

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARGADOR AUTOMATIZADO DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Miguel Ávila Germán Erazo Leonidas Quiroz

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

E-mail: migsar_1025@hotmail.com, wgerazo@espe.edu.ec, laquiroz@espe.edu.ec

RESUMEN

Para iniciar el proyecto se realizó una investigación del funcionamiento de baterías de HV y los voltajes de operación y mediante la selección de elementos eléctricos-electrónicos se construyó circuitos automatizados que permiten cargar packs de baterías para diagnosticar su estado y realizar la carga de las mismas, de igual manera se logró realizar un circuito eléctrico de carga de baterías de forma conjunta con valores de tensión de 24-48-72-96-120 voltios de forma controlada según se lo requiera.

Con el análisis de gráficas y con la obtención de datos en las pruebas realizadas a una batería del Toyota Highlander, se logró diagnosticar algunas causas por las cuales las baterías de los vehículos híbridos puede perder su capacidad de carga y su energía almacenada. Una vez conociendo el estado de la batería con la ayuda del cargador se realizó la recuperación de packs, acondicionándolos para que funcionen de forma óptima.

ABSTRACT

To start with, a survey of how batteries HV and operating voltages of these I was done and by selecting electrical-electronics automated circuits for charging battery packs to diagnose your condition and carry the burden of built the same, likewise achieved make electrical battery charging circuit in conjunction with voltage values V 24-48-72-96-120 controllably as required. With the analysis of graphs and obtaining

data on tests to a battery of Toyota Highlander, it was possible to diagnose some causes for which the batteries of hybrid vehicles can lose its capacity and its stored energy. Once you know the battery status using the recovery loaded by conditioning packs are made to operate at its best.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos permiten el desarrollo de un sin número de alternativas para mejorar el modo de vida de las personas, y el cuidado del medio ambiente por lo que hoy en día existe en el mercado vehículos híbridos que utilizan la energía eléctrica proveniente de baterías y un motor de combustión interna, considerando la necesidad de evitar la contaminación y disminuir el consumo de combustible. Vehículos que requieren se brinde un mantenimiento a todos sus elementos para que sigan funcionando con sus mismas condiciones de trabajo.

II. DESARROLLO

BATERÍA DE ALTA TENSIÓN

La batería constituye uno de los elementos principales del sistema híbrido, por su continuo trabajo de aporte al sistema, es uno de los principales elementos que en la actualidad presenta inconvenientes por lo que en el desarrollo del presente trabajo se

conocerá cómo dar mantenimiento a las mismas y el equipo que se utiliza.



Figura: Batería Toyota Highlander

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Descripción General Del Sistema

- El cargador debe ser alimentado con un voltaje alterno de 220 ó 110 VAC según se lo requiera.
- Cuenta con interruptores para el encendido de cada pantalla y el funcionamiento de cada circuito de forma independiente.
- El equipo está dividido en dos partes, tanto para la carga de pack como para la carga de baterías conjuntas.
- En la parte correspondiente a la carga de pack el cargador tiene 4 pulsadores que tienen las funciones de: 2 pulsadores para aumentar y disminuir voltaje de 0 a 30 V, 1 pulsador para cambiar el circuito de carga y descarga, y un pulsador STAR.
- Para la carga de baterías conjuntas el circuito consta de un teclado con el cual podemos seleccionar valores de voltaje de 24-48-72-96-120 voltios, con el mismo podemos iniciar la carga, cambiar el circuito de carga a descarga y finalizar la función.

DISEÑO DE LA PLACA FÍSICA

Diseño de circuitos en Proteus

El diseño del circuito impreso de la tarjeta del banco se lo realizó en el software Isis

Proteus. Es un paquete electrónico que ayuda a diseñar el circuito esquemático para luego obtener el circuito impreso con la característica de auto ruteo.

En el diagrama se puede observar el circuito diseñado para nuestro objetivo realizado en el programa.

