

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

Interfaz gráfica de usuario para el manejo de la carga electrónica Serie Bk 8500¹ usando la herramienta de Matlab

Juan Pablo Marulanda Ángel

Ingeniería mecatrónica

Director(es) del trabajo de grado

Bonie Jhoana Restrepo Cuestas

Jhon Jairo Rojas Montaña

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Julio de 2022

¹ Referencias: 8500, 8502, 8510, 8512, 8514, 8518, 8520, 8522, 8524 y 8526.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RESUMEN

En este proyecto se elaboró una interfaz gráfica de usuario con la herramienta Matlab y el entorno de desarrollo interactivo de *app designer* para programar una carga electrónica de la serie BK8500, de forma rápida y precisa a través de comunicación serial. La interfaz busca que el manejo del equipo sea más amigable y fácil de utilizar para cualquier usuario, y hacer más versátil la caracterización y evaluación de curvas de paneles fotovoltaicos y demás dispositivos electrónicos dispuestos en el laboratorio de electrónica y potencia de parque i en el ITM. Inicialmente, para desarrollar la herramienta fue necesario configurar los parámetros de cada función que el usuario desee ejecutar en la carga, los cuales se deben consultar en el manual propio del instrumento proporcionado por el fabricante *BK Precision*.

Una vez consultados los comandos propios de la carga se procede a identificar patrones y tiempos de ejecución en el instrumento, generando códigos de prueba que se envían desde el entorno de *Matlab*, con el fin de comprender la configuración del dispositivo conectado por medio de comunicación serial y así identificar la forma óptima de realizar el código para cada una de las funciones a programar.

Finalmente, después de realizar las funciones necesarias para la programación de la carga, se implementó el código de *Matlab* en conjunto con el entorno interactivo *app designer* para la creación de la interfaz gráfica, cuyo diseño se realizó con componente visuales interactivos para el usuario. Al realizar las pruebas dentro del laboratorio de electrónica y potencia se concluye que la interfaz es adecuada para el uso de cualquier usuario y es efectiva para el manejo y configuración de la carga electrónica.

Palabras clave: Carga electrónica, interfaz gráfica, entorno *Matlab*, *App designer*, comunicación serial, *USB*.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RECONOCIMIENTOS

Quiero extender un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible el desarrollo y culminación de este proyecto y que fueron una inspiración, apoyo y fortaleza en cada momento del proceso de mi formación académica.

En primer lugar, quiero agradecer a mis asesores Bonie Jhoana Restrepo y Jhon Jairo Rojas por darme la oportunidad de llevar a cabo esta modalidad de trabajo de grado, por brindarme los conocimientos necesarios para la elaboración del proyecto hasta conseguir los objetivos y resultados esperados.

Agradezco al profesor Cristian Guarnizo por su gran acompañamiento y dedicación, quien fue un gran apoyo para el avance del proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudios, en especial a Carolina Ortiz Arteaga, Juana María Bustamante y Diego Alonso Martínez por su valiosa y gran ayuda incondicional, por su disposición, acertados consejos y acompañamiento durante mi formación académica, quienes fueron de gran apoyo en los momentos difíciles.

A mi familia y a mi novia por acompañarme y apoyarme en todas y cada una de las etapas de mi proceso profesional, por creer en mí, por su tolerancia y comprensión infinita, por su apoyo incondicional ante las situaciones adversas y por demostrarme que " El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere".

Por último, quiero agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano y al laboratorio de energía eléctrica y potencia por su disposición oportuna de todos los espacios, instrumentos y recursos necesarios para el desarrollo de mi trabajo de grado.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ACRÓNIMOS

CC Corriente constante

C Corriente

CV Voltaje constante

V Voltaje

CW Potencia constante

W Potencia

CR Resistencia constante

R Resistencia

Ah Capacidad en amperios por hora

Wh Capacidad en vatios por hora

DC Corriente continua

GUI Interfaz gráfica de usuario

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.1 | Objetivos | 7 |
| 1.1.1 | General | 7 |
| 1.1.2 | Específicos..... | 7 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 | Cargas electrónicas DC – Serie 8500..... | 8 |
| 2.1.2 | Modos de funcionamiento flexibles | 9 |
| 2.2 | Comunicación serial..... | 10 |
| 2.3 | Entorno de programación y desarrollo interactivo | 10 |
| 2.3.1 | Matlab..... | 10 |
| 2.3.2 | <i>App Designer</i> | 11 |
| 3. | METODOLOGÍA..... | 12 |
| 3.1 | Análisis de la carga electrónica de la serie BK8500 | 12 |
| 3.1.1 | Panel frontal y configuración manual de la carga | 12 |
| 3.2 | Pruebas de escritura y lectura | 18 |
| 3.2.1 | Configuración remota de la carga..... | 18 |
| 3.3 | Diseño y programación de la interfaz de usuario | 20 |
| 3.4 | Validación de la interfaz de usuario..... | 21 |
| 3.5 | Elaboración de un manual de operación para el manejo de la interfaz..... | 21 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 22 |
| 5. | CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO | 51 |
| 5.1 | Conclusiones | 51 |
| 5.2 | Recomendaciones y trabajo futuro | 52 |
| | REFERENCIAS | 54 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las aplicaciones electrónicas de hoy en día, es importante el uso de fuentes de energías eficientes y confiables en su rendimiento y calidad. Es por esto, que la demanda de instrumentos que verifiquen la calidad de los diferentes dispositivos electrónicos ha aumentado significativamente, con el fin de representar con precisión los resultados que cada caso de estudio requiera. En lo que compete al ITM, es necesario contar con un instrumento de prueba que pueda realizar mediciones precisas y represente mejor los resultados que definen el rendimiento de los dispositivos empleados en el laboratorio de energía eléctrica y potencia y demás laboratorios de desarrollo curricular. La carga electrónica de *DC* de la serie BK8500 es un instrumento que ayuda a evaluar estos dispositivos, para que se mantengan en un estado óptimo y es ideal para caracterizar fuentes de alimentación *DC*, convertidores *DC – DC*, baterías, celdas solares y celdas de combustibles, beneficiando a los grupos de investigación de nuestra institución.

