



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UNA CARGA ELECTRÓNICA VARIABLE PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y
BATERÍAS”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ELÉCTRICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

CRISTIAN MANUEL LASCANO BRIONES

RUBÉN DARÍO MENDOZA MARCHÁN

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, la fuerza intelecto y perseverancia necesarias para llegar hasta este punto tan importante mi vida.

A mi madre Jenny Lascano por ser mi sustento y darme fuerzas y apoyo cuando más lo necesité.

A familiares, amigos y profesores que estuvieron apoyando en este proyecto y a lo largo de todos los años de estudio y preparación.

Cristian Manuel Lascano Briones.

A Dios, quien motivo e inspiró mi espíritu, brindo salud y lleno de fuerzas para concluir este objetivo tan anhelado.

Con todo mi cariño para mis padres, hermanos, esposa e hija, quienes siempre me apoyaron a culminar mis estudios superiores, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento:

Mi familia.

Gracias a esas personas importantes, que siempre estuvieron prestas para brindarme todo su apoyo y ayuda necesaria cuando la requería, con el mayor afecto y consideración a ustedes:

Profesores de Espol.

Amigos.

Rubén Darío Mendoza Marchán.

DEDICATORIA

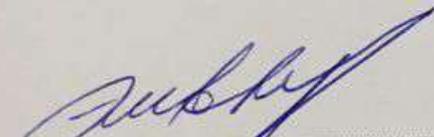
Dedico el presente proyecto a mi madre Jenny Lascano por ser mi apoyo y sustento incondicional para salir adelante con mis metas y a mi hermano Jorge Mera por ser un motivo más para superar los obstáculos.

Cristian Manuel Lascano Briones.

Dedico el presente proyecto con el mayor aprecio y cariño a mis padres, hermanos, esposa e hija, quienes siempre me apoyaron a culminar mis estudios y fueron la fuente de energía para alcanzar esta meta tan anhelada, para ustedes por siempre mi corazón.

Rubén Darío Mendoza Marchán.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



MSc. Alberto Larco

PROFESOR EVALUADOR

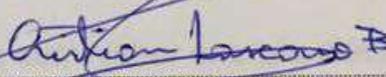


PHd. Wilton Agila

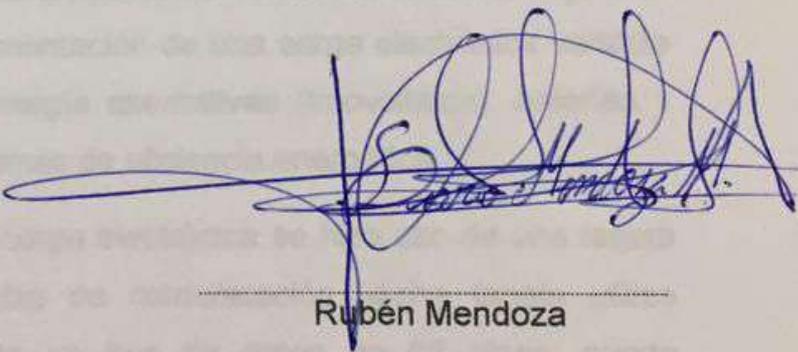
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Cristian Lascano



Rubén Mendoza

RESUMEN

En el mundo entero, la fuerte demanda energética debido al incremento desmesurado del sector industrial está provocando un alto grado de emisiones contaminantes a la atmosfera. Es por eso que la aportación de la realización de este proyecto es contribuir al estudio y desarrollo de energías limpias en el país [1].

El presente trabajo es para caracterizar paneles solares y baterías, se utilizó la energía solar como fuente de energía renovable, la cual se capta a través de paneles solares fotovoltaicos debido a las características de construcción de los mismos y se almacena en baterías como energía eléctrica para suministrar electricidad a diversos equipos eléctricos.

Para realizar las pruebas de este proyecto se necesita suministrar energía eléctrica, es necesario conocer el comportamiento y las limitaciones de la fuente de energía ante una u otra carga, para el correcto funcionamiento de todo el sistema. Bajo este contexto, se propone el diseño e implementación de una carga electrónica variable que permita caracterizar fuentes de energía alternativas (fotovoltaica), baterías y sistemas híbridos de energía. además para futuras mejoras y desarrollo de sistemas de eficiencia energética.

Se requiere modelar la fuente, para ello se estudia la reacción que tiene al ser conectada a diferentes estados o condiciones de cargas.

Se hizo uso de una tarjeta electrónica de interfaz de comunicación (NIPCIe 6321), utiliza comunicación punto a punto mediante un bus de datos de 68 pines, puede con la cual por medio de programación realizada en MATLAB con su librería SIMULINK se controla el accionamiento y modelamiento de una carga eléctrica.

el Mosfet IRFZ44N de la carga que Matlab al poner en funcionamiento la carga establecida en el programa conectada a la fuente, se puede observar graficas que muestran el comportamiento de la fuente y también se mostrará el comportamiento de un sistema equivalente simulado, con el cual se lo pueden comparar y concluir si dicha fuente cubre los requerimientos del sistema.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	v
DECLARACIÓN EXPRESA	vi
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
CAPÍTULO 1	1
1 DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS GENERALES:.....	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
1.4 ALCANCES	2
1.5 LIMITACIONES	2
CAPÍTULO 2.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 MATLAB	4
2.2 SIMULINK.....	4
2.3 PCIe	4
2.4 PWM.....	5
2.5 COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO.....	5

2.6	SEÑALES DE CONTROL.....	5
2.7	AISLAMIENTO DE SEÑALES	6
2.8	TARJETA NI PCIE-6321.....	6
2.9	MÓDULO SCB-68A.....	9
2.10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO (SUNLINK SL080-12M100) 10	
2.11	BATERÍA (RITAR RA12-150)	11
CAPÍTULO 3.....		13
3.	IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO.	13
3.1	FUENTE DE VOLTAJE.	16
3.2	CIRCUITO DE POTENCIA.....	17
3.3	GENERADOR DE PULSOS.....	18
3.4	CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO Y AISLAMIENTO DE ETAPAS. 20	
3.5	MEDICIÓN DE PARÁMETROS	22
CAPÍTULO 4.....		24
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
BIBLIOGRAFÍA.....		46
ANEXOS.....		47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama de bloques.....	4
Figura 2.2	Modelo de tarjeta NI PCIe_6321	7

Figura 2.3 Módulo SCB-68-A.....	10
Figura 3.1 Diagrama de bloque de etapa de control.....	13
Figura 3.2 Pines de salida (Modulo SCB-68A)	14
Figura 3.3 Diagrama de bloque de etapa de fuerza.....	15
Figura 3.4 Diagrama de bloques de fuente de voltaje.....	16
Figura 3.5 Fuente de voltaje	17
Figura 3.6 Circuito de potencia	17
Figura 3.7 Placas de circuitos electrónicos.....	18
Figura 3.8 Generador de pulsos	20
Figura 3.9 Circuito de aislamiento de etapas.....	21
Figura 3.10 Circuito gate driver.....	21
Figura 3.11 Sensores de corriente y placa de conexiones	23
Figura 4.1 Esquema electrónico Controlador de la carga solar	24
Figura 4.2 Control del proyecto construido en Simulink.....	25
Figura 4.3 Paneles fotovoltaicos conectados en paralelo.....	26
Figura 4.4 Controlador de la carga Solar	27
Figura 4.5 Circuitería de controlador de la carga solar	27
Figura 4.6 Corriente en la carga al 30%	28
Figura 4.7 Corriente en la batería al 30% de la corriente de la carga	28
Figura 4.8 Control PWM al 30% de la corriente de la carga	29
Figura 4.9 Corriente de paneles al 30% de la corriente de la carga	29
Figura 4.10 Voltaje de batería al 30% de la corriente de la carga.....	30
Figura 4.11 Voltaje de paneles al 30% de la corriente de la carga	30
Figura 4.12 Corriente de la carga al 40%	31
Figura 4.13 Corriente de batería al 40% de la corriente de la carga	31
Figura 4.14 Control PWM al 40% de la corriente de la carga	32
Figura 4.15 Corriente de paneles al 40% de la corriente de la carga	32
Figura 4.16 Voltaje de batería al 40% de corriente en la carga	33
Figura 4.17 Voltaje de paneles al 40% de corriente en la carga.....	33
Figura 4.18 Corriente de la carga al 50%	34

Figura 4.19 Corriente de batería al 50% de corriente en la carga	34
Figura 4.20 Control PWM al 50% de corriente en la carga	35
Figura 4.21 Corriente de paneles al 50% de corriente en la carga	35
Figura 4.22 Voltaje de batería al 50% de corriente en la carga	36
Figura 4.23 Voltaje de paneles al 50% de corriente en la carga	36
Figura 4.24 Corriente de la carga al 60%	37
Figura 4.25 Corriente de batería al 60% de corriente en la carga	37
Figura 4.26 Control PWM al 60% de corriente en la carga	38
Figura 4.27 Corriente de paneles al 60% de corriente en la carga	38
Figura 4.28 Voltaje de batería al 60% de corriente en la carga	39
Figura 4.29 Voltaje de paneles al 60% de corriente en la carga	39
Figura 4.30 Corriente de la carga al 70%	40
Figura 4.31 Corriente de batería al 70% de corriente en la carga	40
Figura 4.32 Corriente de paneles al 70% de corriente en la carga	41
Figura 4.33 Control PWM al 60% de corriente en la carga	41
Figura 4.34 Voltaje de batería al 70% de corriente en la carga	42
Figura 4.35 Voltaje de paneles al 70% de corriente en la carga	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Entrada Analógica NI PCIe_6321	7
Tabla 2: Salida Analógica NI PCIe_6321	8
Tabla 3: Resumen E/S Digital NI PCIe_6321	8

Tabla 4: Entrada Digital NI PCle_6321	9
Tabla 5: Salida Digital NI PCle_6321.....	9
Tabla 6: Especificaciones Físicas NI PCle_6321.....	9
Tabla 7: Especificaciones Tècnicas de Panel Solar.....	11
Tabla 8: Información Técnica de Bateria (RA12-150).....	12
Tabla 9: Resultados de prueba de la carga	43

CAPÍTULO 1

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN.

Décadas atrás a este tiempo, el mundo se está viendo seriamente enfrentado a problemas energéticos, debido al consumo excesivo y por ende agotamiento de las reservas mundiales de petróleo, la cual se utiliza con alta frecuencia en nuestros días como una de las principales fuentes directa de energía, con lo cual contribuye con la emisión de contaminantes a la atmosfera. Una de las razones principales es el aumento de consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento del sector industrial [2].

En la última década se ha incentivado el uso de energía renovable como una medida de solución al crecimiento de la demanda de energía eléctrica, bajo este contexto el gobierno actual del Ecuador promueve un cambio en la Matriz Energética, impulsando el desarrollo de un programa de eficiencia energética [3].

Lo cual involucra a universidades, es por ello que la Escuela Superior Politécnica del litoral (ESPOL) mediante el desarrollo de proyectos de investigación de nuevas fuentes de energías limpias y renovables contribuir con el cambio de la Matriz Energética, planteando un sistema de medidas que contribuyan a mejorar la eficiencia energética reduciendo emisiones contaminantes a la atmósfera.

Es por este motivo, que en el presente proyecto se usó la captación de los rayos solares mediante paneles fotovoltaicos como fuente de energía limpia y renovable para suministrar energía eléctrica o ser almacenada en baterías, que posteriormente suministrará energía eléctrica al sistema en ausencia de los rayos solares.

El proyecto tiene como factor principal, diseñar una carga electrónica programable, con la cual se podrá realizar pruebas a diversas fuentes para

poder conocer su comportamiento ante una carga de características específicas.

1.2 OBJETIVOS GENERALES:

- Diseñar una carga electrónica programable. Implementar la carga electrónica programable diseñad

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- la Desarrollar una carga electrónica programable.
- Realizar pruebas a una fuente conectada a la carga electrónica programable.
- Simular un modelo matemático equivalente a la fuente a ser probada junto con la carga en Simulink.
- Obtener gráficas de las respuestas del sistema real y simulado.
- Comparar resultados de ambos sistemas.

1.4 ALCANCES

Al ya existir tecnología desarrollada de la cargas electrónicas, lo que se busca es desarrollar una carga electrónica para ser utilizada en los laboratorios de Investigación Desarrollo e Innovación de Sistemas Computacionales (CIDIS), para realizar pruebas y estudios

Utilizar energías alternativas limpias, como las renovables, para sustituir progresivamente las fuentes de energía que funcionan con combustibles fósiles. en otros proyectos también pertenecientes al laboratorio de desarrollo.

1.5 LIMITACIONES

Para este proyecto una de las limitaciones significativas es el alto costo de la inversión inicial para la implementación y desarrollo de este sistema, ya que algunos de los elementos de este sistema no se fabrican en el país, como los paneles fotovoltaicos, el controlador de la carga y la tarjeta de desarrollo NI PCIe 6321.

Otro punto a considerar y no menos importante es que esta tecnología ya está desarrollada en un porcentaje muy elevado en otros países que están a la vanguardia en el contexto de suministro de energía eléctrica mediante el uso de energía limpia y renovable. **CAPÍTULO 2**

2. MARCO TEÓRICO22.

Se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura que se llevó a cabo este proyecto, esclareciendo el manejo del sistema en las diferentes etapas como la de control y fuerza, la interconexión entre los diferentes equipos para ambas etapas se puede apreciar con las líneas de color celeste y rojo respectivamente como se muestra en la figura 2.1

A lo largo de este capítulo serán descritas las partes mostradas en el diagrama de bloques antes mencionados como también criterios y conceptos usados en el proyecto.