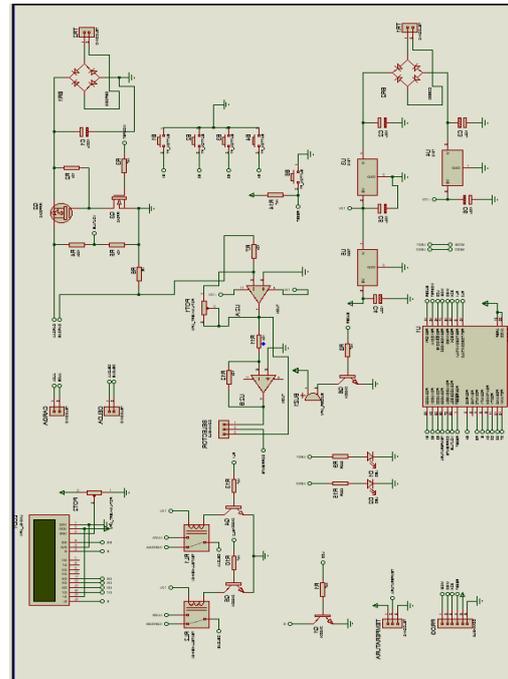


Figura: Circuito cargador de packs de baterías (Proteus)

Circuito de sensado de corriente

El sistema de sensado de corriente se lo realiza con un circuito amplificador que convierte el valor de corriente medido en la resistencia en voltaje que el microcontrolador puede leer y se utiliza un acondicionador de señal.

Con el sensado, la corriente de ingreso será convertido en voltaje hacia el micro controlador con valores de 0-5 voltios.

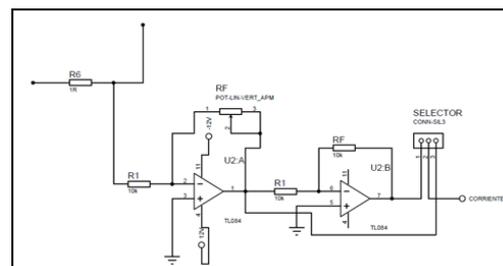


Figura: Sensor de corriente

Podemos variar la Resistencia de 0.1 - 1Ω
Teniendo una resistencia y una corriente de:

$$R=0.5 \Omega$$

$$I_c = 1A$$

Aplicando la Ley de ohm

$$V = I \times R$$

Ecuación Aplicando la Ley de ohm

Resolviendo la ecuación obtendremos:

$$V = 1A \times 0.5\Omega$$

$$V = 0.5 V$$

Circuito de sensado de voltaje

El sensado de voltaje ayuda a que la tensión de ingreso hacia el micro controlador no sea excesivo es decir es un circuito de protección.

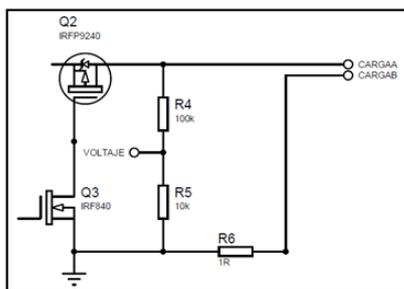


Figura: Sensor de voltaje

Divisor de voltaje con señal de ingreso a micro controlador:

$$V_R = \frac{V_{CC} * R}{R_1 + R}$$

Ecuación Divisor de voltaje

V_{CC}= Voltaje de entrada, voltaje máx. del transformador, R, R₁, R= Valores de resistencia.

Reemplazando los datos tenemos:

$$V_R = \frac{24v * 10k\Omega}{10k\Omega + 100k\Omega}$$

$$V_R = 2.18v$$

El circuito de accionamiento de relés es alimentado directamente del transformador de voltaje de 220V- 12V-1A.

Circuito de accionamiento de relés

El circuito de relés nos permite mediante el accionamiento de un pulsador activar o desactivar el circuito de carga, al momento de encender el cargado momentáneamente el circuito de carga estará funcionando, pero al oprimir el pulsador los relés abren el circuito de carga y se pone en funcionamiento el circuito de descarga.