En los laboratorios del ITM realizan la programación de la carga electrónica de forma manual, ésta forma es tediosa y compleja, razón por la cual se requiere diseñar una interfaz gráfica que permita hacer la programación del dispositivo por medio de comunicación serial, de manera que sea más amigable y fácil de utilizar para cualquier usuario.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se deben tener en cuenta las funciones descritas en el manual de usuario que representan cada proceso del funcionamiento adecuado de la carga electrónica.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Desarrollar una interfaz gráfica de usuario con la herramienta *Matlab* para programar la carga electrónica de la serie BK8500.

1.1.2 Específicos

- Analizar el modo de programación propia de la carga.
- Determinar la secuencia de funciones requeridas para hacer cada proceso específico que se pueda aplicar al utilizar la carga.
- Validar la programación a través de pruebas físicas realizadas con la carga electrónica, para identificar patrones, errores y tiempos de ejecución en la transición del control manual a remoto.
- Desarrollar una interfaz de usuario en la que se implementen diferentes configuraciones y metodologías propias de la carga eléctrica para cada caso de estudio.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se proporciona la información sobre conceptos que son importantes para el entendimiento del proyecto realizado, conceptos como la carga electrónica, la comunicación serial y el entorno usado para la programación, que para el caso se realiza con *Matlab* en conjunto con *app designer*.

2.1 Cargas electrónicas DC – Serie 8500

Las cargas electrónicas de *DC* son instrumentos ampliamente utilizados en entornos de electrónica de potencia. Estos dispositivos se utilizan para probar y evaluar una amplia variedad de fuentes de alimentación *DC*, caracterizar convertidores *DC-DC*, baterías, celdas de combustible y celdas solares (aplicaciones de bajo voltaje). Dependiendo del modelo, tienen amplios rangos de operatividad que van desde 0.1 V hasta 500 V y 240 A, con clasificaciones de potencia que van desde los 300 W hasta los 5000W y cuenta con protecciones contra sobre temperatura, voltaje, corriente y polaridad inversa.

Las cargas electrónicas pueden ser cruciales para varias pruebas y aplicaciones, dentro de las cuales están las pruebas de fuentes de alimentación *DC*, donde hay algunas características que determinan ciertos factores de rendimiento y por ende deben evaluarse con la carga, como lo son la respuesta transitoria de carga, la regulación de carga y el límite de corriente, pruebas de descarga de baterías y resistencia interna, para medir la vida útil y evaluar la eficiencia de la batería, pruebas en celdas fotovoltaicas para la obtención de curvas I-V que permitan evaluar y monitorear su comportamiento y rendimiento, y pruebas en aplicaciones de alto voltaje. Habitualmente, durante estas pruebas se necesita realizar un barrido repetitivo con mínimo 200 pasos en modo lista para que el ensayo sea exitoso. Por esta razón la configuración manual no es tan efectiva ya que eleva el tiempo de procesamiento y el ingreso de los comandos respectivos. A veces, incluso estos dispositivos pueden comportarse como supervisor durante cualquier medición en algún proceso, es

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

decir puede actuar como voltímetro o como fusible en circuitos, para verificar los umbrales de corriente y ayudar a prevenir posibles fallas.

Las cargas electrónicas disponen, generalmente, de varios modos de trabajo:

- CC: Corriente constante
- CV: Voltaje constante
- CW: Potencia constante
- CR: Resistencia constante

y mientras están en operación se puede apreciar en tiempo real la medición de tensión/corriente o resistencia/potencia de los diferentes dispositivos conectados a sus terminales de carga, que están aislados y flotantes.

2.1.2 Modos de funcionamiento flexibles

2.1.2.1 Modo de corriente constante (CC)

La carga absorberá una corriente acorde con el valor de corriente programado, independientemente del voltaje de entrada. Este modo se utiliza para pruebas de regulación de carga en fuentes de alimentación *DC* o para caracterizar el perfil o la curva de descarga de una batería.