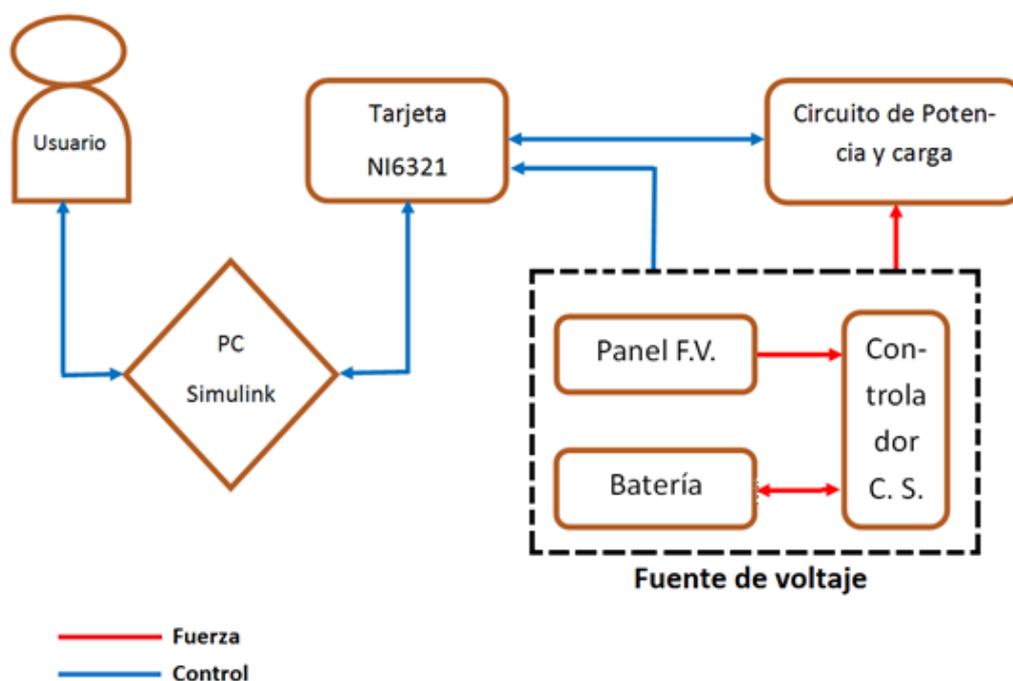


Figura 2.1 Diagrama de bloques

2.1 MATLAB

Su nombre proviene de Mat que significa (Matriz) y Lab que significa (Laboratorio), laboratorio de matrices.

Es un software matemático que tiene un entorno de desarrollo integrado con su propio lenguaje de programación, lenguaje M, se encuentra disponible para varios sistemas operativos. Es muy usado en centros de estudios, investigación y universidades ya que cuenta con muchas prestaciones, como versatilidad, compatibilidad con diferentes plataformas, entre otras. [4]

Cuenta con varias herramientas y librerías adicionales como Simulink que se utilizó para simulaciones y modelamiento de nuestro sistema.

2.2 SIMULINK

Es una herramienta de programación visual de bloques que pertenece a Matlab, cuenta con bloques o funciones muy básicas como también otras más complejas como lo es la representación de una maquina completa.

Entonces Simulink se constituye como una herramienta muy útil y completa para la simulación de sistemas y modelos, es muy usado en ingeniería electrónica con varias aplicaciones como el procesamiento digital de señales (DSP).

Por medio de su librería xPC Target, Simulink nos permite enviar la señal de control al sistema usando la tarjeta NI-6321; también podremos leer o recibir señales sensadas en diferentes partes de interés y así monitorear los parámetros del sistema. [5]

2.3 PCIe

Viene de las siglas en ingles correspondientes a Interconexión de componentes periféricos exprés, constituye un estándar para la conexión de sistemas periféricos a un computador de escritorio. Las tarjetas de expansión con este

tipo de conexión toman el mismo nombre más un código o modelo que es asignado por el fabricante.

Estas tarjetas sirven para potenciar el computador añadiendo funciones o características específicas, las tarjetas más comunes aumentan la memoria del computador; otras tarjetas permiten desarrollo de aplicaciones y proyectos por medio de la adquisición de datos y generación de señales.

2.4 PWM

Modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation) consiste en controlar el tiempo de conducción de un dispositivo de conmutación, el cual permite el paso de una señal. Con el control del tiempo de conducción se puede aumentar o disminuir la potencia de salida de un elemento variando su ciclo de trabajo.

En el presente proyecto el PWM se utiliza para la variar del ciclo de trabajo (Ton) del Mosfet de potencia para lo cual se utilizó el integrado (IRFZ44N) para variar el voltaje promedio con el que se alimentará la carga resistiva, ya que el voltaje promedio es directamente proporcional al ciclo de trabajo o tiempo de encendido (Ton). [6]

2.5 COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO

En la arquitectura de la comunicación punto a punto el bus de datos se utiliza únicamente para comunicar dos nodos. Los elementos de la red se consideran como iguales pudiendo tomar cada uno la función de esclavo o maestro respectivamente.

Al transcurrir los ciclos de trabajo los nodos se alternan entre si la función de maestro y esclavo; cuando el primer nodo trabaja como maestro, el segundo nodo trabaja como esclavo, cuando el primer nodo trabaja como esclavo, el segundo nodo trabaja como maestro y así sucesivamente varían su función.

En este proyecto se utilizó un bus de datos de 68 pines que es el medio físico por el cual se ejecuta esta comunicación punto a punto.

2.6 SEÑALES DE CONTROL

Las señales de control son usadas en diferentes tipos de sistemas eléctricos para comandar elementos que pueden manejar una mayor potencia que los elementos de control, a la parte del sistema que recibe las señales de control lo llamamos circuito de potencia, también se llama señales de control, a lecturas que se realizan a diferentes parámetros o variables de un sistema (censado de señales)

Las señales que se utilizó en la retroalimentación del sistema de control, son generadas por el circuito de fuerza la cual se acondiciono mediante una circuitería electrónica.

Adicionalmente se generará una señal de control en nuestro proyecto, esta es un PWM que llegará a la compuerta del Mosfet de potencia. También serán censados diferentes parámetros del sistema, como la corriente de la carga, corriente de la batería y de los paneles fotovoltaicos además de sus voltajes.

2.7 AISLAMIENTO DE SEÑALES

Al manipular sistemas donde se cuenta con circuitos eléctricos por el cual circula mayor intensidad de corriente (Circuito de Fuerza) teniendo en consideración por “mayor” cien veces superior o más a circuitos por el cual circula menor intensidad de corriente (Circuito de Control), se tiene que separar las señales que ambos emiten ya que las señales de fuerzas, en general son de mayor intensidad que las señales de control, motivo por el cual las señales de fuerza pueden dañar elementos de la circuitería de control.

Los elementos llamados opto-acopladores son muy usados en circuitería electrónica para aislar eléctricamente la etapa de control de la fuerza, reciben una señal en la etapa de control del circuito y transmite un suceso deseado a la etapa de fuerza del circuito.

2.8 TARJETA NI PCIE-6321

Es una tarjeta de desarrollo fabricada por National Instruments que permite obtener señales y también generarlas por medio de drivers, software de simulación como Simulink y Labview, esta debe ser insertada en un slot de tipo

PCIe dentro de la computadora la tarjeta utilizada en desarrollo de este proyecto se muestra en la 2. [7]

Figura 2.2 Cuenta con múltiples entradas y salidas, tanto analógicas como digitales e incluye un sensor de temperatura. Los datos de las tablas que se muestran a continuación es información veraz del fabricante que se consideró y utilizó en el dimensionamiento de los diferentes equipos eléctricos, acondicionamiento de señales de la tarjeta .Las entre sus distintas características

Entrada Analógica	
Canales de una sola terminal	16
Canales diferenciales	8
Resolución de entrada analógica	16 bits
Rango de voltaje máximo	
Rango	[-10,10]V
Presión	2.2mV
Rango de voltaje mínimo	
Rango	[-0.2,0.2]V
Presión	69uV

Tabla 1: Entrada Analógica NI PCIe_6321

En la tabla 1 al igual que la tabla 2 se muestra las características de las entradas analógicas de la tarjeta NI-6321, donde podemos resaltar los límites de voltaje, capacidad de corriente que pueden admitir o suministrar y la velocidad con la que puede leer o escribir un valor.

Salida Analógica

Número canales	2
Resolución	16 bits
Rango de voltaje máximo	
Rango	[-10,10]V
Presión	3.27mV
Razón de actualización	900 kS/s
Capacidad de corriente simple	5 mA

Tabla 2: Salida Analógica NI PCIe_6321

El resumen de las entradas y salidas digitales de la tarjeta NI-6321 donde se observa los niveles lógicos y la frecuencia máxima de reloj que puede generar se muestra a continuación en la tabla 3.

Entrada/Salida Digital	
Canales bidireccionales	24
Canales de entrada únicamente	0
Canales de salida únicamente	0
Máxima velocidad de reloj	1 MHz
Niveles lógicos	TTL
Filtros de entrada programables	Si
¿Soporta estados de encendido programables	Si

Tabla 3: Resumen E/S Digital NI PCIe_6321

En la tabla 4 se muestran en detalle las especificaciones de las entradas digitales, donde se aprecian los valores lógicos de voltaje que proporciona la tarjeta y el tipo de entrada.

Entrada Digital

Tipo de entrada	Sinking Sourcing
Rango de voltaje máximo	[0-5]V

Tabla 4: Entrada Digital NI PCIe_6321

En la tabla 5 se muestran en detalle las especificaciones de las salidas digitales, donde se aprecian los valores lógicos de voltaje que proporciona la tarjeta y la capacidad de corriente que puede suministrar la misma.

Salida Digital

Tipo de entrada	Sinking Sourcing
Rango de voltaje máximo	[0-5]V
Capacidad de corriente simple	24 mA
Capacidad de corriente total	576 mA

Tabla 5: Salida Digital NI PCIe_6321

En la tabla 6 se muestran en detalle las especificaciones físicas de la tarjeta NI-6321 y el conector que utiliza para conectarse con su módulo de pines de salida (SCB-68A).

Especificaciones Físicas

Longitud	16.8 cm
Ancho	50 mm
Altura	9.9 cm
Conector E/S	VHDCI hembra 68p

Tabla 6: Especificaciones Físicas NI PCIe_6321

2.9 MÓDULO SCB-68A

Es un bloque blindado de conexiones como se muestra en la figura 2.3, puede ser usado por diversos dispositivos DAQ de la familia National Instruments. Servirá para realizar las conexiones de control y mediciones que realizarán la

tarjeta NI PCIe_6321, se conecta al computador por medio de un cable proporcionado por el fabricante (National Instruments), cuenta con 68 pines de entrada y salida.

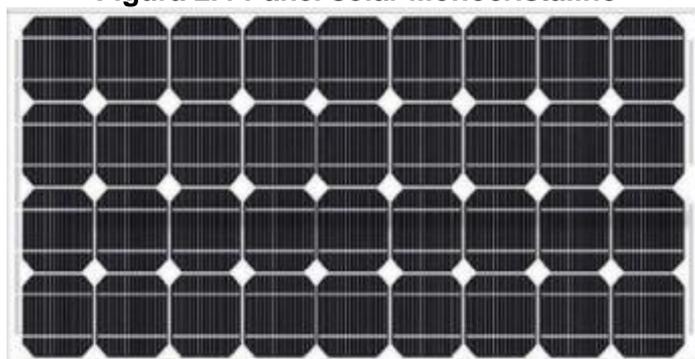


Figura 2.3 Módulo SCB-68-A

2.10 PANEL SOLAR MONOCRISTALINO (SUNLINK SL080-12M100)

Los paneles fotovoltaicos son capaces de convertir la energía lumínica que perciben sobre su superficie en energía eléctrica, por el principio fotoeléctrico.

Figura 2.4 Panel solar Monocristalino



La figura 2.4 muestra el panel usado (Sunlink SL080-12M100) en el desarrollo del presente proyecto, el cual emplea solamente obleas de células solares. La

energía solar es la que se aprovecha en el funcionamiento de un sistema fotovoltaico tomando en consideración las especificaciones técnicas del panel como se muestra en la tabla 7.

Parámetro	Valor
Potencia nominal	100 W
Voltaje nominal	17.2 V
Corriente máxima	5.81 A
Voltaje C.A.	21.6 V
Grado de protección	IP65
Número de células	36
Tecnología Monocristalino	
Longitud	1196 mm
Ancho	533 mm
Altura	35 mm

Tabla 7: Especificaciones Técnicas de Panel Solar

Los paneles fotovoltaicos producen un voltaje de 17.2 Vdc y 6 amperios aproximadamente ante una situación de la carga máxima, ideal para cargar baterías de hasta 100 Ah de 12 voltios y compatibles con conectores MC4.

2.11 BATERÍA (RITAR RA12-150)

Es un acumulador de energía que funciona a base del principio electroquímico, genera electricidad a partir de energía química almacenada, dicha batería se ilustra en la figura 2.5 la cual se utilizó en el desarrollo de este proyecto.



Figura 2.5 Bateria (RA12-150)

Está conformada por una celda positiva llamada ánodo, una celda negativa llamada cátodo y electrolitos los cuales permiten a los iones moverse a través de los electrodos haciendo fluir corriente a partir de la diferencia de potencial entre ellos, libre de mantenimiento y usados frecuentemente en sistemas de iluminación de emergencia, sistemas de energía solar o eólica, nivelación de la carga y equipos de almacenamiento, para lo cual es preciso conocer las especificaciones técnicas de la batería como se muestra en la tabla 8.

Parámetro	Valor
Numero de celdas	6
Voltaje	12 V
Resistencia interna	4 mΩ
Máxima corriente de descarga	1500 A (5sec)
Temperatura de operación normal	25 °C ±5°C
Voltaje de la carga	[13.6 13.8]V
Corriente de la carga máxima	45 A
Longitud	483 mm
Ancho	170 mm
Altura	240 mm

Tabla 8: Información Técnica de Bateria (RA12-150)

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO.

Para la construcción una Carga Electrónica Variable para la Caracterización de Paneles Fotovoltaicos y Baterías se implementará un circuito de electrónica de potencia sencillo compuesto por la fuente de energía que será un panel fotovoltaico, una batería como acumulador de energía, un conmutador o switch de potencia (IRFZ 44N) y la carga resistiva física, además de pequeños circuitos electrónicos necesarios para el acondicionamiento de señales y control. Se muestra el diagrama de bloques de la etapa de control y comunicación del proyecto en la ffigura 3.1.