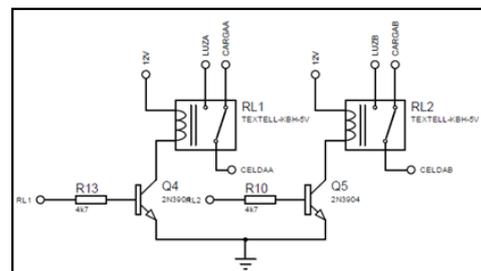


Figura: Circuito de relés

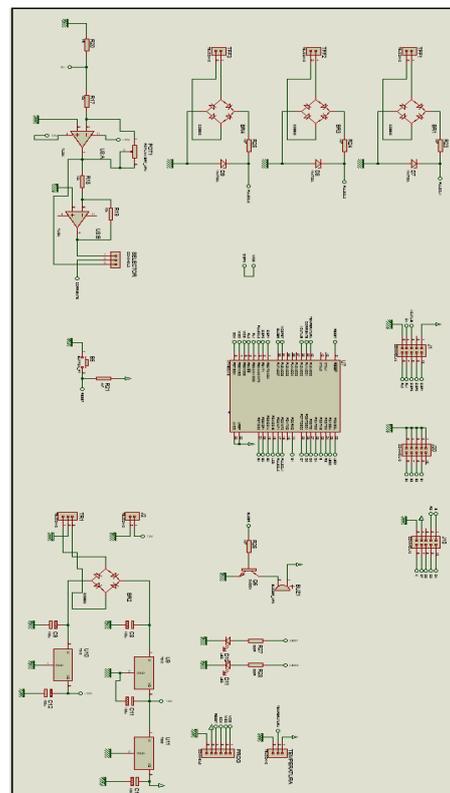


Figura: Circuito cargador de batería (Proteus)

Circuito conversor DC-DC

La conversión DC-DC es para obtener un voltaje más bajo según la necesidad, en el caso del cargado esta conversión se la realizó para obtener el voltaje y realzar la carga de la batería de forma controlada.

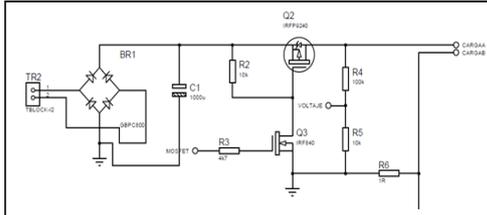


Figura Circuito conversor DC-DC

El promedio de voltaje de salida se define como

$$V_{out} = k * V_s$$

Ecuación Voltaje de salida del conversor DC-DC

Donde k es el porcentaje de ancho de pulso a la carga y el voltaje de salida está en función del porcentaje K y el voltaje de entrada.

La carga está definida del 0 al 100% de voltaje de salida entregando lo necesario para cargar la celda y cortando la energía cuando esta esté en plena carga.

Relación de K $0 < k < 1$ y con k al 50%

Remplazando valores tenemos:

$$V_{out} = 0.5 * 50V$$

$$V_{out} = 25V$$

Circuito fuente de energía

La fuente de energía es de 220-110 V como la principal de alimentación del cargador, pero tendremos transformadores de voltaje los cuales para cada placa nos alimenta con valores de tensión hasta 30 V para lo que es circuito de carga de forma controlada.

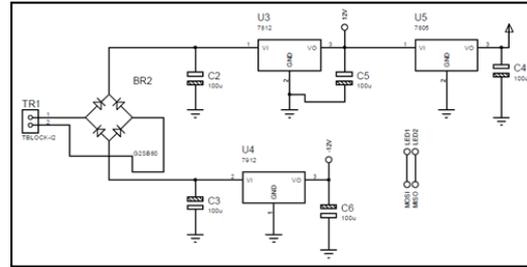


Figura Fuente de energía

Circuito de sensado de temperatura

El LM35 no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente, la baja impedancia de salida, su salida lineal y su precisa calibración hace posible que esté integrado sea instalado fácilmente en un circuito de control por lo que está colocado desde una bornera de la placa, alimentado con un voltaje de 5V y ubicado directamente hacia el IRF840 para sensar su temperatura.