2.1.2.2 Modo de voltaje constante (CV)

La carga intentará tomar suficiente corriente para controlar el voltaje de la fuente al valor programado. Este modo es adecuado para evaluar fuentes de alimentación o cargadores de baterías o de suministros de instrumentos eléctricos y electrónicos.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2.1.2.3 Modo de potencia constante (CW)

Simula una carga cuyo consumo de energía es independiente del voltaje que se esté aplicando. Es útil para probar cualquier fuente de alimentación recargable y simular una curva de descarga en tiempo real.

2.1.2.4 Modo de resistencia constante (CR)

La carga absorberá una corriente linealmente proporcional al voltaje de entrada de acorde con el valor programado de resistencia.

2.2 Comunicación serial

Alegsa (2016) da una definición de comunicación serial:

En telecomunicaciones y computación, la comunicación serial es el proceso de envío de datos de un bit por vez, secuencialmente, sobre un canal de comunicación o un bus de computadora. Contrasta con la comunicación paralela, donde todos los bits de cada símbolo (la más pequeña unidad de datos transmitida por vez) son enviados juntos.

2.3 Entorno de programación y desarrollo interactivo

2.3.1 Matlab

García & Rodríguez dan una definición de *MATLAB*:

MATLAB es el nombre abreviado de "*MATrix LABoratory*". *MATLAB* es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares, -tanto reales como complejos-, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

en dos y tres dimensiones. *MATLAB* tiene también un lenguaje de programación propio ... Para ciertas operaciones es muy rápido ... en otras aplicaciones resulta bastante más lento que el código equivalente desarrollado en C/C++ o Fortran. Sin embargo, siempre es una magnífica herramienta de alto nivel para desarrollar aplicaciones técnicas, fácil de utilizar y que, como ya se ha dicho, aumenta significativamente la productividad de los programadores respecto a otros entornos de desarrollo.

2.3.2 App Designer

MathWorks (s.f.) realiza una definición sobre *App Designer* para el entendimiento de cualquier persona que requiera implementar esta herramienta:

App Designer es un entorno de desarrollo interactivo para diseñar una aplicación y programar su comportamiento. Proporciona una versión totalmente integrada del editor de *MATLAB* y un gran conjunto de componentes interactivos de la *GUI* ... Permite distribuir *apps* empaquetándolas en los archivos del instalador directamente desde la barra de herramientas de *App Designer*, o bien creando una aplicación web o de escritorio independiente.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3. METODOLOGÍA

3.1 Análisis de la carga electrónica de la serie BK8500

Se lee el manual de usuario y la información relacionada con la carga electrónica de la serie BK8500, para entender el funcionamiento del equipo realizando pruebas de laboratorio. Teniendo en cuenta los límites de operación de cada variable a analizar y controlar, para que el manejo del equipo sea seguro. Inicialmente se analiza la forma de programación manual de la carga electrónica la cual está descrita en el manual de usuario, para esta forma de programarla es indispensable hacer uso del panel frontal.

3.1.1 Panel frontal y configuración manual de la carga

Todos los parámetros de la carga electrónica se pueden configurar desde el panel frontal del dispositivo. Las teclas numéricas y la perilla giratoria brindan una interfaz conveniente para parametrizar el modo de operación y los valores deseados de corriente, voltaje, resistencia y potencia de manera rápida y precisa. La resolución máxima del voltaje y la corriente es de 1 mV y 0.1 mA respectivamente, ver Figura 1.



Figura 1. Panel frontal de la carga BK8502

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

La Figura 1 hace referencia al panel frontal de la carga 8500. Todos los modelos tienen el mismo panel frontal, solo la sección de los terminales de prueba varía según el modelo.

1. Pantalla de alta resolución y fácil lectura: Muestra los parámetros establecidos y los valores medidos de cada prueba realizada. Se puede alternar entre las pantallas de voltaje/corriente y potencia/resistencia.
2. Perilla giratoria para el ingreso de datos: Proporciona un control rápido de forma analógica, se gira para ajustar cualquier valor de configuración en la carga, y se presiona para alternar la visualización de las mediciones en cualquier modo de operación.
3. Teclado numérico: Por medio del cual se puede ingresar a conveniencia, los valores y parámetros establecidos directamente para alguna aplicación en específico y acceder a funciones secundarias de la carga.
4. Teclas de función: El primer grupo (*I-set, V-set, P-set, R-set*) permiten activar el modo de operación del instrumento, ya sea corriente, voltaje, potencia o resistencia constante y las demás (*Shift, Enter, Δ, ∇, on/off*) permiten el desplazamiento por los diferentes menús de la carga, así como la activación y desactivación de otras funciones generales de esta y su orden de encendido o apagado para la puesta en marcha de los ensayos.
5. Terminales de carga: Es el bloque de terminales de entrada donde se conecta al instrumento durante la prueba, generalmente, suelen ser de tornillos de cabeza hexagonal.

Para configurar manualmente la carga y llevar a cabo cualquier prueba o aplicación deseada se debe remitir y realizar un análisis a fondo del funcionamiento de la misma, tomando como referencia el manual de la carga electrónica BK 8500 proporcionado por el fabricante. Las teclas de función del panel frontal de la carga, es el punto de partida para definir cada tarea que realizara el dispositivo.