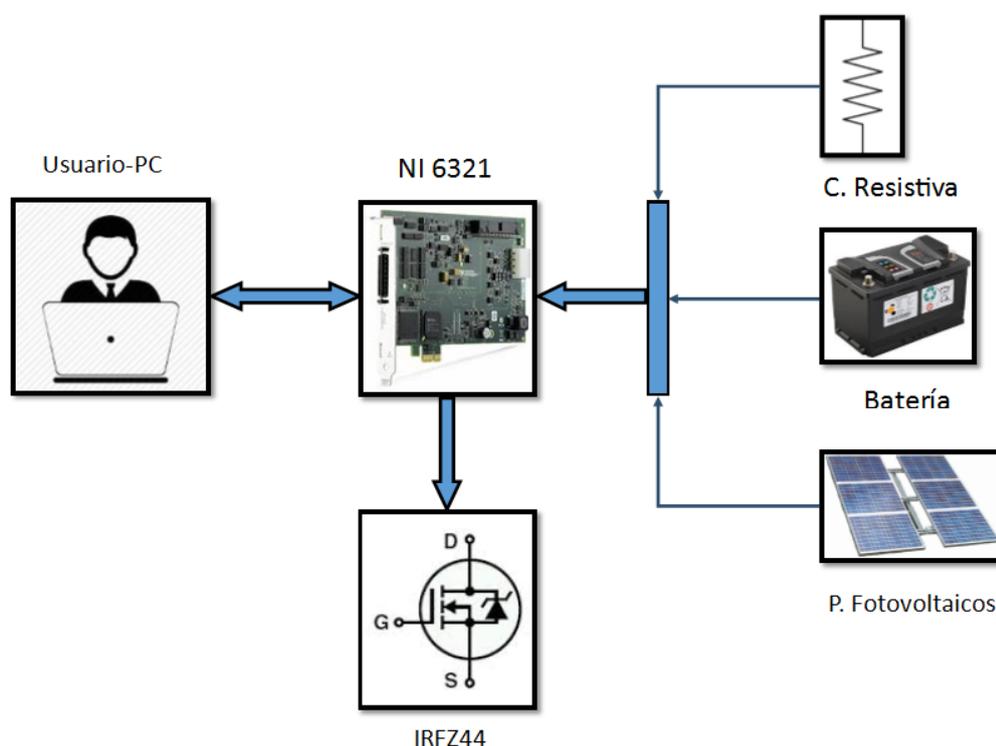


Figura 3.1 Diagrama de bloque de etapa de control.

El control se ejerce desde el computador mediante un programa realizado en Simulink, una de las librerías de Matlab software por medio del cual se comunica con la tarjeta NI PCIe 6321, usando un bus datos con comunicación punto a punto hasta el módulo SCB-68A, donde recepta las señales de censado de la carga, paneles y batería; como también emite las señales de control de pulsos (PWM) que se efectúa sobre la compuerta del MosFET IRFZ 44N.

Para poder controlar el proyecto se desarrolló un programa en Simulink el cual por medio de la tarjeta mencionada NI-6321 se envían los comandos de control de pulsos al circuito, también por medio de la tarjeta se midieron los parámetros requeridos en el capítulo 3. La tarjeta cuenta con los pines de salida como se muestra en la Figura 3.2.

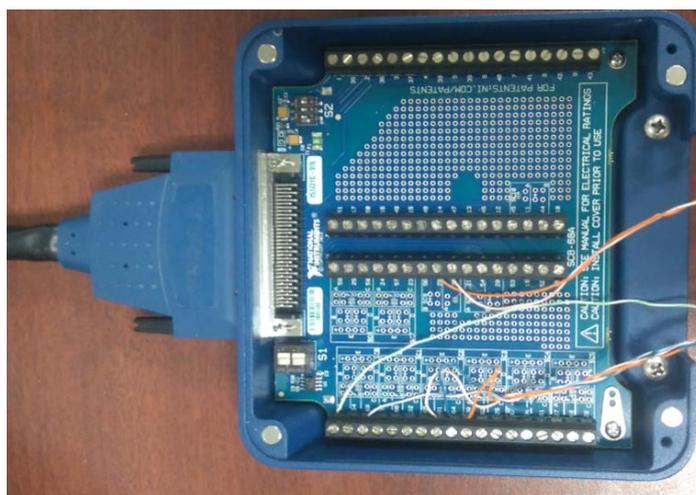


Figura 3.2 Pines de salida (Modulo SCB-68A)

A continuación, se muestra el diagrama de bloque de la etapa de potencia del proyecto en la figura 3.3, donde se puede observar los elementos ya descritos en el capítulo 2; se observa cómo interactúa y conexiones futuras entre ellos.

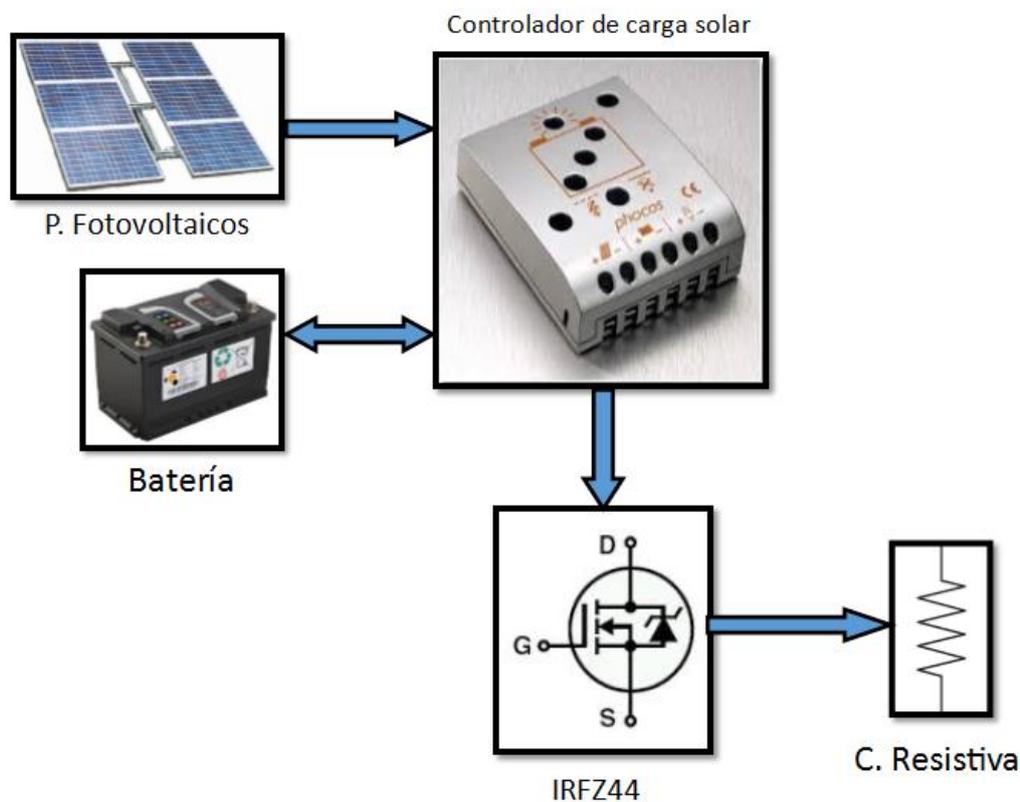


Figura 3.3 Diagrama de bloque de etapa de fuerza

El circuito de potencia será gobernado por la tarjeta NI6321, la cual enviará pulsos controlando el switch con PWM (Modulación de ancho de pulso).

El voltaje promedio resultado de la modulación (PWM) será el que alimente a la carga resistiva, voltaje que será suministrado por la batería o por los paneles fotovoltaicos según se ajuste a una de las siguientes condiciones:

1. Si la batería está totalmente cargada y existe suficiente incidencia de luz solar sobre los paneles, son estos los que suministran energía a la carga.
2. Si la batería está totalmente cargada y no existe suficiente incidencia de luz solar sobre los paneles, es la batería que se encarga de suministrar energía a la carga sin llegar a descargarse por completo antes que ocurra este suceso el controlador de la carga CML-10 cambia su estado de conexión para salvaguardar el estado de la batería.

3.1 FUENTE DE VOLTAJE.

Los rayos solares son captados a través de paneles solares fotovoltaicos y se almacena en una batería de 12 voltios como energía eléctrica para luego este suministrar electricidad a los diversos equipos electrónicos.

Se cuenta con dos paneles fotovoltaicos conectados en paralelo, cada uno proporciona 12 voltios DC y una corriente de hasta 8 amperes. Conectados en paralelo pueden suministrar 12 voltios DC y una corriente de hasta 16 amperios.

El proceso de la carga de la batería es manejado por el controlador de la carga solar CML10-2.2, por medio del cual también se entrega energía a la carga resistiva. La función principal de controlador es proteger a la batería de posible sobrecarga por parte de los paneles fotovoltaicos.

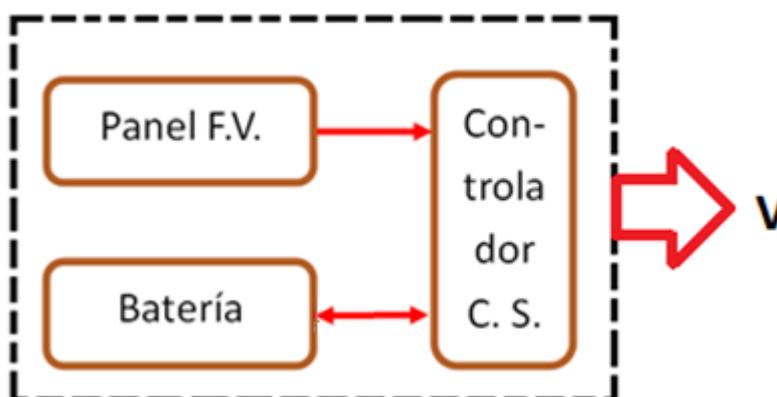


Figura 3.4 Diagrama de bloques de fuente de voltaje

En las figuras 3.4 y 3.5 se muestran dos representaciones de la fuente de voltaje, en la primera se observa un diagrama de bloques del direccionamiento de suministro de energía por parte de cada elemento; en el segundo diagrama se ilustra las conexiones que se realizan.

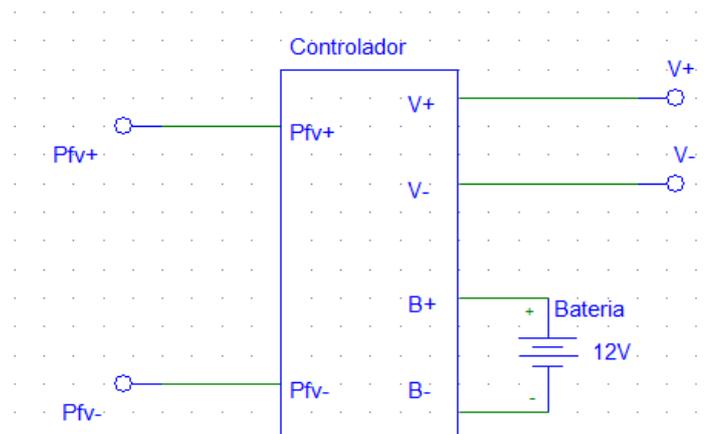


Figura 3.5 Fuente de voltaje

3.2 CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia está constituido por la fuente de voltaje, batería, switch de potencia (IRFZ 44N) y la carga resistiva como se muestra en la figura 3.6.

Al variar el voltaje promedio controlando el tiempo de encendido (T_{on}) del IRFZ44N por medio del PWM, se obtendrá un voltaje promedio proporcional al tiempo de encendido del IRFZ 44N. Manteniendo fijo el valor de la carga se podrá variar el valor de la corriente que suministra la fuente de voltaje, el valor de corriente será proporcional al valor del voltaje promedio suministrado a la carga.

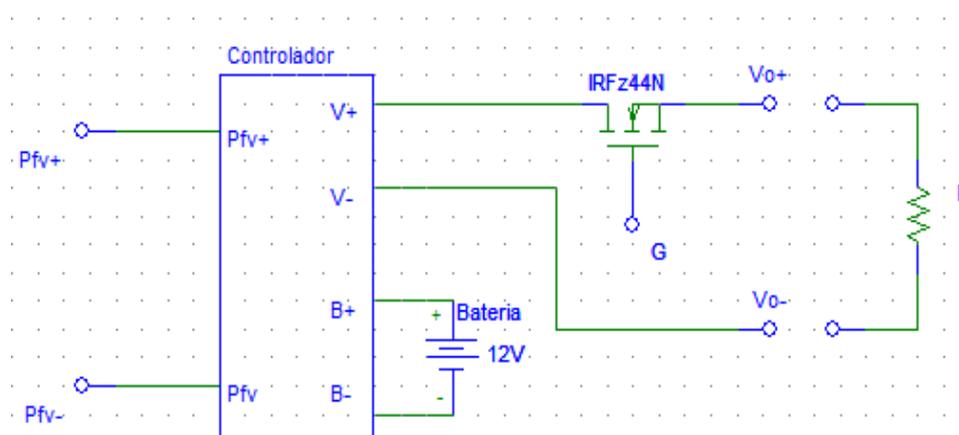


Figura 3.6 Circuito de potencia

En la figura 3.7 se muestra el circuito de electrónica de potencia con su disipador y también los sensores por medio de los cuales se mide las corrientes de la carga, el circuito gate driver y además la fuente de voltaje para la alimentación de los mismos circuitos electrónicos.

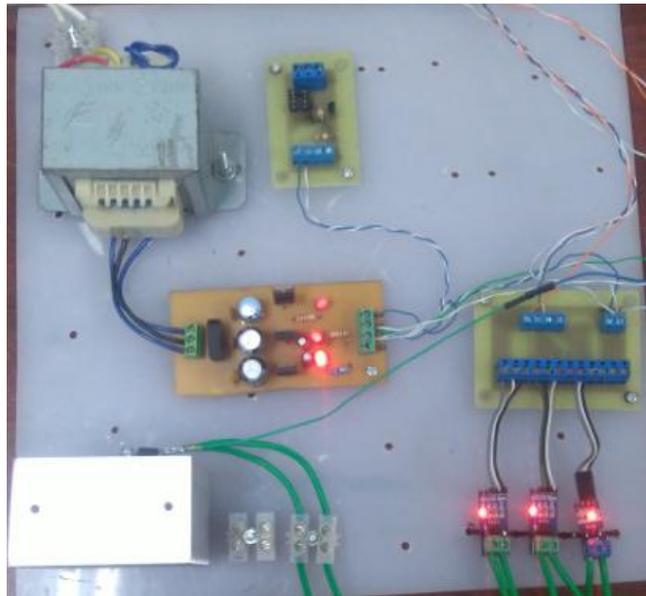


Figura 3.7 Placas de circuitos electrónicos.

3.3 GENERADOR DE PULSOS.

Los pulsos provenientes de la tarjeta NI PCIe 6321 son ajustados por el usuario por medio de la librería Simulink del software Matlab con un programa establecido para que cumpla con requerimientos del sistema.

El modelo ajusta el tiempo de encendido o tiempo de conmutación (ton) de los pulsos a partir del valor de corriente que establezca el usuario, teniendo en cuenta el límite de corriente máxima que se puede suministrar. Se debe ajustar un valor de voltaje de alimentación del circuito generador de pulsos y conocer el valor de la carga resistiva, la cantidad de potencia que pueden suministrar y consumir respectivamente.