Debido a su baja corriente de alimentación se produce un efecto de auto calentamiento muy reducido.

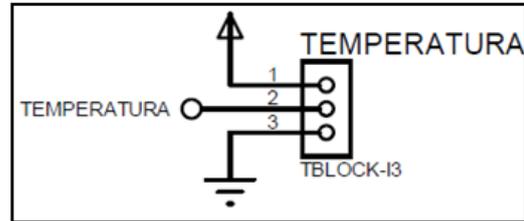


Figura Sensor de temperatura

Circuito de accionamientos de aviso

El cargador tiene un sistema de aviso conformado por un buzzer y un diodo led de color verde que se activan cuando la carga de la batería se encuentra completa, también consta de un diodo led color rojo que se activa cuando el circuito cambia de carga a descarga.

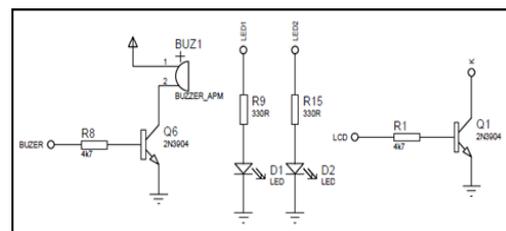


Figura Circuito de aviso

Elementos consumidores

Contamos con focos halógenos de 150 vatios y 35 vatios, para actuar como elemento de descarga al momento de comprobar la caída de voltaje de las baterías.

Para la descarga la corriente inicia su recorrido del positivo de la batería híbrida, el cual va tener tres interruptores que van a controlar los cinco focos halógenos con el fin de aumentar el tiempo de descarga.



Figura Halógenos de 150 vatios

Diseño de placa en Ares

Una vez realizado el diseño del circuito en Protus y comprobando su funcionamiento se exporta a Ares para proceder con el diseño de la placa.

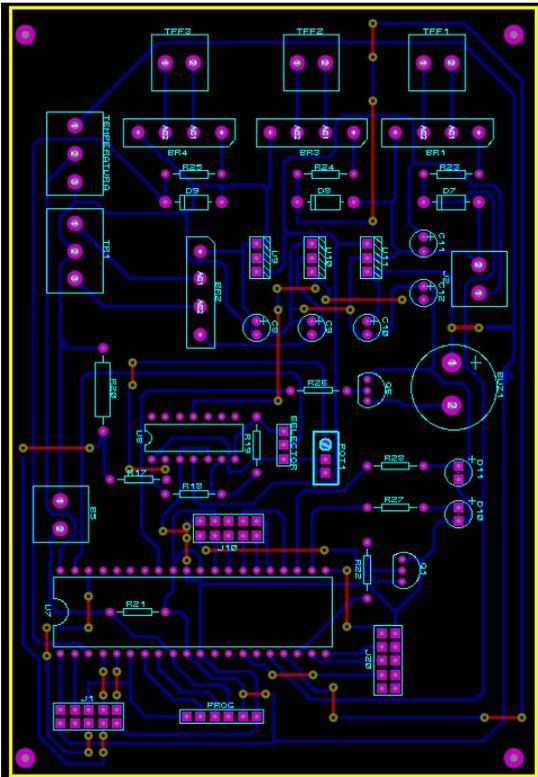


Figura Diseño de placa cargador de packs (Ares)