Se debe usar **Shift + 0** (El menú es una función secundaria) para acceder a los menús disponibles. A continuación, se presenta una tabla con los menús que se encuentran

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

dispuestos en la carga electrónica. En la Tabla 1, “Lvl” indica el nivel del menú, que también se indica mediante la sangría del texto del elemento del menú. Para desplazarse sobre las diferentes opciones del menú de la carga se debe usar las teclas Δ y ∇ y para acceder o establecer, la tecla **Enter**. Para retornar al nivel anterior se debe presionar la tecla **Esc**. Algunas opciones del menú vienen por defecto en estado OFF, es decir, indica que la selección del menú es predeterminada.

Tabla 1.

Menús de la carga electrónica serie BK8500, proporcionada en la hoja de datos del fabricante.

| Lvl | Opción del menú | función |
|------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Configuración | |
| 2 | Configuración inicial | Retorna el instrumento a configuraciones por defecto de fábrica. |
| 2 | Remanencia al encender | Encender el estado del instrumento. |
| 3 | ON | Recuerda el estado del último apagado. |
| 3 | OFF | No recuerda el estado del último apagado. |
| 2 | Remanencia de la entrada | Recordar si la carga estaba encendida |
| 3 | ON | Si la carga estaba encendida antes del apagado, el estado ON va a ser reanudado al encender. La remanencia al encender debe estar activada para esta función. |
| 3 | OFF | Al encender, el instrumento va a estar en estado OFF o de apagado. |
| 2 | Ajuste de sonido de tecla | |
| 3 | ON | Habilitar sonido cuando se presiona cualquier tecla. |
| 3 | OFF | Deshabilitar sonido cuando se presiona cualquier tecla. |
| 2 | Configuración de bloqueo de perilla | |
| 3 | ON | Al rotar la perilla no funciona. |
| 3 | OFF | Al rotar la perilla funciona. |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|---|--|---|
| 2 | Recordar acceso directo | Evocar rápidamente un registro de configuración al presionar una tecla numérica. |
| 3 | ON | Permite evocar rápidamente un registro de configuración al presionar una tecla numérica. |
| 3 | OFF | Presionar una tecla numérica no evoca una configuración. |
| 2 | Selección de rango | Cambia la precisión de los valores mostrados en pantalla. |
| 3 | ON | Permite al usuario seleccionar el rango del instrumento, dando una mejor resolución de voltaje y/o corriente. Presionar Shift + Δ o Shift + ∇ para conmutar resoluciones. |
| 3 | OFF | Medidas de resolución de corriente y voltaje están fijadas. |
| 2 | Detección remota | |
| 3 | ON | Detección remota encendida. |
| 3 | OFF | Detección remota apagada. |
| 2 | Índice de actualización de ADC | Configura el índice al cual la pantalla es actualizado. |
| 3 | Alto | |
| 3 | Bajo | |
| 2 | Fuente de disparo (Trigger) | Como el instrumento es disparado. |
| 3 | Inmediato | Disparado desde las teclas Shift + Trigger |
| 3 | Externo | Disparado desde una señal alta TTL (mayor que 5 ms) en el conector del disparador en el panel posterior. |
| 3 | Bus | Disparado desde un comando de bus serial |
| 2 | Modo de conexión | |
| 3 | Multiplexado | No soportado con este hardware. (En realidad debería decir "Multiplexado".) |
| 3 | Separado | |
| 2 | Establecer velocidad de transmisión (Baudrate) | Establecer la velocidad de conexión del bus serial. |
| 3 | 4800 | |
| 3 | 9600 | |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|----------|------------------------------------|---|
| 3 | 19200 | |
| 3 | 38400 | |
| 2 | Establecer paridad de comunicación | Paridad de la conexión serial |
| 3 | Ninguna | |
| 3 | Alguna | |
| 3 | Impar | |
| 2 | Establecer dirección | Establecer la dirección del instrumento. Debe ser entero entre 0x00 (0) y 0xFE (254) incluyéndolos. |
| 2 | Establecer contraseña | Establece la contraseña del instrumento entre 1-4 dígitos. Presione enter con ningún dato de entrada para borrar la contraseña. |
| 2 | Salir | Retorna al nivel anterior del menú |
| 1 | Establecer sistema | |
| 2 | Establecer corriente máxima | Establecer la máxima corriente permitida. Accediendo a este valor causara que la carga se apague. Este valor también se convierte en la corriente máxima que se puede establecer. |
| 2 | Establecer potencia máxima | Establecer la máxima potencia permitida. Accediendo a este valor causara que la carga se apague. Este valor también se convierte en la corriente máxima que se puede establecer. |
| 2 | Establecer voltaje máximo | Establecer el máximo voltaje permitido. Accediendo a este valor causara que la carga se apague. Este valor también se convierte en la corriente máxima que se puede establecer. |
| 2 | Establecer voltaje de encendido | Es usado para establecer un voltaje límite de encendido. Por defecto: 0.00V |
| 2 | Establecer voltaje de apagado | Es usado para establecer un voltaje límite de apagado. Por defecto: 0.00V |
| 2 | Salir | Retornar al nivel anterior del menú |
| 1 | Conjunto de listas | Las listas son secuencias programadas de valores de carga. |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|---|----------------------------|---|
| 2 | Ajuste de modo | |
| 3 | Modo fijo | Las características de la carga se establecen por el panel frontal. |
| 3 | Modo de lista | Las características de la carga son dinámicas y controladas por una lista almacenada en memoria. |
| 2 | Llamar un archivo de lista | Evocar una lista existente desde la memoria no volátil. |
| 3 | Evocar N | N es un número de lista. |
| 2 | Editar archivo de lista | Note que cada archivo de lista tiene 4 listas, una por cada modo de operación (CC, CV, CW, CR). |
| 3 | Lista de corriente | |
| 4 | Una vez | La lista es ejecutada una vez por disparo. |
| 4 | Repetir | La lista es ejecutada repetidamente después de que el disparo es recibido. |
| 3 | Lista de voltaje | |
| 4 | Una vez | La lista es ejecutada una vez por disparo. |
| 4 | Repetir | La lista es ejecutada repetidamente después de que el disparo es recibido. |
| 3 | Lista de potencia | |
| 4 | Una vez | La lista es ejecutada una vez por disparo. |
| 4 | Repetir | La lista es ejecutada repetidamente después de que el disparo es recibido. |
| 3 | Lista de resistencia | |
| 4 | Una vez | La lista es ejecutada una vez por disparo. |
| 4 | Repetir | La lista es ejecutada repetidamente después de que el disparo es recibido. |
| 2 | Llamar archivo de prueba | Evoca un archivo de prueba almacenado. |
| 3 | Evoca N | N es un numero de archivo. |
| 2 | Editar archivo de prueba | |
| 2 | Modo de almacenar lista | Establecer como la memoria no volátil es particionada para almacenar listas. Puedes elegir entre numerosas listas cortas o listas menos extensas. |
| 3 | 8 x 120 pasos | |
| 3 | 4 x 250 pasos | |
| 3 | 2 x 500 pasos | |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|----------|-----------------------------------|--|
| 3 | 1 x 1000 pasos | |
| 2 | Salir | Retorna al nivel anterior del menú. |
| 1 | Encender carga temporizada | Habilita la carga temporizada. |
| 2 | Estado del temporizador | |
| 3 | ON | Cuando el temporizador de la carga está habilitado por este elemento del menú, la carga se enciende cuando el botón on/off es presionado. Después de que haya pasado el periodo de tiempo establecido, la carga se apaga. |
| 3 | OFF | Cuando la carga se enciende mediante el botón on/off , la carga permanece encendida indefinidamente. |
| 2 | Establecer temporizador | Establecer el periodo de tiempo desde 1 hasta 60000 s para que la carga se encienda. |
| 2 | Salir | Retorna al nivel anterior del menú. |
| 1 | Salir | Retorna a la pantalla estándar. |

