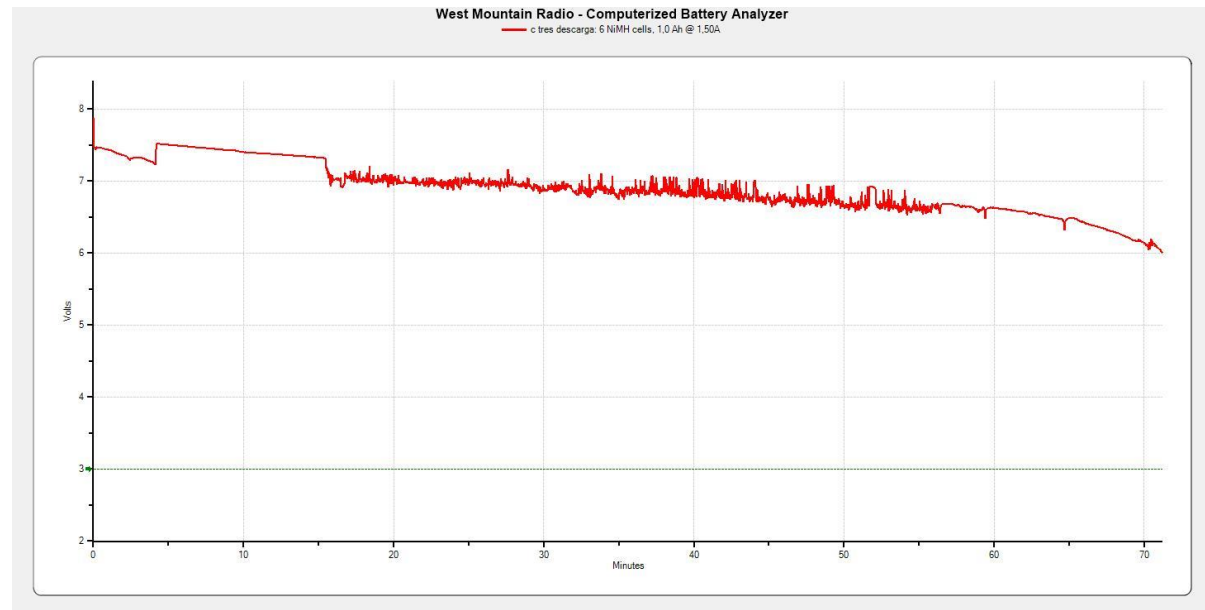
Entonces, para el módulo que tardó 71 min en llegar a 6 voltios, a una intensidad de descarga de 1.5 A se obtiene el siguiente resultado

$$t_D = 71 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$t_D = 1.18 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{1.18 * 1.25}{1.5} * 100\%$$

$$\eta = 98.33 \%$$



Determinación del estado de carga SOC de la Batería

$$\%SOC_t = \left(\frac{I_{carga} * t * 100\%}{C_{Batería}} \right) + \%SOC_{40\%}$$

Donde

$\% SOC_t$ = Porcentaje de estado de carga de la batería (%)

t = Tiempo de carga (Horas)

I_{carga} = Corriente de carga de la batería (A)

$C_{Batería}$ = Capacidad de la batería

$\% SOC_{40\%}$ = Porcentaje de carga que conserva la batería

Reemplazando:

$$\%SOC_{0.25h} = \left(\frac{1.5A * 0.25 h * 100\%}{6.5 A - h} \right) + 40\%$$

$$\%SOC_{0.25h} = 45.77\%$$

De la ecuación se debe despejar el tiempo, obteniendo la siguiente fórmula.

$$t = \frac{C_{batería} * (\%SOC_t - \%SOC_{40\%})}{I_{carga} * 100\%}$$

Como se indicó anteriormente, se debe obtener una carga completa, por lo cual, $\%SOC_t = 80\%$, entonces reemplazando se obtiene:

$$t = \frac{6.5A - h * (80\% - 40\%)}{1.5 A * 100\%}$$

$$t = 1.73h$$

Para determinar el tiempo en minutos, se debe establecer una relación entre horas y minutos, por lo cual se obtiene el siguiente tiempo

$$t_{\text{mín}} = \frac{60\text{min}}{1 h} * 1.73 h$$

$$t_{\text{mín}} = 103.8 \text{ mín}$$

Estado de descarga DSOC

Para el estado de descarga (DSOC), debemos establecer una relación entre la capacidad de la batería, el tiempo que tarda su descarga y la intensidad de consumo. El módulo de la batería de alta tensión a utilizarse posee una capacidad de 6.5 Ah, y será descargado a 1.5 A hasta obtener 6 V. De modo que se obtiene la siguiente ecuación.