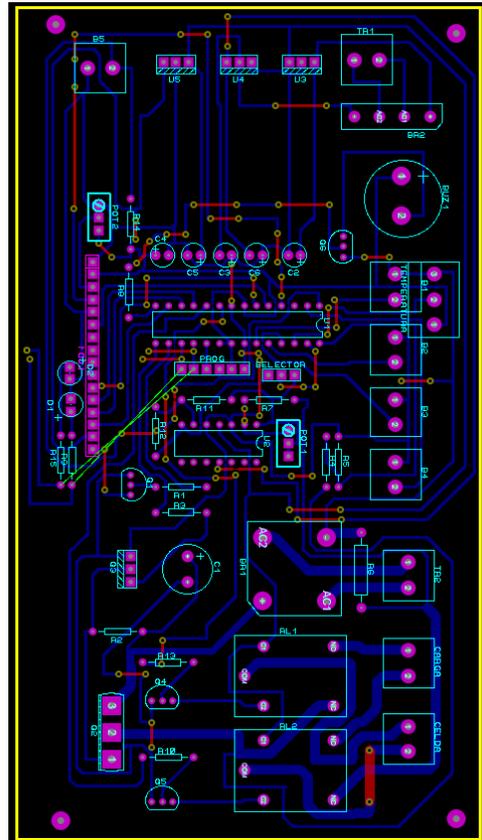


Figura Diseño de placa conversor de energia (Ares)

Los componentes requeridos para el banco se instaló en la parte interior del tablero de control, con sus respectivas trayectorias de circuitos, esto quiere decir la conexión entre las tarjetas y el banco.

Para la conexión de elementos y todo lo que conlleva a circuitería se utilizó cable mixto, color rojo para conexiones de polaridad positiva y color negro para conexiones de polaridad negativa

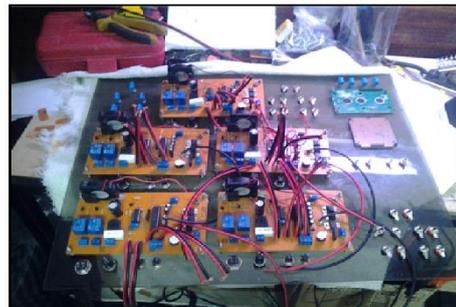


Figura Conexión de tarjetas

La conexión de los transformadores de voltaje se la hizo según su requerimiento: cada placa consta de 2 transformadores, uno que funciona con una corriente hasta de 2 A para la carga de Packs y otro de menor dimensión que maneja una corriente hasta de 0.5 A, para la alimentación de micro controlador, ventiladores, buzzer y leds.

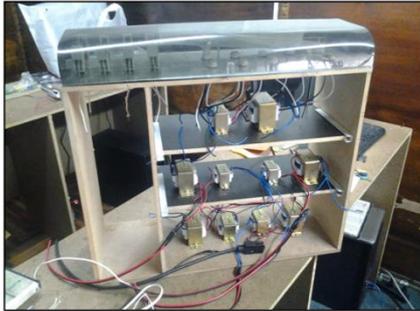


Figura Conexión de tarjetas

Se realizó una prueba de encendido para comprobar la efectividad de las conexiones realizadas, dando como resultado un excelente funcionamiento del cargador.



Figura Encendido del cargador

III. PRUEBAS

Para el mantenimiento y reparación de la batería HV debemos relacionar las caídas de tensión que sufre cada pack con los valores de las pruebas que se efectuó en el cargador, en este proceso analizamos si la batería HV se descalcifico internamente, obteniendo que vuelva a su mismo estado de carga y estado de descarga en la mayoría de los casos se debe realizar la limpieza de la chapas metálicas, el cambio de los cables de conducción eléctrica y los cables para el monitoreo de los sensores de temperatura que son un componente esencial.

Evolución de la tensión y temperatura del módulo durante la descarga.

Para un régimen de descarga dado, la tensión de las baterías sufre un ligero descenso casi lineal durante la mayor parte de la descarga (entre el 20% y el 80% de descarga) debido al lento incremento casi lineal de la resistencia interna. Las dos desviaciones más significativas se producen al comienzo y al final de la descarga.