Nota. Tomado de BK *precision.* (s.f.) disponible en línea: [<https://www.bkprecision.com/products/dc-electronic-loads/8514-1200-w-programmable-dc-electronic-load.html>].

3.2 Pruebas de escritura y lectura

Se analizan y validan cada una de las funciones de la carga electrónica y la configuración pertinente para su uso en cada uno de los modos de operación, depurando órdenes básicas desde el software Matlab por medio de comunicación serial. Por ello es necesario entender cómo se realiza la comunicación remota con la carga electrónica.

3.2.1 Configuración remota de la carga

Para mejorar y simplificar los métodos de prueba realizados con la carga electrónica de DC, así como para reforzar sus respectivas características, esta se puede parametrizar de forma remota desde cualquier computador por medio de la interfaz de comunicación serial de tipo RS-232, lo que le permite al usuario programar y monitorear completamente todos los parámetros dispuestos en el instrumento.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

La carga electrónica cuenta con un conector DB9 en el panel posterior el cual permite la comunicación remota con cualquier computador. Para configurar el instrumento a través de la interfaz USB desde el entorno de Matlab y poder realizar cualquier prueba o desarrollar alguna tarea deseada se debe remitir al manual de la carga electrónica BK 8500 proporcionado por el fabricante BK *Precision*, donde se describen los comandos que se deben enviar a la carga para la ejecución de la tarea requerida por parte del usuario. La carga se programa utilizando paquetes de bytes. La estructura del paquete tanto de escritura o de lectura (hacia o desde el instrumento) siempre contiene 26 bytes, es decir se envía un paquete de 26 bytes al instrumento y luego se lee un paquete de 26 bytes de vuelta desde la carga ya sea para obtener el estado del paquete enviado o para obtener algún dato solicitado. Como Matlab utiliza un lenguaje interpretado los comandos dentro del paquete tanto de escritura como de lectura deben estar en el sistema decimal, la estructura del paquete de comando se muestra en la Tabla 2; *en donde* el byte 3 es el comando utilizado de acuerdo con la función a realizar, y en el byte 26 se realiza la respectiva verificación del paquete enviado.