Una vez realizado el cálculo, los pulsos se transmiten por medio del módulo de entrada y salida (SCB-68A) desde la tarjeta NI PCIe 6321. Al ser una salida digital, el valor de voltaje será 0 o 5 voltios como niveles lógicos, bajo y alto

respectivamente, con el tiempo de encendido pre establecido por el usuario en el modelo realizado en Simulink.

En la ecuación 3.1 se muestra la ley de OHM, la cual se utiliza para el cálculo del voltaje que se requiere para proveer la corriente que se setea en el segmento del programa mostrado en la figura 3.8, se establece un máximo de 3 amperes y se puede variar de 0 a 100%.

$$I = \frac{V}{R} \quad (3.1)$$

Donde v es el voltaje que suministra la fuente, I es el valor de corriente que setea en el programa y R es el valor de la carga resistiva. Usamos la ley de OHM como se muestra en la ecuación 3.2

$$V_p = I * R \quad (3.2)$$

Al reemplazar el valor de corriente setea y de la carga resistiva en la ecuación 3.2, se obtiene el voltaje promedio necesario para proveer la corriente seteada.

Para conocer el porcentaje de ancho de pulso Wp (tiempo de encendido) de los pulsos se obtiene la relación entre el voltaje promedio y el voltaje que suministra la fuente como se muestra en la ecuación 2.3.

$$Wp = \frac{V_p}{V} \quad (3.3)$$

En la ecuación 3.3 tenemos Wp como porcentaje ancho de pulso que puede tomar valores de 0 a 100, voltaje promedio V_p y el voltaje V que suministra la fuente.

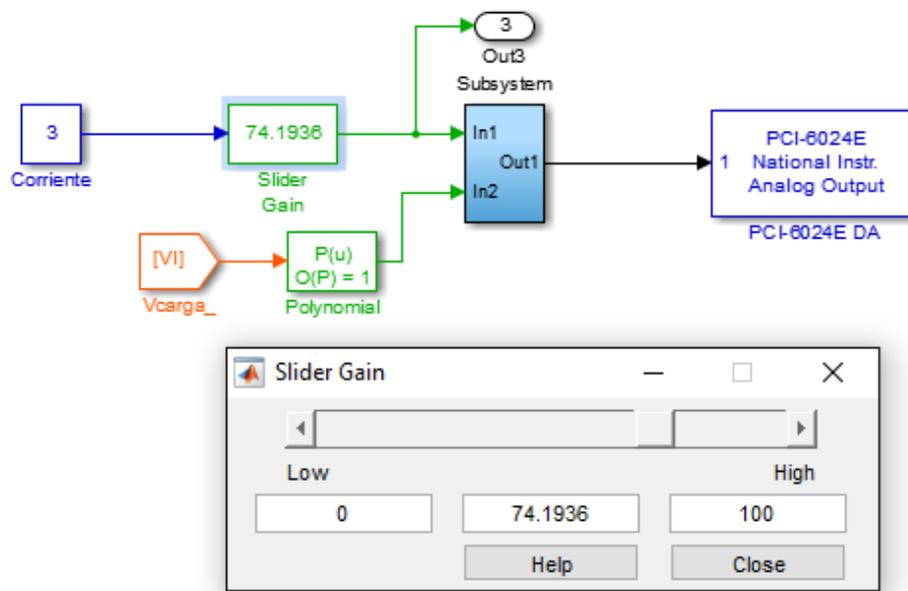


Figura 3.8 Generador de pulsos

3.4 CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO Y AISLAMIENTO DE ETAPAS.

El circuito mostrado en la Figura 3.9 se usa para evitar daños en la tarjeta NI PCIe 6321, se utilizó el integrado opto acoplador (4N35) como elemento de aislamiento de etapas, ya que en el circuito de potencia se pueden presentar ante un escenario distintos tipos de corrientes como de cortocircuito, fugas e inversas que podrían afectar a la tarjeta.

En la salida del integrado opto acoplador (4N35) se tienen pulsos con la misma frecuencia y tiempo de conmutación (T_{on}) que proporciona los recursos la tarjeta NI PCIe 6321.

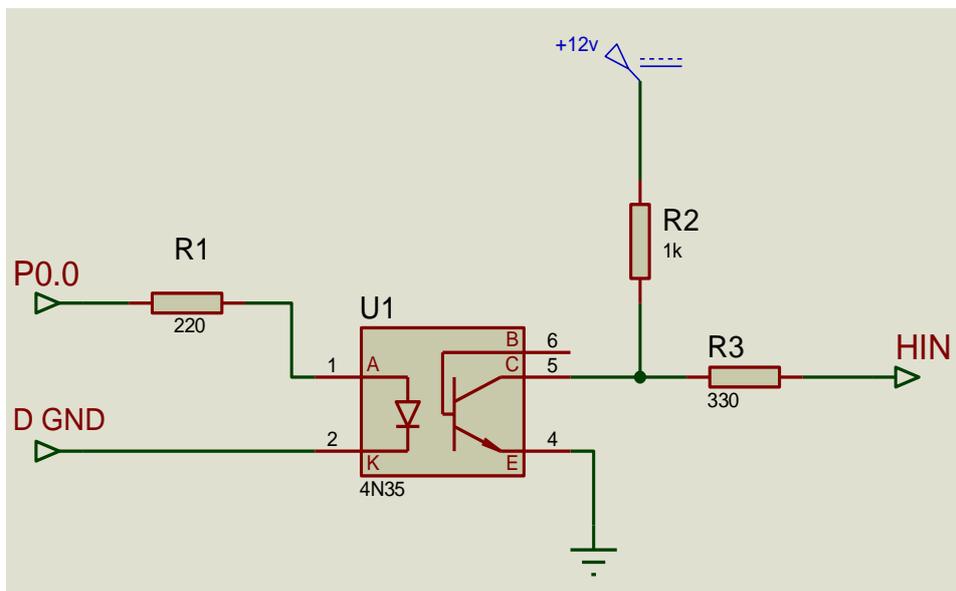


Figura 3.9 Circuito de aislamiento de etapas. En la figura 3.10 se muestra el circuito gate driver, donde los pulsos previamente obtenidos en la salida del opto acoplador serán entradas al siguiente circuito gate driver encargado de proporcionar los pulsos directamente a la compuerta del MosFET perteneciente al circuito de potencia; siendo un gate driver (controlador de compuerta) para Mosfet IRFZ 44N.

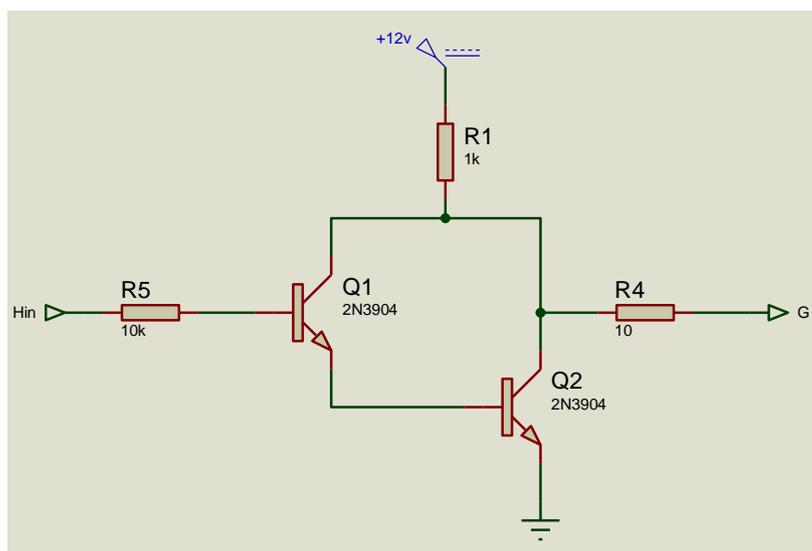


Figura 3.10 Circuito gate driver.

3.5 MEDICIÓN DE PARÁMETROS

Al obtener lecturas de los parámetros y variables del circuito se puede analizar el comportamiento de la fuente de voltaje ante cualquier estado de la carga, conocer la respuesta de la fuente de voltaje en un rango de la carga y realizar comparaciones mediante un circuito equivalente simulado para mejoras de sistemas de eficiencia energética.

Para realizar las mediciones de corriente en el circuito de potencia se utiliza el sensor de corriente ACS712-30 el cual nos da un voltaje DC directamente proporcional a la corriente que fluya a través de él (66mv/1amp). Para las lecturas de voltaje se utilizan entradas analógicas de la tarjeta NI-6321, pero antes de esto la señal de voltaje pasa por una etapa de amplificación, con amplificadores operaciones con ganancia igual a 0.5 ya que el voltaje máximo que puede recibir la tarjeta es 10 voltios.

Una vez que las lecturas de señales ingresan a la tarjeta, en el programa realizado en Simulink se realizan operaciones para que el programa realice los cálculos con los valores reales y no con valores proporcionales a estos.

Las lecturas a realizar son:

- Corriente desde los paneles fotovoltaicos
- Corriente desde la batería
- Corriente desde la carga
- Voltaje desde la batería
- Voltaje desde los paneles fotovoltaicos

En la figura 3.11 se muestran los 3 sensores que se encargan de medir las corrientes ya mencionadas con su placa de conexiones de salida.



Figura 3.11 Sensores de corriente y placa de conexiones

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como parte principal de este proyecto se realizó ingeniería inversa del controlador de la carga solar (CML-10), obteniendo el diagrama electrónico del mismo el cual se ilustra en la figura 4.1, el cual se verificó experimentalmente los diferentes estados de trabajo expuestos por el fabricante en el manual de usuario que se muestra en el anexo 1. Bajo este contexto se puede desarrollar mejoras en el diseño integrando nuevas etapas de control para varios sistemas de generación de energía eléctrica haciendo uso de fuentes renovables y contribuir promoviendo el uso de sistemas de generación de energías limpias.

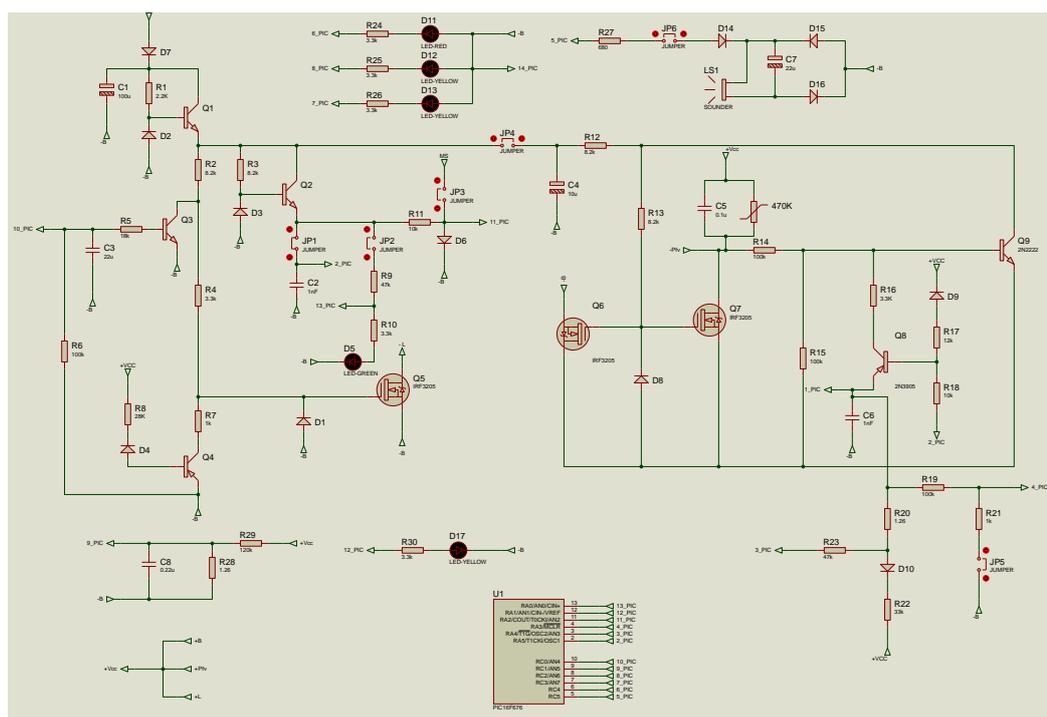


Figura 4.1 Esquema electrónico Controlador de la carga solar

A lo largo del diseño e implementación del proyecto la estructura esencial es construir un sistema que permita variar la demanda de corriente de una carga, medir los parámetros y mostrarlos al usuario es necesario para conocer la respuesta del

sistema a la demanda de una determinada carga. En la figura 4.2 se muestra el diagrama de control el cual permite el seteo del porcentaje de corriente que se suministrara a la carga antes las diferentes pruebas.