En la curva de tensión se puede apreciar que la tensión permanece estable durante una gran parte del proceso de descarga, junto a esta está la evolución de la temperatura en función de la capacidad descargada expresada como un tanto por ciento de la capacidad nominal de la batería.

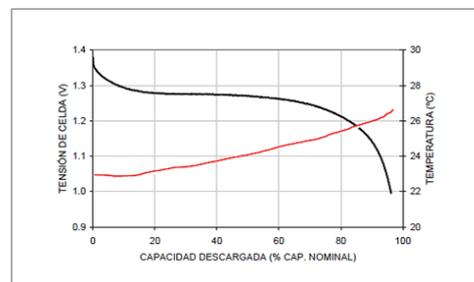


Figura Temperatura en función a la capacidad de descarga

Capacidad de descarga

Esta capacidad se obtiene sometiendo al módulo a una descarga total a corriente constante con dos halógenos conectados en paralelo que en este caso son de 12 V y 35 vatios cada uno.

De esta manera, se realiza un seguimiento de la tensión hasta que se alcanza el valor especificado de finalización de la descarga y con solo multiplicar el tiempo transcurrido para alcanzar esta tensión por la corriente de descarga utilizada se obtiene el valor de la capacidad de descargada.

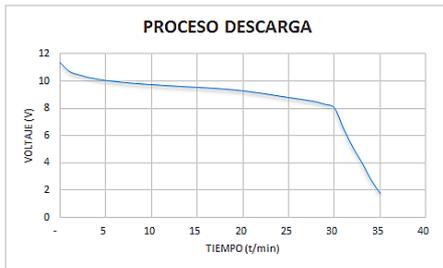


Figura Proceso de descarga de una batería HV

Influencia de la tensión de finalización de la descarga sobre la capacidad real de las baterías

El uso de valores más elevados de finalización de la descarga afecta a la precisión en la medida de la capacidad. La variación de la tensión en la parte lineal de la curva de descarga es muy pequeña por lo que si la medida de la tensión no es suficientemente precisa se producirá un error significativo en la capacidad.

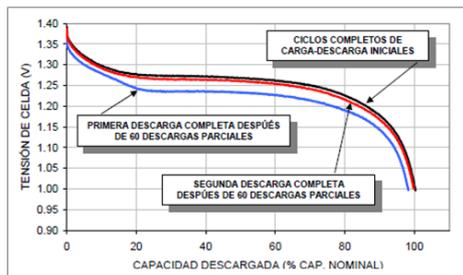


Figura Influencia de repetidos ciclos carga-descarga

El comportamiento de cada batería durante la descarga depende tanto de su estado como del entorno y de las condiciones de funcionamiento pero otro factor muy importante es la inversión de la polaridad de la celda.

En la batería de HV tenemos módulos y cada uno de ellos está conformado por celdas las cuales nunca están exentas de diferencias de comportamiento.

Las diferencias en la capacidad real de las celdas pueden provocar que una celda se desgaste totalmente antes que el resto, en este caso la celda de menor capacidad real determina la capacidad del módulo.

En este caso no se puede realizar un mantenimiento de cada una de las celdas simplemente realizar un mantenimiento al módulo para así intentar restaurar las propiedades de funcionamiento suficientes para su buen desempeño.

Aceptación de carga

Durante el proceso de carga no toda la energía suministrada por el equipo de carga se convierte en energía almacenada, disponible durante la siguiente descarga. Parte de la energía suministrada se pierde debido a reacciones parásitas que producen calor y generan gases.

La aceptación de carga del módulo caracteriza la eficiencia de la carga y no es más que la relación entre la capacidad descargada y la capacidad suministrada a la batería durante un ciclo completo de carga-descarga y en condiciones específicas y se ha demostrado que los módulos retienen la tensión suministrada por el equipo es decir la caída de voltaje que sufren es solo la descarga de tensión de vacío.