Tabla 2

Estructura de cada paquete de 26 bytes para realizar la parametrización de la carga electrónica serie BK8500.

| Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 | Byte 4 al 25 | Byte 26 |
|------------|-----------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| 0xAA = 170 | Dirección | Comando (orden) | Datos de comando/Reservados | Suma de verificación |

En caso de enviar paquetes de mando a la carga con la estructura de la Tabla 2, su respuesta será un paquete de estado, en donde se indica si la suma de verificación es incorrecta (se recibe 0x90 = 144 en byte de estado), si el parámetro es incorrecto (se recibe 0xA0 = 160 en el byte de estado), si no reconoce el comando (se recibe 0xB0 = 176 en el byte de estado), si el comando es inválido (se recibe 0xC0 = 192 en el byte de estado) o si el comando fue exitoso (se recibe 0x80 = 128 en el byte de estado), la estructura del paquete en este caso se muestra en la Tabla 3.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Tabla 3

Estructura del paquete de bytes de estado enviado desde la carga electrónica.

| Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 | Byte 4 | Byte 5 al 25 | Byte 26 |
|------------|-----------|-----------|----------------|---------------------------------|----------------------|
| 0xAA = 170 | Dirección | 0x12 = 18 | Byte de estado | Datos de comando/ Reservados | Suma de verificación |

Por lo tanto, el primer byte de cualquier paquete de comando o de estado siempre es 0xAA = 170. La dirección debe ser un byte que este entre 0x00 = 0 y 0xFE = 254, sin embargo, la configuración de la dirección puede ser opcional. El comando es un byte (orden) que identifica que función o mando de la carga se va a utilizar. En el área para los datos de comando contiene información de parámetros de la función que se necesita efectuar en el instrumento o los datos que se solicitan a través de un comando anterior. Algunos comandos no tienen datos en absoluto, lo que hace conveniente por buena práctica de programación, establecer todos los bytes que no se utilicen en 0x00 = 0. Finalmente, en el byte 26, la suma de verificación es la suma aritmética de cada uno de los 25 bytes del paquete en modulo 256.

Teniendo claro la información descrita anteriormente sobre la descripción general de la programación de la carga y tomando como referencia algunas funciones desarrolladas desde el laboratorio de electrónica y potencia, para configurarla a través de Matlab, se realizan las pruebas pertinentes para verificar el funcionamiento adecuado del instrumento, enviando distintos comandos por medio de la comunicación serial y recibiendo el paquete de estado y así comprobar desde el panel frontal que la información este llegando y efectuándose correctamente.

3.3 Diseño y programación de la interfaz de usuario

Se realiza la programación de las funciones en el software Matlab en conjunto con la interfaz gráfica paso por paso para realizar pruebas en cada parte del proceso. Se seleccionan los

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

componentes de interacción adecuados para manipular y controlar la carga electrónica de forma segura.

3.4 Validación de la interfaz de usuario

Se implementa un esquema de pruebas en el cual se verifica la programación de la carga electrónica con cada avance que se realiza, de manera que todo quede funcionando correctamente.

3.5 Elaboración de un manual de operación para el manejo de la interfaz

Se realiza una guía con el fin de orientar al usuario en el manejo de la interfaz gráfica, además, se explica cómo se debe realizar la conexión a través de comunicación serial, y como se debe verificar el puerto COM en el que se conecta la carga con el ordenador y el *baudrate* del bus serial en el menú del instrumento desde su panel frontal.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar las pruebas programando la carga de forma manual desde el panel frontal para comprender su funcionamiento, se realiza la programación que parametriza la carga de forma remota por medio de comunicación serial desde el entorno de Matlab y así realizar su respectivo control durante cada prueba realizada, verificando que cada función se lleve a cabo satisfactoriamente.

Para configurar la carga electrónica desde Matlab se debe remitir al manual de usuario del instrumento donde se detallan los comandos que se deben enviar hacia ésta, para que realice la tarea especificada. Inicialmente se debe configurar la comunicación serial, especificando el puerto COM en el cual la carga está conectada (esta información se debe verificar en los puertos COM desde el administrador de dispositivos), la velocidad de transmisión o *baudrate* (esta información se puede modificar y/o se puede consultar en la carga accediendo al menú de forma manual desde el panel frontal), los bits de datos, el bit de parada y la paridad están configurados por defecto como 8, 1, "none", respectivamente, en la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo para establecer la comunicación serial.