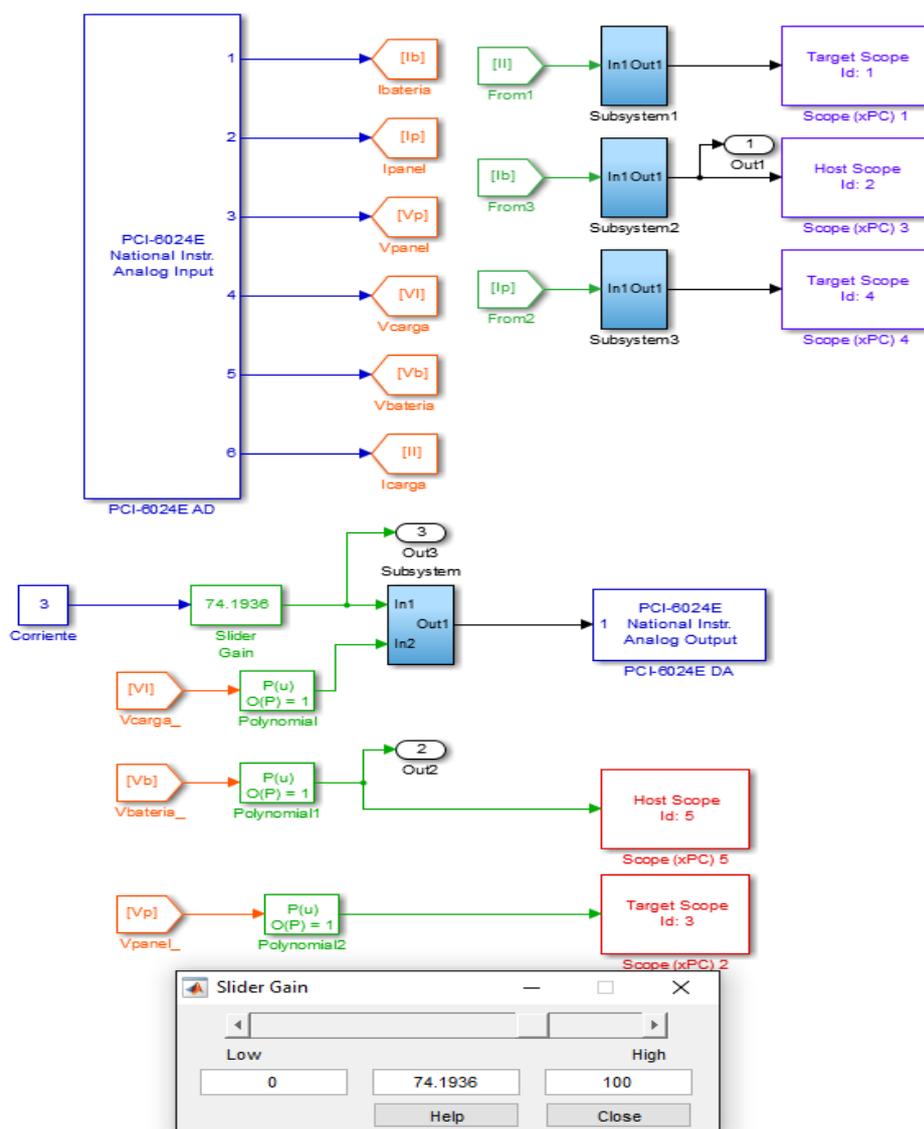


Figura 4.2 Control del proyecto construido en Simulink

En la figura 4.3 se ilustran los bornes de conexión de 2 paneles fotovoltaicos conectados en paralelo, cada uno puede aportar o suministrar una corriente de 8 amperes, el voltaje de los paneles llega al controlador de la carga solar el cual también maneja la carga de la batería y entrega la energía a la carga resistiva, el controlador de la carga solar envía energía desde la batería y si el nivel de la carga

de la batería es muy bajo, este envía energía directamente desde los paneles. De los paneles se obtuvo una lectura de 20 voltios cuando se encuentran en circuito abierto, al conectar la carga pueden suministrar un máximo de 15 voltios.



Figura 4.3 Paneles fotovoltaicos conectados en paralelo.

Si la lectura de voltaje que recibe el controlador de la carga solar desde los paneles fotovoltaicos es mayor o igual que la lectura que recibe de la batería, quien suministra energía a la carga resistiva es el conjunto de paneles fotovoltaicos, y al mismo tiempo suministran energía. Cuando el nivel de voltaje de la batería sea mayor que el nivel de voltaje de los paneles fotovoltaicos, entonces esta se encarga de suministrar energía a la carga resistiva.

Entonces, el controlador de la carga mostrado en la figura 4.4 es quien decide si la energía suministrada a la carga resistiva proviene del conjunto de paneles fotovoltaicos o desde la batería.

El controlador de la carga solar cuenta con indicadores visuales y auditivos los cuales nos darán información acerca del estado de la batería y del funcionamiento del circuito. En esta prueba se contó con un nivel de voltaje mayor al 75% el cual es indicado por el led amarillo encendido, el led verde indica que se está entregando energía de manera correcta a la carga resistiva.

En el anexo 1 se muestra parte del manual del controlador de la carga solar para conocer más acerca de su funcionamiento.



Figura 4.4 Controlador de la carga Solar

En la figura 4.5 se observa la circuitería interna del controlador de la carga solar el cual cuenta con 3 MosFETS de potencia (IRF3205); uno por cada entrada o salida de voltaje, un microprocesador el cual contiene el programa que gobierna las decisiones del controlador de la carga solar. En el anexo 2 se puede observar el esquemático de las conexiones electrónicas del mismo.

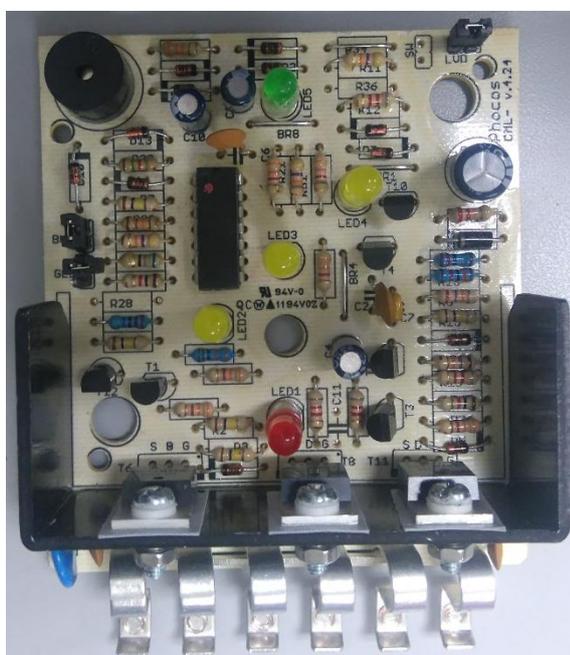


Figura 4.5 Circuitería de controlador de la carga solar

Los datos obtenidos resultado del experimento del presente proyecto se detallan en las imágenes que se presentaran a continuación para lo cual se utilizó una resistencia de 3 ohm a manera de la carga del sistema.

En la figura 4.6 se muestra la forma de onda de la corriente que incide sobre la resistencia de 3 ohm, se produce esta forma de onda debido al efecto causado por la modulación de ancho de pulso (PWM) al 30% de la corriente de la carga, limitando a que el consumo máximo de corriente sea 2 amperios, es decir tener 2A al 100%.



Figura 4.6 Corriente en la carga al 30%

En la figura 4.7 se muestra la corriente de la batería cuando el sistema está seteado al 30% de la corriente de la carga con resistencia de 3 ohm.



Figura 4.7 Corriente en la batería al 30% de la corriente de la carga

En la figura 4.8 se ilustra la forma de onda del voltaje aplicado a la carga resultado del control de ancho de pulso (PWM) al 30% de corriente de la carga.

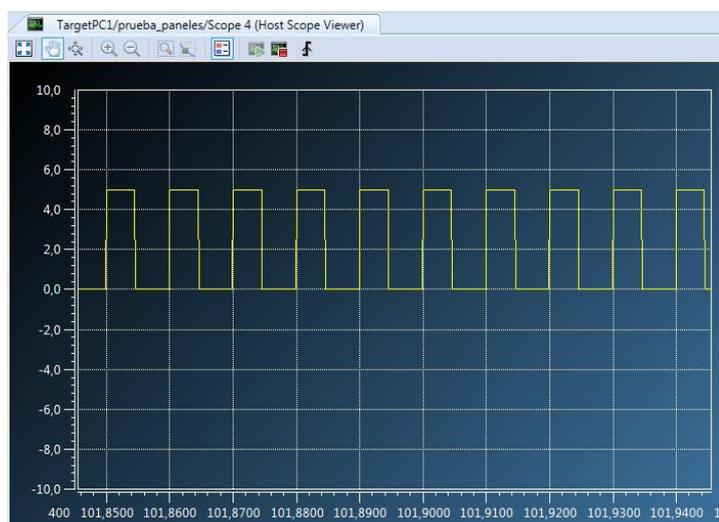


Figura 4.8 Control PWM al 30% de la corriente de la carga

En la figura 4.9 se muestra la corriente que suministran los paneles al 30% de la corriente de la carga antes seteada desde el control con modulación de ancho de pulso.

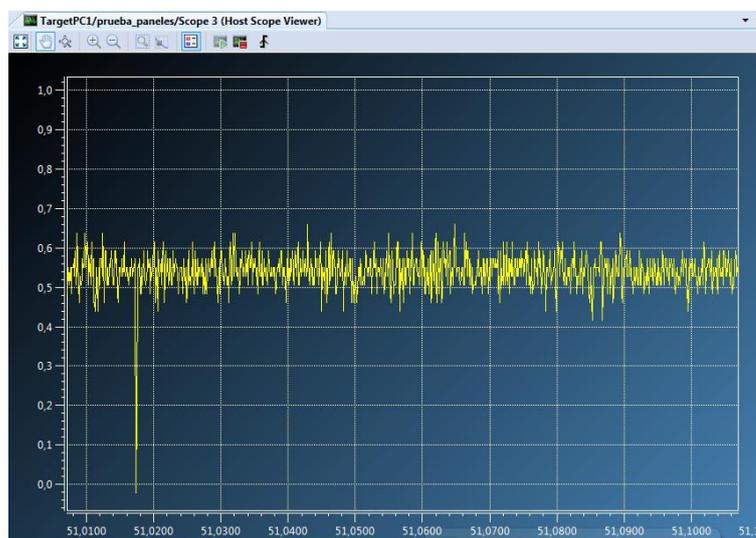


Figura 4.9 Corriente de paneles al 30% de la corriente de la carga

En la figura 4.10 se ilustra la forma de onda de oscilación del voltaje de la batería ante un evento del 30% de la corriente de la carga, en la cual se puede resaltar que no existen caídas bruscas en su nivel de voltaje.

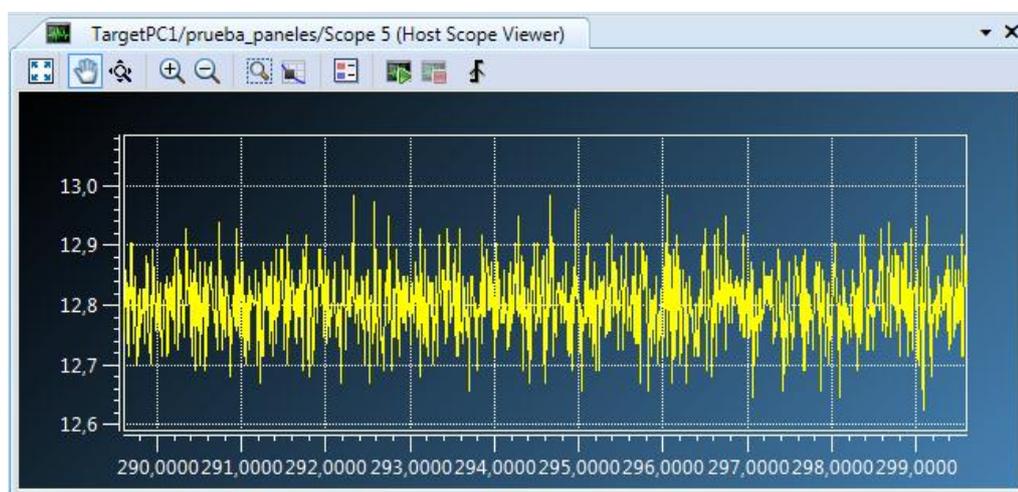


Figura 4.10 Voltaje de batería al 30% de la corriente de la carga

En la figura 4.11 se muestra la forma de onda de la oscilación del voltaje de los paneles al 30% de la corriente de la carga, lo cual se puede resaltar que no genera caídas bruscas de voltaje ante este evento.

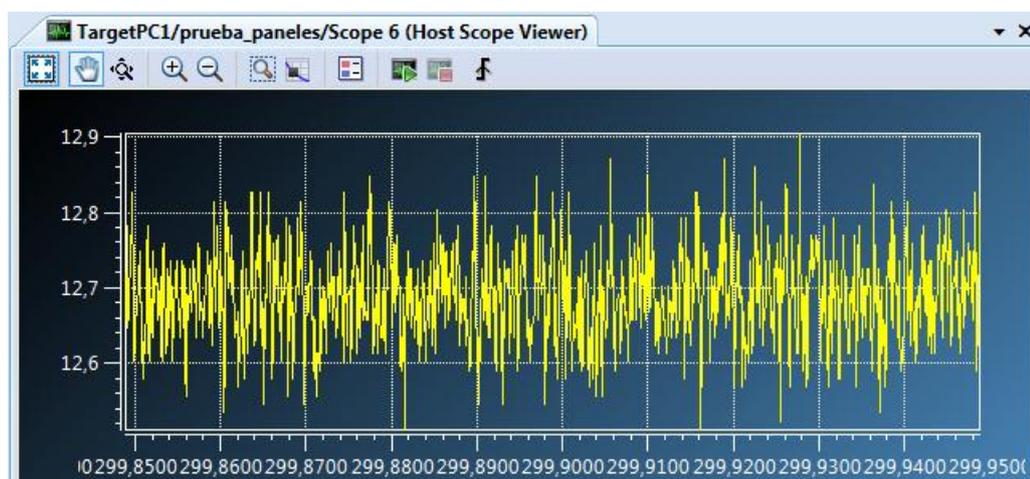


Figura 4.11 Voltaje de paneles al 30% de la corriente de la carga

Análogo a lo antes descrito para la modulación de ancho de pulso (PWM) del 30% de la corriente de la carga se describirá el comportamiento y se ilustrará con

gráficas para el seteo del 40% de corriente de la carga, limitando a que el consumo máximo de corriente sea 2 amperios, es decir tener 2A al 100%.

En la figura 4.12 se muestra la forma de onda de la corriente que incide sobre la resistencia de 3 ohm, se produce esta forma de onda debido al efecto causado por la modulación de ancho de pulso (PWM) al 40% de la corriente de la carga.



Figura 4.12 Corriente de la carga al 40%

En la figura 4.13 se muestra la corriente de la batería con un control de ancho de pulso (PWM) seteado al 40% de la corriente de la carga que se suministrará a la resistencia de 3 ohm.

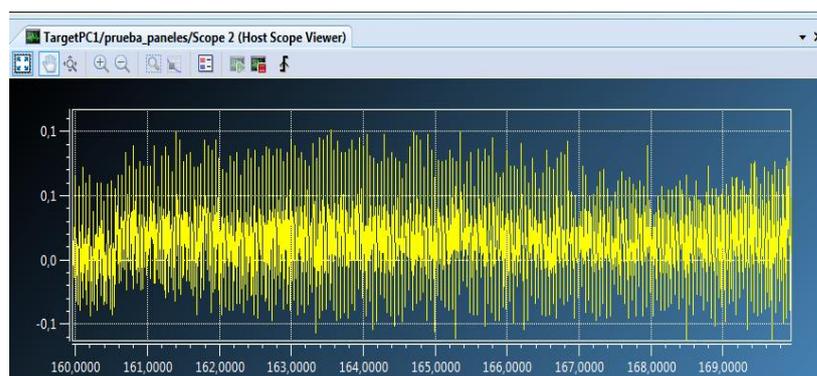


Figura 4.13 Corriente de batería al 40% de la corriente de la carga

En la figura 4.14 se ilustra la forma de onda del voltaje aplicado a la carga resultado del control de ancho de pulso (PWM) al 40% de corriente de la carga.