Otro índice importante que me permitió evaluar el buen estado de los módulos es el buen comportamiento que tienen especialmente cuando se utilizan razones de carga elevadas para recargar la batería. A esto le podemos llamar eficiencia energética del proceso de carga y es la relación entre la energía que es posible extraer del módulo durante su descarga respecto a la energía que se suministra durante la carga, en la práctica se realizó proceso de carga con tensiones de 15-20-25 Voltios que son valores que están por lo alto de la tensión nominal de los módulos y no se produjo ninguna anomalía.

Condiciones de carga que afecta la capacidad real que puede suministrar los módulos durante la descarga

Como ya se ha mencionado en secciones anteriores la razón de la carga utilizada y la temperatura de funcionamiento hacen variar los índices de comportamiento de la batería

y determinan su capacidad para aceptar carga rápida en condiciones óptimas.

La eficiencia de la carga de las baterías puede variar significativamente cuando se producen cambios de temperatura de funcionamiento. A medida que se eleva la temperatura de la batería sobre la temperatura ambiente, se reduce la aceptación de carga como la capacidad real de la misma y como ya es de nuestro conocimiento, el bloque 3 está expuesto a altas temperaturas debido a su ubicación a pesar de tener un sistema disipador de calor en el vehículo.

La recarga del módulo supone un tiempo de 51 minutos, algo aproximado a una hora y la eficiencia del proceso no es del 100%.

La aceptación de carga observada es baja debido a que al inicio de las pruebas la tensión de vacío se redujo en un porcentaje mayor al valor que ya habíamos deducido anteriormente.

RAZON DE CARGA DE 0,5 a 0,7 AMPERIOS Y TEMPERAURA AMBIENTE	
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS)	51
CAPCIDAD SUMINISTRADA (% CAP. NOMINAL)	98,5
CAPACIDAD DESCARGA (% CAP. NOMINAL)	94,4
ACEPTACIÓN DE CARGA (%)	96,2
EFICIENCIA ENERGÉTICA (%)	84,5
INCREMENTO DE TEMPERATURA (°C)	21

Cuadro Resumen de características de funcionamiento del módulo corriente de carga de 0,5-0,7 A

RAZON DE CARGA DE 0,7 a 1 AMPERIOS Y TEMPERAURA AMBIENTE	
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS)	46
CAPCIDAD SUMINISTRADA (% CAP. NOMINAL)	68,1
CAPACIDAD DESCARGA (% CAP. NOMINAL)	64,2
ACEPTACIÓN DE CARGA (%)	94,2
EFICIENCIA ENERGÉTICA (%)	80,1
INCREMENTO DE TEMPERATURA (°C)	25

Cuadro Resumen de características de funcionamiento del módulo corriente de carga de 0,7-1 A

- Al realizar la descarga no se permite que el voltaje se reduzca a 0, si el pack tiene problemas su carga no se realiza

en forma completa, se recomienda reducir el voltaje a 6V.

- La reparación se lograra a pesar de que la celda no esté en óptimas condiciones pero se lograra aprovechar si realizamos la carga y descarga de la misma durante varias ocasiones.

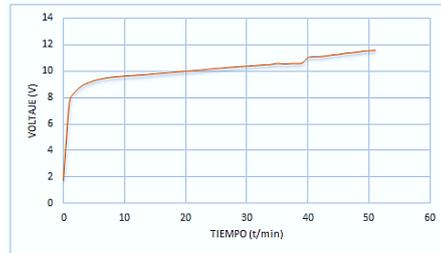


Figura Proceso de carga módulo de batería

Sea cual sea la forma de conexión, si la caída de voltaje es muy grande, se deberá realizar una carga lenta, es decir, cargar los packs de batería por lo menos durante ocho horas, esto con el fin de acondicionar a los packs de batería e intentar recuperarlos.

IV. CONCLUSIONES.

Al culminar el presente trabajo de investigación, ponemos en consideración las siguientes conclusiones, a fin de que sean atendidas por quienes utilicen el presente trabajo como fuente de consulta.