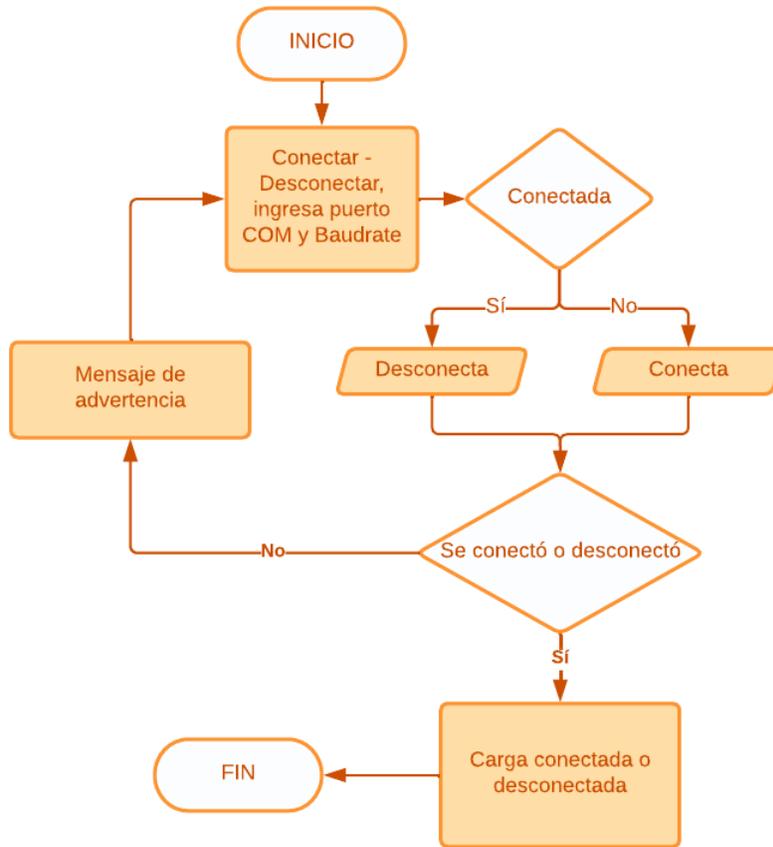


Figura 2. Diagrama de flujo para establecer la comunicación serial con la carga electrónica.

En la Figura 3 se muestra cómo establecer el puerto COM desde la interfaz gráfica y en la Figura 4 se muestra cómo establecer el *baudrate*, para luego presionar el botón de conectar y que se establezca la comunicación serial.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 3. Configuración del puerto COM para establecer la comunicación serial.

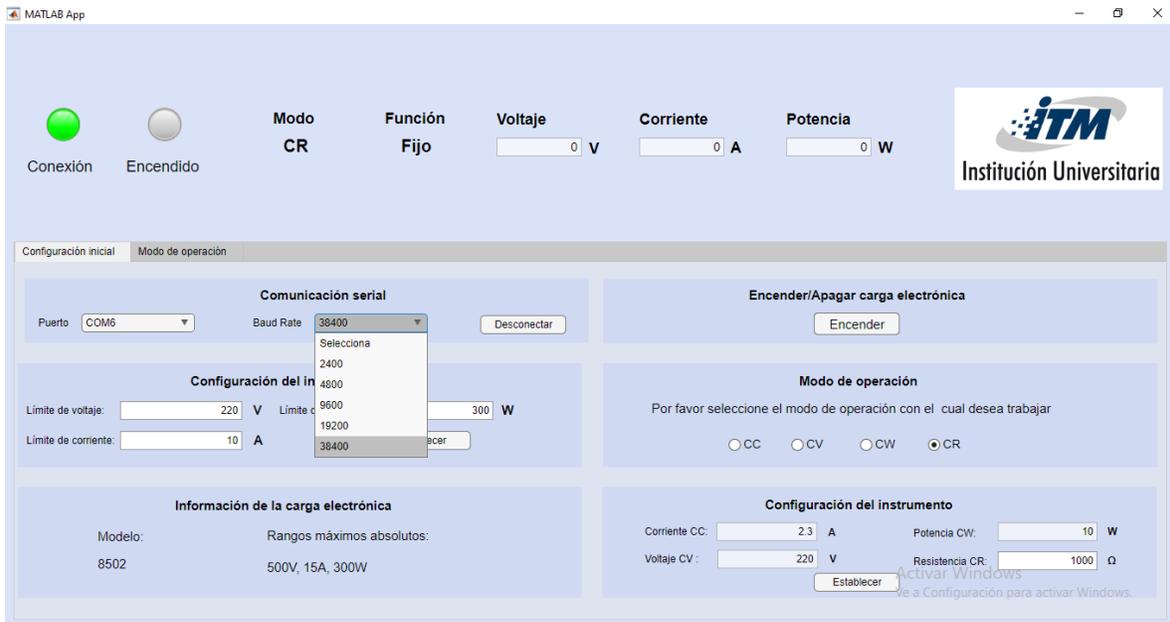


Figura 4. Configuración del baudrate para establecer la comunicación serial.

Después de establecer la comunicación serial, la carga se habilita en la operación remota para poder configurar la carga desde la interfaz gráfica, esto se logra al enviar el paquete de mando correcto como se explica en la Tabla 2, en donde en el byte 3 se envía 32 (que

equivale a 0x20 en hexadecimal) y en el byte 4 se envía 1 para habilitar la operación remota como se muestra en la Figura 5 y Figura 6.