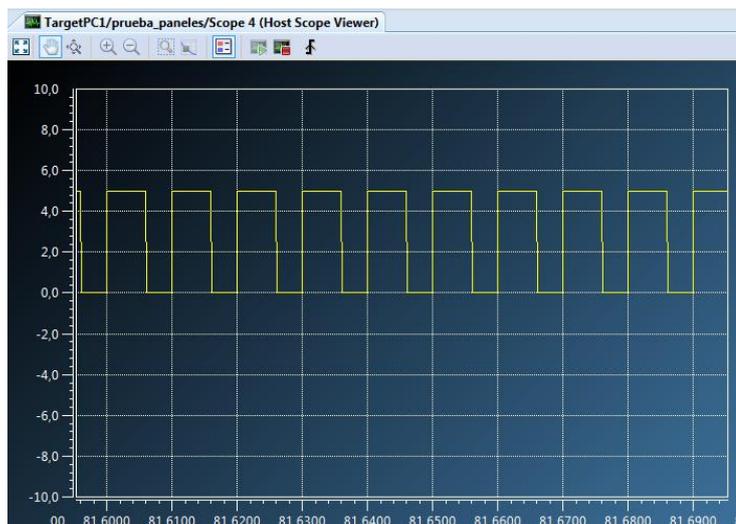


Figura 4.14 Control PWM al 40% de la corriente de la carga

En la figura 4.15 se muestra la corriente que suministran los paneles al 40% de la corriente de la carga antes seteada desde el control con modulación de ancho de pulso.

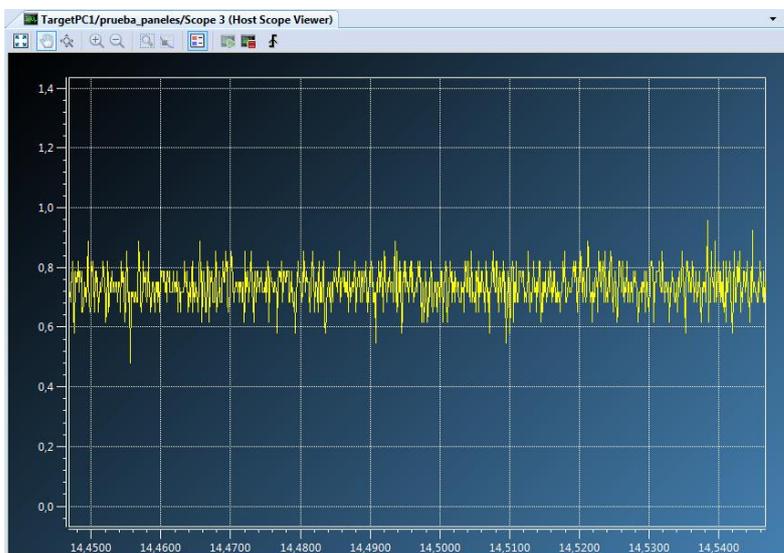


Figura 4.15 Corriente de paneles al 40% de la corriente de la carga

En la figura 4.16 se ilustra la forma de onda de oscilación del voltaje de la batería ante un evento del 40% de la corriente de la carga, en la cual se puede resaltar que no existen caídas significativas en su nivel de voltaje.

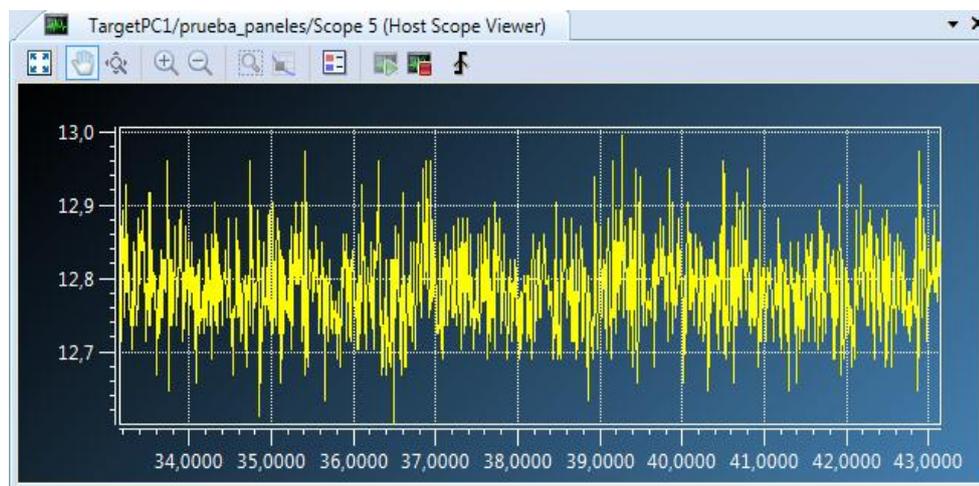


Figura 4.16 Voltaje de batería al 40% de corriente en la carga

En la figura 4.17 se muestra la forma de onda de la oscilación del voltaje de los paneles al 40% de la corriente de la carga, lo cual se puede resaltar que no genera caídas significativas de voltaje ante este evento.

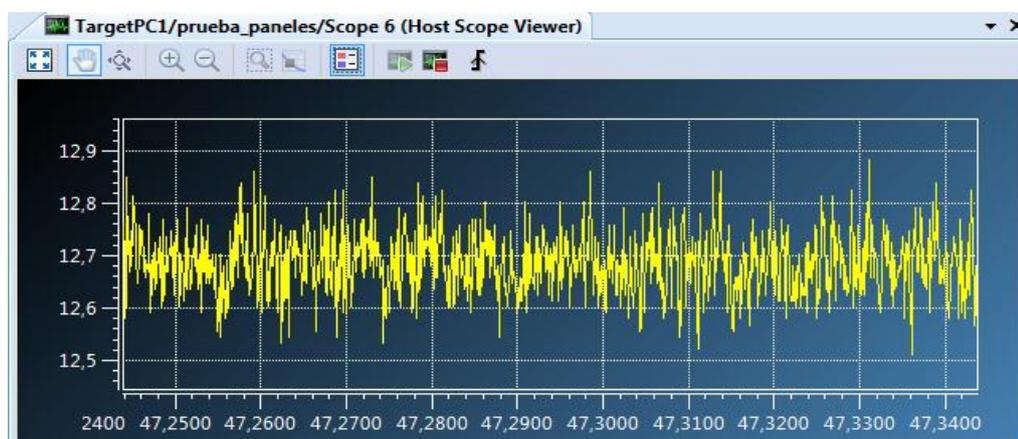


Figura 4.17 Voltaje de paneles al 40% de corriente en la carga

Análogo a lo antes descrito para la modulación de ancho de pulso (PWM) del 40% de la corriente de la carga se describirá el comportamiento y se ilustrará con gráficas para el seteo del 50% de corriente de la carga, limitando a que el consumo máximo de corriente sea 2 amperios, es decir tener 2A al 100%.

En la figura 4.18 se muestra la forma de onda de la corriente que incide sobre la resistencia de 3 ohm, se produce esta forma de onda debido al efecto causado por la modulación de ancho de pulso (PWM) al 50% de la corriente de la carga.

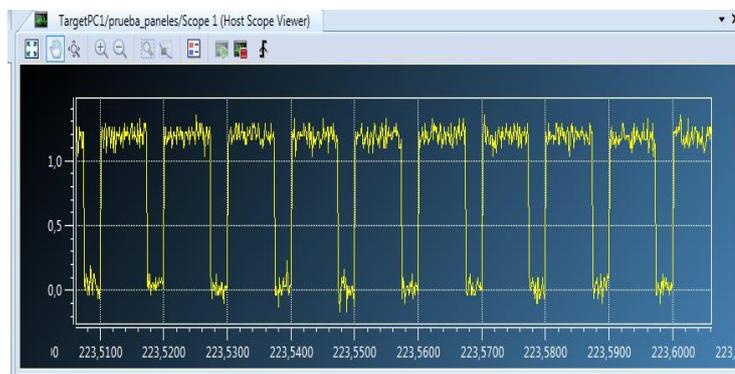


Figura 4.18 Corriente de la carga al 50%

En la figura 4.19 se muestra la corriente de la batería con un control de ancho de pulso (PWM) seteado al 50% de la corriente que se suministrara a la carga sobre una resistencia de 3 ohm a manera de la carga.

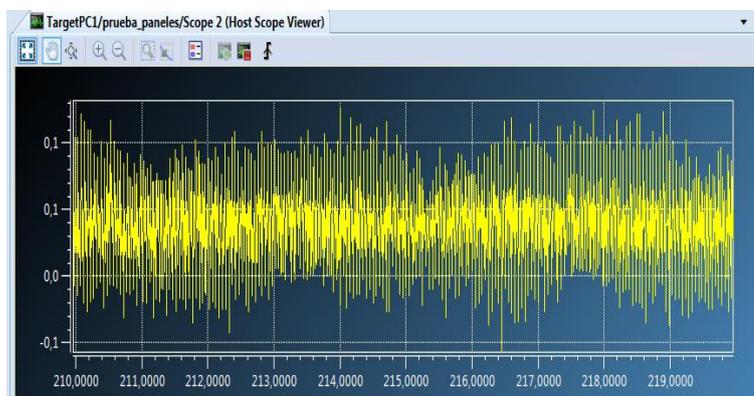


Figura 4.19 Corriente de batería al 50% de corriente en la carga

En la figura 4.20 se ilustra la forma de onda del voltaje aplicado a la carga resultado del control de ancho de pulso (PWM) al 50% de corriente de la carga.

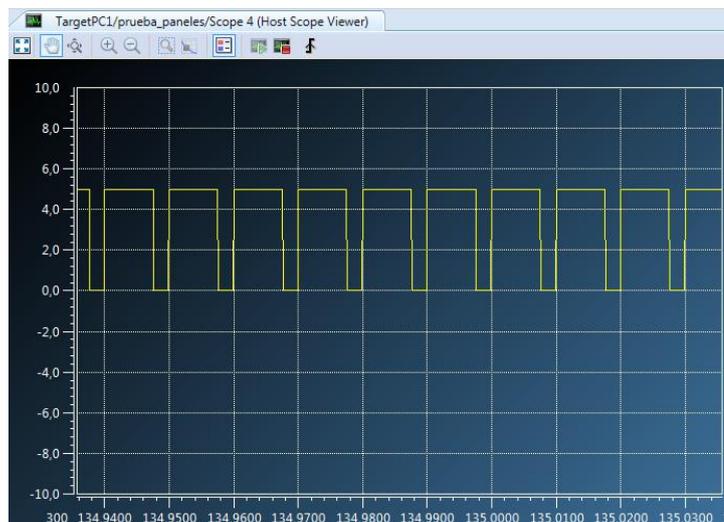


Figura 4.20 Control PWM al 50% de corriente en la carga

En la figura 4.21 se muestra la corriente que suministran los paneles al 50% de la corriente de la carga antes seteada desde el control con modulación de ancho de pulso.

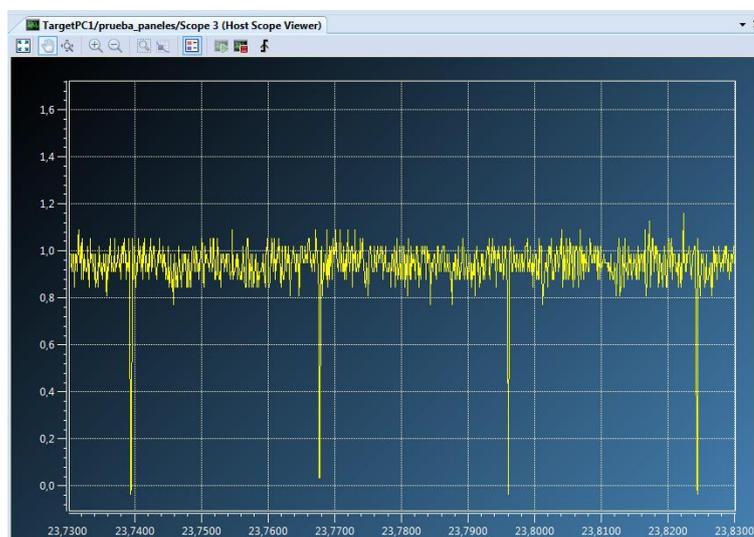


Figura 4.21 Corriente de paneles al 50% de corriente en la carga

En la figura 4.22 se ilustra la forma de onda de oscilación del voltaje de la batería ante un evento del 50% de la corriente de la carga, en la cual se puede resaltar que no existen caídas significativas en su nivel de voltaje.

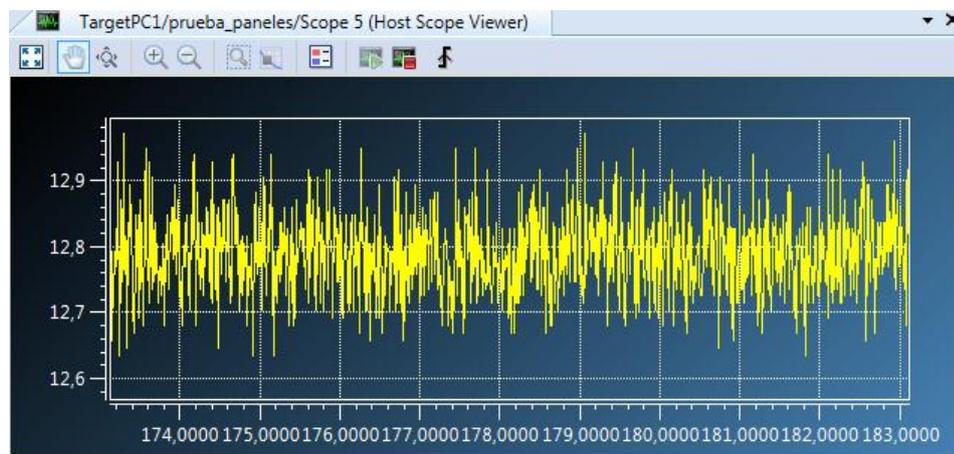


Figura 4.22 Voltaje de batería al 50% de corriente en la carga

En la figura 4.23 se muestra la forma de onda de la oscilación del voltaje de los paneles al 50% de la corriente de la carga, lo cual se puede resaltar que no genera caídas significativas de voltaje ante este evento.