- Se construyó un cargador de baterías híbridas para la puesta a punto de las mismas generando una tensión de 0 a 30 voltios para la carga de pack, capaz entregar la información de su estado de forma visual.
- Se determinó un proceso adecuado de mantenimiento, que permitió crear el procedimiento de uso detallado en el presente trabajo.
- Se estableció que para la comprobación del estado de las baterías se debe realizar las pruebas por pack, para lo cual se cuenta con 5 cargadores de pack de baterías híbridas en el equipo.
- Se determinó que una vez cargados los packs, el voltaje acumulado no es permanente a pesar de no estar siendo

usados ya que existe una caída de voltaje, el mismo que no va a ser igual ya que depende mucho del estado de cada módulo.

- Se comprobó que el tiempo de carga de un pack es muy similar al tiempo que se demora al cargar varios pack en conexión en serie, debido que en esta conexión solo se suman los voltajes pero su corriente no tiene mucha variación en el momento de carga.
- Todo análisis o diagnóstico del estado de pack o módulo de una batería de alto voltaje se lo puede realizar en el proceso de carga-descarga, acondicionamiento de la misma.

(Segunda ed., Vol. 2). (L. G. Cedeño, Ed., & R. Cruzado, Trad.) México, Naucalpan de Juárez, México. Recuperado el Mayo de 2014

- Toyota Motor Corporation. (2012). Manual de desguace de la batería de HV toyota Prius serie NHW20.
- Toyota Motor Corporation. (2012). Manual de desguace de la batería de HV Toyota Yaris Serie NHP130.
- Toyota Motor Corporation. (2012). Manual del desguace del vehículo híbrido Lexus GS 450h serie GWL10.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Augeri, F. (2011). Híbrido II. Buenos Aires: Cise Electronics Corp.
- Augeri, F. (2011). Híbridos I. Buenos Aires: Cise Electronics Corp.
- Augeri, F. (2012). Introducción al sistema híbrido. Buenos Aires: Cise Electronics Corp.
- Augeri, F. (2013). Notas Técnicas Vehículos Híbridos. Buenos Aires: Cise Electronics Corp
- Cahuasqui, Á. (2012). Autos Híbridos.
- Fitsa. (2007). Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia. España.
- Marcías, M., Meza Barrón, C. F., Modesto Hernández, J. L., & Rodríguez Meza, J. A. (2004). Construcción de un Automóvil Híbrido. Guadalajara, México.
- Martínez, J. (2012). Vehículos Híbridos. Quito.
- Muñoz, M. (2008). Implementación y estudio de un sistema de frenado regenerativo. Cartagena, Colombia.
- Rashid, M. (1993). Circuitos, dispositivos y aplicaciones

NETGRAFÍA

- Componentes de vehículos híbridos. (2014). Obtenido de <http://www.MecanicoAutomotriz.org>
- DatasheetCatalog.com. (2014). Recuperado el 16 de Abril de 2014, de <http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/dccomponents/KBPC1510.pdf>.
- Especialización, P. d. (2014). Obtenido de <http://www.cise.com/portal/historia/itemlist/category/120-programa-de-especializaci%C3%B3n-en-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html>.
- Fitsa. (2007). Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia. España.
- Híbridos, C. d. (2014). Recuperado el 18 de Abril de 2014, de <http://www.MecanicoAutomotriz.org>
- Híbridos.(2014).Obtenido de <http://www.cise.com/portal/historia/itemlist/category/120-programa-de-especializaci%C3%B3n-en-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html>. (Mayo de 2014).
- MOTORS, G. (2013). GM GlobalConnect . Recuperado el 05 de Julio de 2013, de

VI. BIOGRAFÍA.



Miguel Ávila, nació en Quito, Ecuador. Es ingeniero Automotriz, estudio en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE



Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Maestría en Sistema Energías y Administración de Empresas, Docente Tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz.



Leonidas Quiroz, nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje Universitario Maestría en Sistema de Energías, Docente Tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE desde 2006. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en ingeniería mecánica y electrónica automotriz.