$$\%DSOC_t = 4 * \left(\frac{C_B}{I_D * t_D} \right)$$

Donde

$\% DSOC_t$ = Porcentaje de estado de descarga de la batería (%)

t = Tiempo de carga (Horas)

I_D = Corriente de descarga de la batería (A)

C_B = Capacidad de la batería

Al reemplazar los datos de la batería T0 batería se obtiene:

$$t_D = 15.4min * \frac{1h}{60 min}$$

$$t_D = 0.26 h$$

$$\%DSOC_t = 4 * \left(\frac{6.5}{1.5 * 0.26} \right)$$

$$\%DSOC_t = 66.67 \%$$

Estado de salud SOH

Para determinar el estado de salud de una batería, se utiliza el tiempo de descarga de la primera prueba, luego, se utiliza el tiempo de descarga de la 10 prueba, y se los reemplaza en la ecuación

$$\%SOH = 100 - \left(\frac{t_0}{t_f} * 100 \right)$$

Donde:

$\%SOH$ = Estado de salud de la batería (%)

t_0 = Tiempo de descarga inicial (h)

t_f = Tiempo de descarga luego de haber realizado 10 procesos de carga y descarga consecutivos (h)

Obteniendo los siguientes resultados:

$$t_0 = 13 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$t_0 = 0.216 \text{ h}$$

$$t_f = 15.4 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$t_f = 0.257 \text{ h}$$

$$\%SOH = 100 - \left(\frac{0.216}{0.257} * 100 \right)$$

$$\%SOH = 15.95 \%$$

CONCLUSIONES

- Se investigó los procesos de carga (SOC), el cual mantiene una relación entre el tiempo de carga, la corriente de carga dada en amperios y la capacidad de la batería especificada por el fabricante, añadiendo un 40% de carga inicial, ya que la batería nunca se descarga hasta un 0%, dicho estado de carga (SOC), no debe sobrepasar del 80%, pudiendo determinar con estos valores que para un módulo de 6 celdas, con una capacidad de 6.5 A – h, cargado con una intensidad de 1.5A, un tiempo de 1 hora y 43 minutos para una carga completa. Mientras que el estado de descarga DSOC para el mismo módulo, es de 66.67%

- Se consultó información en bases digitales como ResearchGate, Science Direct, DieselNet, SAGE Publications, Google Académico las cuales sirvieron de guía para desarrollar la presente investigación.
- Se diseñó equipos adecuados para realizar cargas con corriente continua, y poder verificar las curvas de funcionamiento a través de un analizador de baterías computarizado, además de realizar procesos de descarga, pudiendo observarse en un computador con la ayuda del software West Mountain Radio CBA IV

- Se diseñó elementos necesarios para acondicionar los módulos, dichos elementos están compuestos de dos ecualizadores para módulos del Toyota Prius y del vehículo Toyota Highlander, además de una prensa para poder realizar cargas de baterías completas evitando la expansión de las baterías (hinchamiento).
- Se comparó gráficamente las curvas generadas al realizar los procesos de carga y descarga, pudiendo de esta manera seleccionar la batería adecuada para los protocolos de pruebas.
- Se sometió a procesos de carga y descarga constantes según el protocolo de pruebas especificado, estimando un aumento de eficiencia de 4.7% y un aumento de vida útil de 15.58%



RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- Seguir el protocolo de pruebas especificado, para evitar daño en los equipos
- Cuando se realice la carga de un pack completo, se debe prensar los módulos para evitar que estos se expandan, es decir, se hinchen.
- El CBA IV solo es capaz de realizar pruebas hasta un máximo de 40 amperios o 100 watts de potencia
- Nunca descargue una batería a una tasa de descarga superior a la que fue diseñada, o especificada por el fabricante

- Nunca conecte una batería con polaridad inversa, ya que esto generaría un corto circuito, provocando averías irreparables en el analizador
- Nunca permita que una batería alcance una temperatura demasiado caliente para tocarla.
- Recargue las baterías inmediatamente con un cargador de batería apropiado después de completar la prueba. Algunos tipos de baterías no pueden permanecer descargadas durante largos períodos de tiempo.