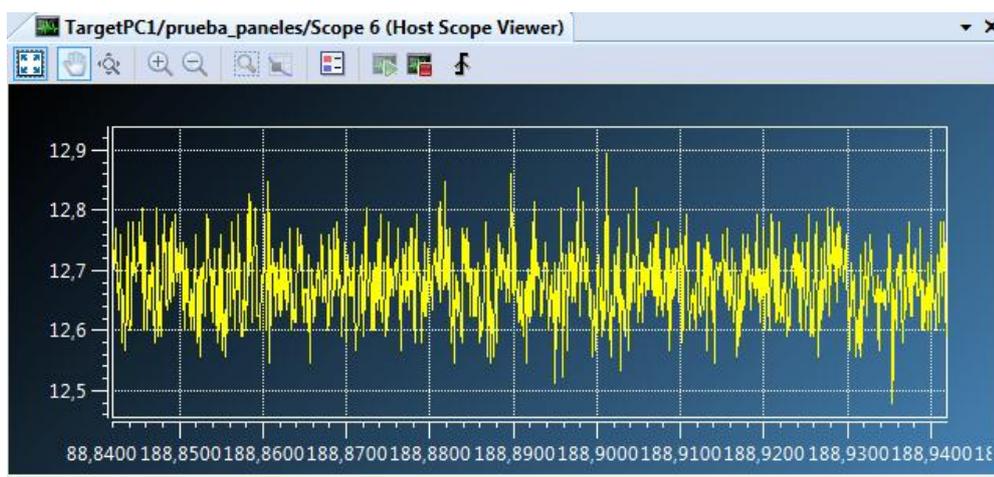


Figura 4.23 Voltaje de paneles al 50% de corriente en la carga

Con lo antes descrito para la modulación de ancho de pulso (PWM) del 30%,40%,50% de la corriente de la carga se describirá el comportamiento y se ilustrara con gráficas para el seteo del 60% de corriente de la carga, estableciendo diferencias entre los ancho de pulso en cada ciclo de trabajo y control desarrollado

se ilustra claramente que el tiempo ton en el evento de 60% es mayor que en el 30%.

En la figura 4.24 se muestra la forma de onda de la corriente que incide sobre la resistencia de 3 ohm, se produce esta forma de onda debido al efecto causado por la modulación de ancho de pulso (PWM) al 60% de la corriente de la carga.

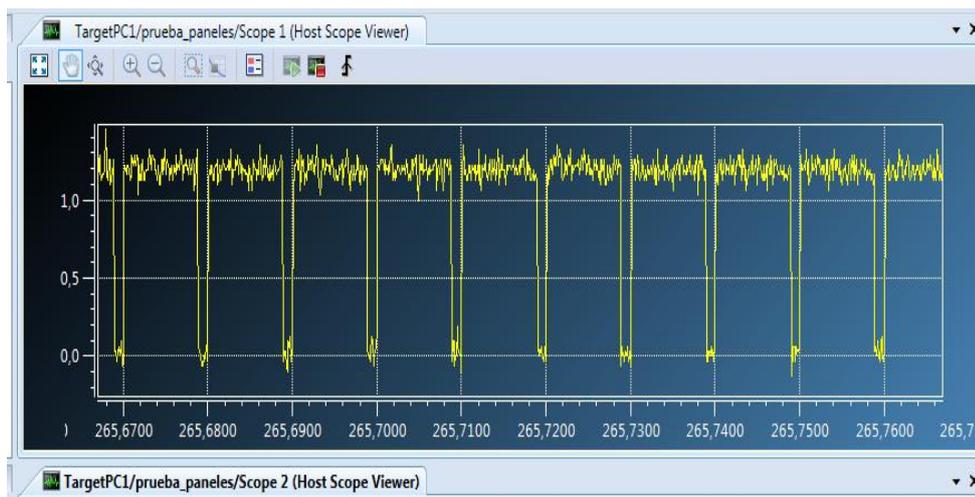


Figura 4.24 Corriente de la carga al 60%

En la figura 4.25 se muestra la corriente de la batería con un control de ancho de pulso (PWM) seteado al 60% de la corriente que se suministrara a la carga sobre una resistencia de 3 ohm a manera de la carga.

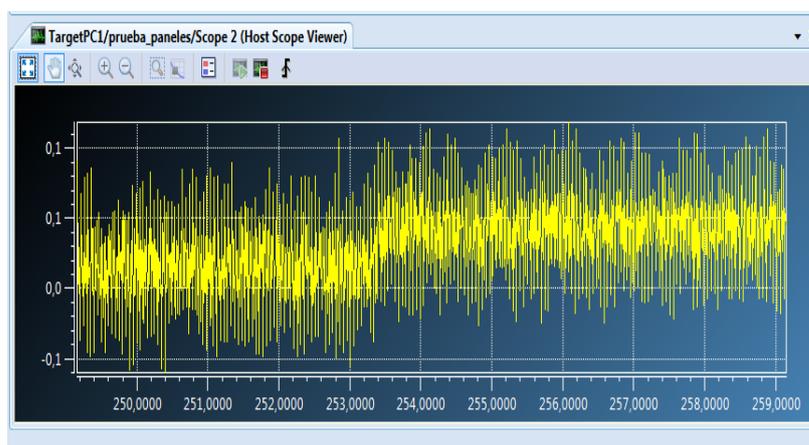


Figura 4.25 Corriente de batería al 60% de corriente en la carga

En la figura 4.26 se ilustra la forma de onda del voltaje aplicado a la carga resultado del control de ancho de pulso (PWM) al 60% de corriente de la carga.

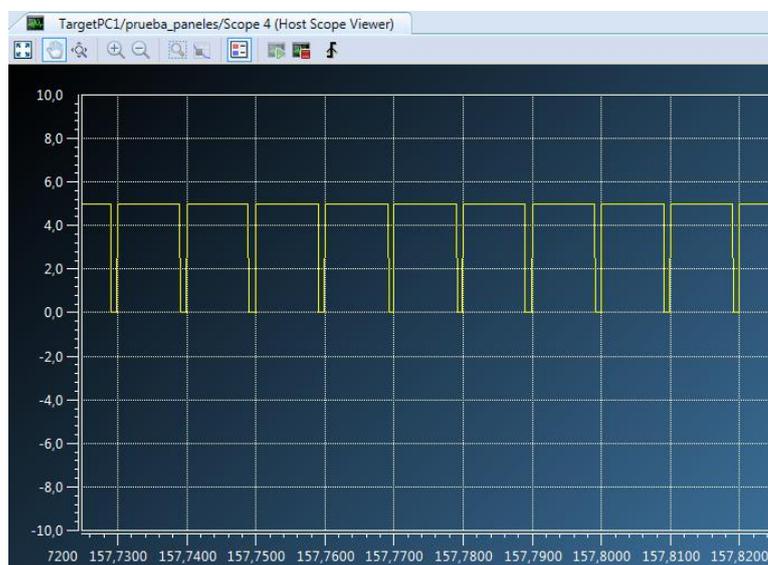


Figura 4.26 Control PWM al 60% de corriente en la carga

En la figura 4.27 se muestra la corriente que suministran los paneles al 60% de la corriente de la carga antes seteada desde el control con modulación de ancho de pulso.

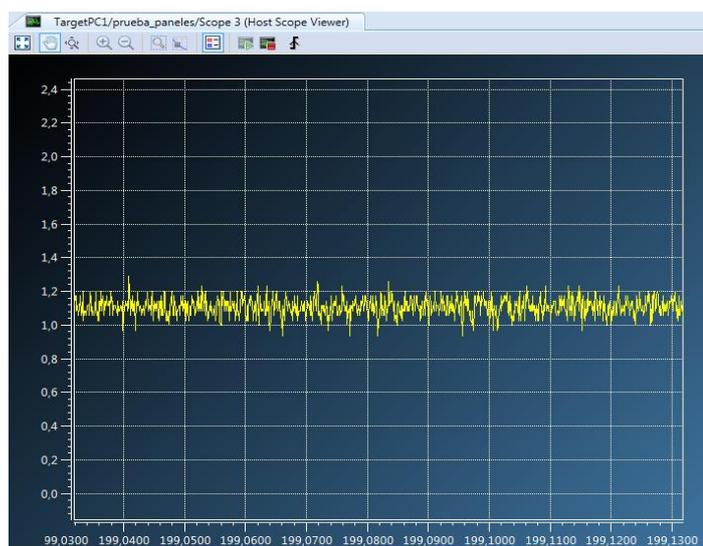


Figura 4.27 Corriente de paneles al 60% de corriente en la carga

En la figura 4.28 se ilustra la forma de onda de oscilación del voltaje de la batería ante un evento del 60% de la corriente de la carga, en la cual se puede resaltar que no existen caídas tan significativas en su nivel de voltaje.

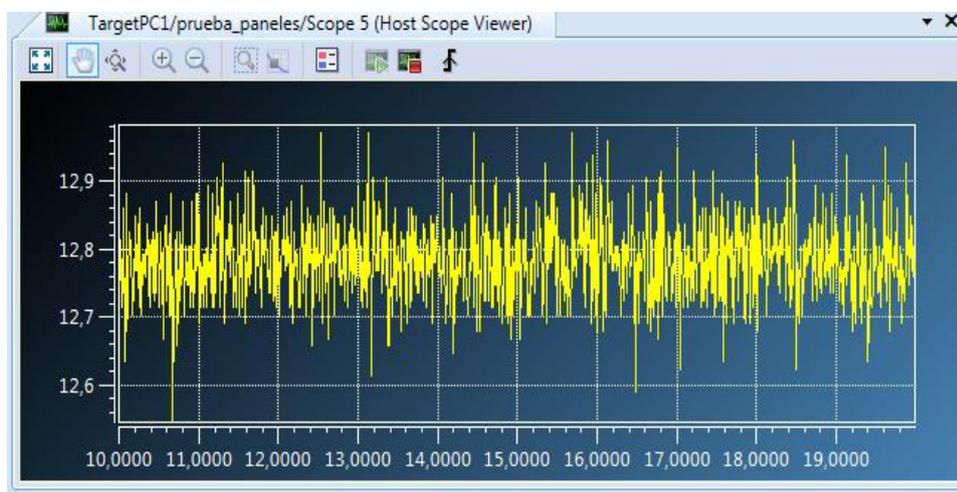


Figura 4.28 Voltaje de batería al 60% de corriente en la carga

En la figura 4.29 se muestra la forma de onda de la oscilación del voltaje de los paneles al 60% de la corriente de la carga, lo cual se puede resaltar que no genera caídas significativas de voltaje ante este evento.

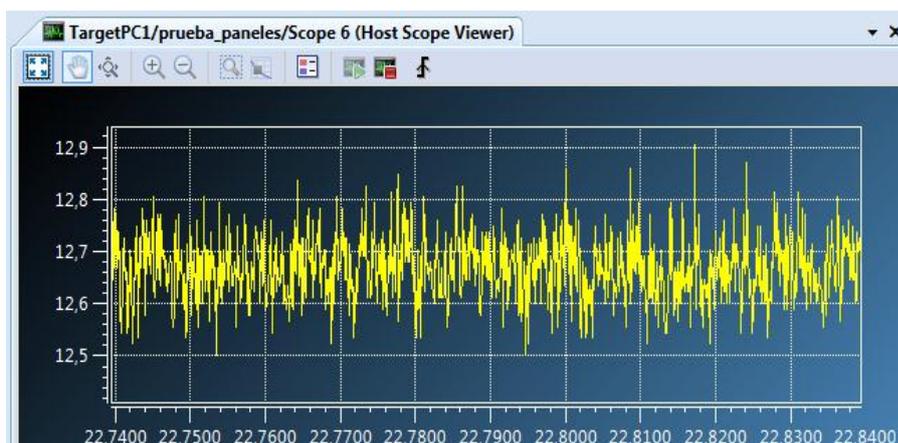


Figura 4.29 Voltaje de paneles al 60% de corriente en la carga

Con lo antes descrito para la modulación de ancho de pulso (PWM) del 30%,40%,50% y 60% de la corriente de la carga se describirá el comportamiento y se ilustrara con gráficas para el seteo del 70% de corriente de la carga,

estableciendo diferencias entre los ancho de pulso en cada ciclo de trabajo y control desarrollado se ilustra claramente que el tiempo ton en el evento de 70% es mayor que en el 30%.

En la figura 4.30 se muestra la forma de onda de la corriente que incide sobre la resistencia de 3 ohm, efecto causado por la modulación de ancho de pulso (PWM) al 60% de la corriente de la carga.

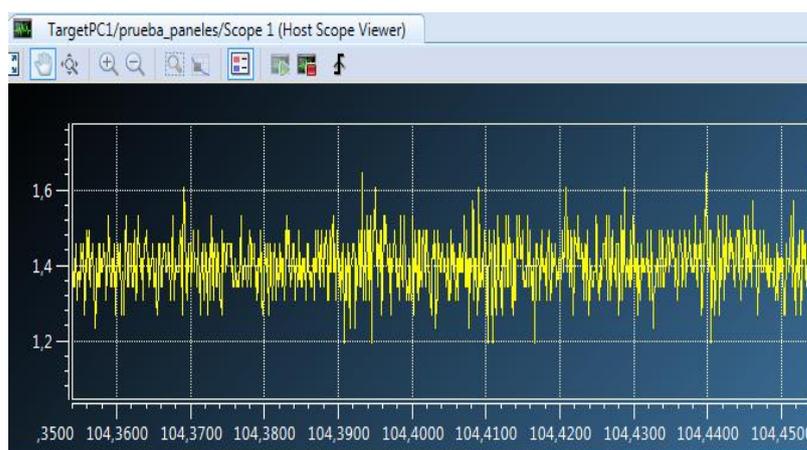


Figura 4.30 Corriente de la carga al 70%

En la figura 4.31 se muestra la corriente de la batería con un control de ancho de pulso (PWM) seteado al 70% de la corriente que se suministrara a la carga sobre una resistencia de 3 ohm a manera de la carga.

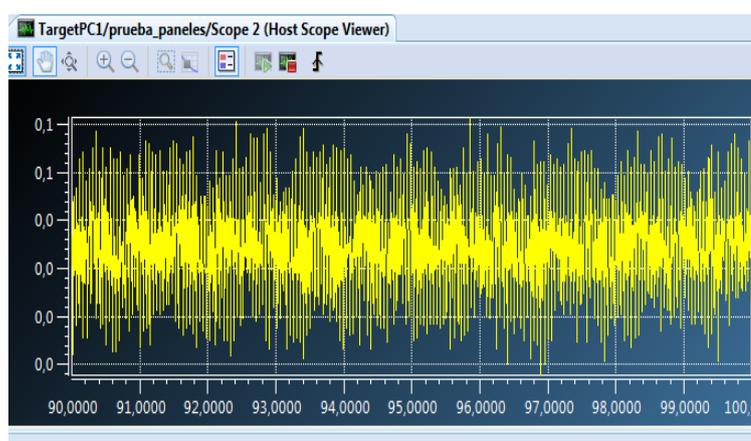


Figura 4.31 Corriente de batería al 70% de corriente en la carga

En la figura 4.32 se muestra la corriente que suministran los paneles al 70% de la corriente de la carga antes seteada desde el control con modulación de ancho de pulso.

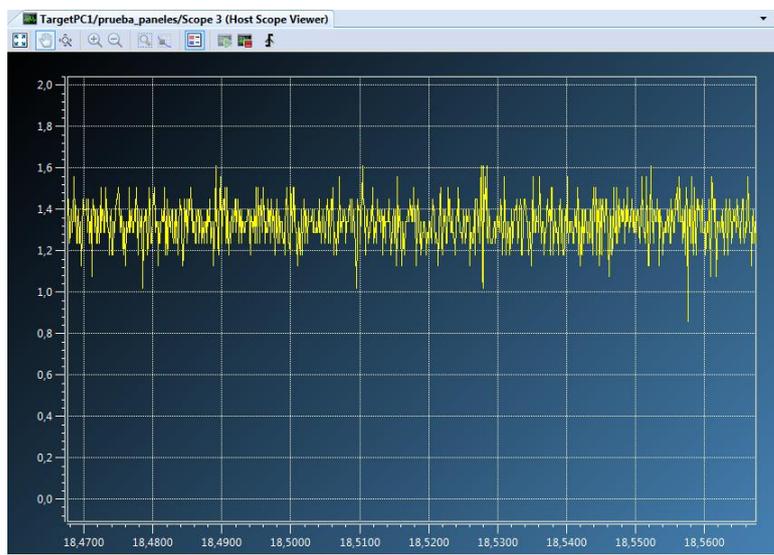


Figura 4.32 Corriente de paneles al 70% de corriente en la carga

En la figura 4.33 se ilustra la forma de onda del voltaje aplicado a la carga resultado del control de ancho de pulso (PWM) al 60% de corriente de la carga.

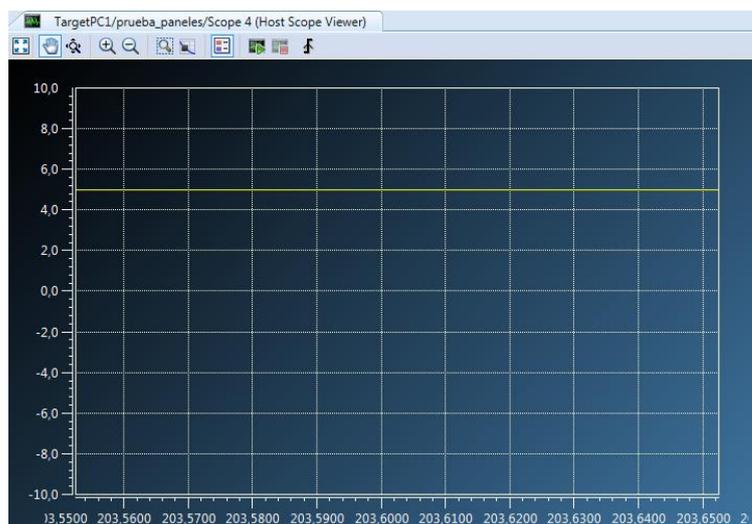


Figura 4.33 Control PWM al 60% de corriente en la carga

En la figura 4.34 se ilustra la forma de onda de oscilación del voltaje de la batería ante un evento del 70% de la corriente de la carga, en la cual se puede resaltar que no existen caídas tan significativas en su nivel de voltaje.

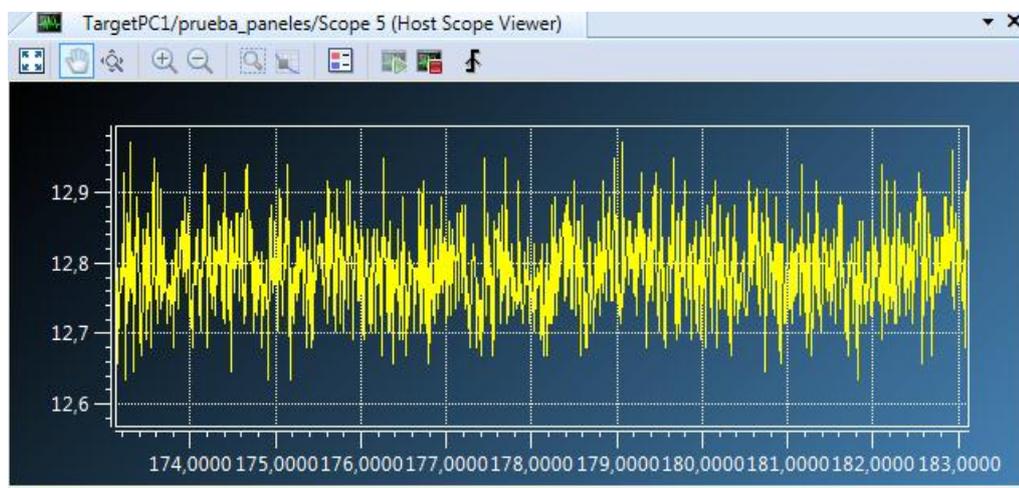


Figura 4.34 Voltaje de batería al 70% de corriente en la carga

En la figura 4.35 se muestra la forma de onda de la oscilación del voltaje de los paneles al 70% de la corriente de la carga, lo cual se puede resaltar que no genera caídas significativas de voltaje ante este evento.

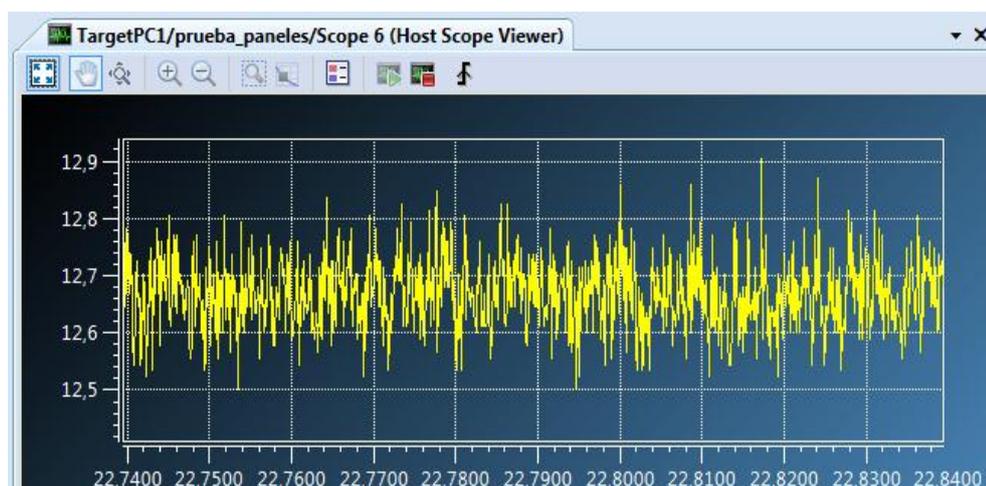


Figura 4.35 Voltaje de paneles al 70% de corriente en la carga

Como resultado y resumen de estas pruebas del presente proyecto, al suministrar una corriente que 2A a una resistencia de 3 ohm a manera de la carga del sistema, se obtuvo los siguientes datos descritos en la tabla 9.

IL (2A) [%]	IB [A]	IP [A]	VB [V]	VP[V]
30	0.1	0.55	12.8	12.7
40	0.1	0.75	12.8	12.7
50	0.1	0.95	12.8	12.7
60	0.1	1.15	12.8	12.65
70	0.1	1.35	12.8	12.65

Tabla 9: Resultados de prueba de la carga

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existen diversos aspectos a tratar para conseguir un diseño apropiado de un sistema de las cargas electrónicas variable para ello se creó una herramienta capaz de solucionar problemas al usuario al momento de analizar y calcular eficazmente el suministro de energía en la caracterización de paneles solares y baterías

Las señales de voltaje y corriente del sistema son adquiridas y mostradas en tiempo real de forma gráfica; estos resultados son los esperados basándose en cálculos realizados usando la ley de Ohm y el PWM aplicado al disparador del Mosfet de potencia.

Al estar la batería cargada en su nivel máximo permitido el regulador actúa como switch permitiendo el paso directo de energía desde los paneles hacia la carga resistiva.

Se logró un establecer un nivel de corriente DC más estable al trabajar con PWM a frecuencias cercanas a 1KHz, ya que a frecuencias bajas (2-10 Hz) midiendo el voltaje directamente en la carga se observó las fluctuaciones de voltaje en la misma.

Para la concepción de un buen diseño de la carga electrónica variable es necesario tener a mano un conocimiento detallado no solo de electrónica sino también del efecto fotoeléctrico.

Modificar el programa que controla el sistema de la carga electrónica de forma que, en lugar de establecer un valor de corriente específico para la carga, la corriente siga un patrón donde la corriente sea una función con respecto al tiempo establecida por el usuario.

Para el manejo de tarjetas de desarrollo como lo es la PCIe NI-6321 se debe contar con un computador que tenga las prestaciones necesarias para el funcionamiento óptimo de la misma, ya que fallo más común puede ser que el sistema operativo del computador quite recursos que necesita la tarjeta para su funcionamiento o viceversa.

Es de suma importancia no olvidar el correcto aterrizado del sistema a tierra.

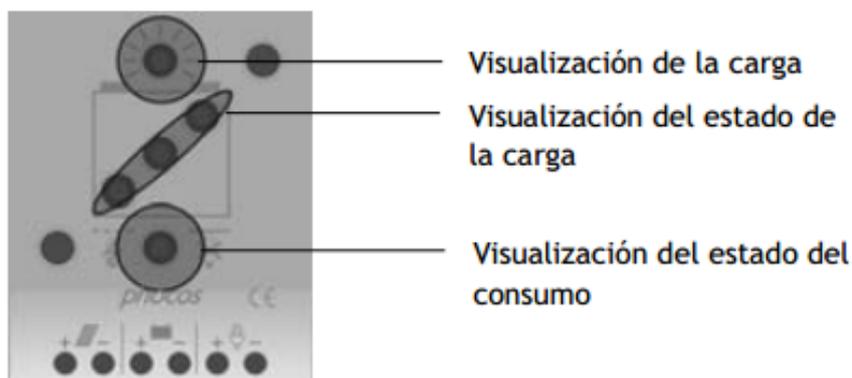
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Simec Chile SRL. (2001). [En línea]. Disponible en: https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602.
- [2] A. Cabrera, H. Cueva. (2014). Universidad de Cuenca. Modelación Dinámica de la oferta-demanda una micro Red-Eléctrica. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20875/1/tesis.pdf>.
- [3] N. Bejarano Bejarano. (2011). ESPOCH. Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Solar Para la Iluminación externa del Modular de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>.
- [4] MathWorks. (2016). MatLab. [En línea]. Disponible en: <http://www.mathworks.com/products/matlab/?requestedDomain=www.mathworks.com>.
- [5] MathWorks. (2016). Simulink. [En línea]. Disponible en: http://www.mathworks.com/products/simulink/?s_tid=srchtitle.
- [6] M.G. F. Magaly. (2011). Estudio de Factibilidad Para la Incorporación de un Sistema Solar Fotovoltaico en el Edificio RTV Ecuador. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3809/1/CD-3609.pdf>.
- [7] National Instruments. (2015). NI PCIe-6321. [En Línea]. Disponible en: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207405>.

ANEXOS

Anexo 1 (Partes de manual del controlador de la carga solar)

El controlador dispone de 5 LEDs y de una señal acústica de aviso.



En funcionamiento normal, el controlador muestra el estado de la carga de la batería y el estado de la carga de los paneles solares. Adicionalmente, cualquier descenso del estado de la carga (SOC) se señala acústicamente.

Visualización de la carga

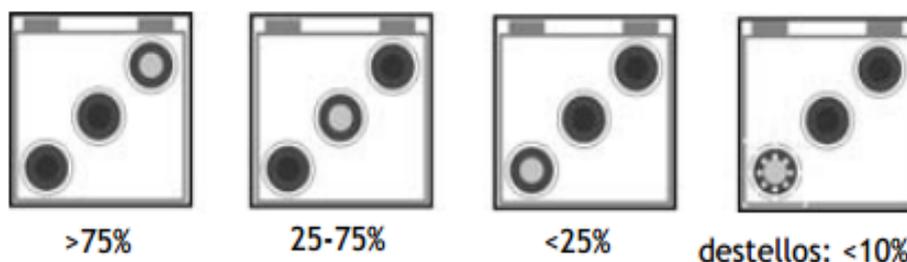


El módulo solar
suministra electricidad
(LED encendida)



El módulo solar no
suministra electricidad

Visualización del estado de la carga



El porcentaje indica la relación entre la energía disponible de una batería completamente cargada, y el mínimo indicado con Desconexión por Bajo Voltaje.

Descripción de Errores

Error	Circunstancia	Causa	Solución
No se suministran los consumos.		La batería está baja	El consumo se volverá conectar tan pronto como la batería est ecargada.
		Sobre corriente/ Cortocircuito de consumos	Desconectar todos los consumos. Suprimir cortocircuito. El controlador activará utomáticamente el consumo después de 1 minuto, como máximo.
		El voltaje de la batería es demasiado alto (>15.5 / 31.0 V)	Compruebe que otras fuentes no estén sobrecargando la batería. De otro modo, se dañará el controlador.
		Los cables o el fusible de la batería están dañados, la batería tiene una alta resistencia	Comprobar los cables y fusibles de la batería y el estado de la misma.

Error	Circunstancia	Causa	Solución
La batería se vacía después de poco tiempo		La batería tiene baja capacidad	Cambiar la batería
La batería no se carga durante el día		ódulo Solar defectuoso o polaridad equivocada	la conexión defectuosa o la polaridad inversa
Batería con polaridad equivocada	 Sonido permanente	La batería está conectada con polaridad inversa	Corrija la polaridad inversa de la batería