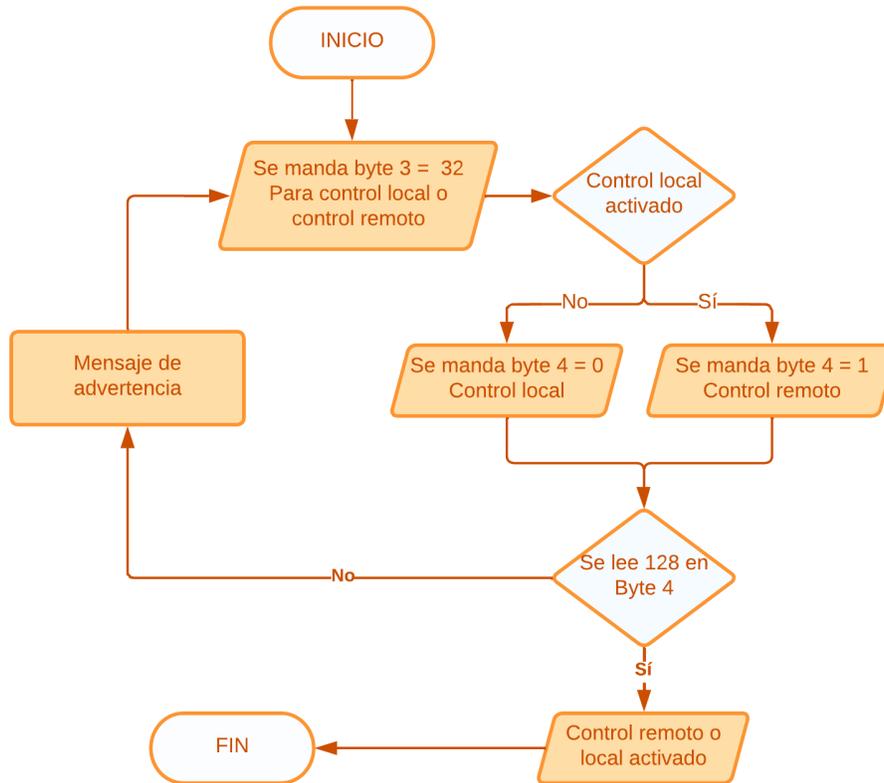


Figura 5. Diagrama de flujo para habilitar control local o remoto.



Figura 6. Indicador Remoto visto desde la pantalla de la carga electrónica.

Si se enciende la carga, en el byte 3 se mandará el valor de 33 en decimal (0x21 en hexadecimal) y si la carga responde 128 en el byte 4 del paquete de bytes de estado (ver Figura 7), eso significa que se encendió correctamente.

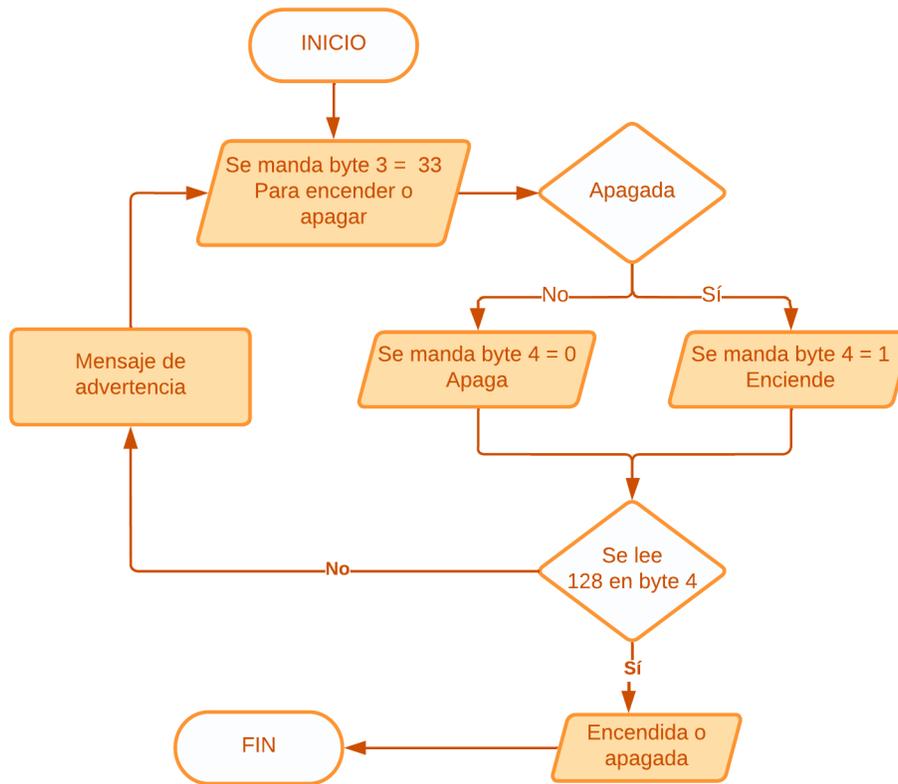


Figura 7. Diagrama de flujo para encender o apagar.

Si se enciende la carga se obtienen los valores de entrada de voltaje, corriente y potencia, en la Figura 8 se muestra el diagrama de flujo para pedirle a la carga esta información.

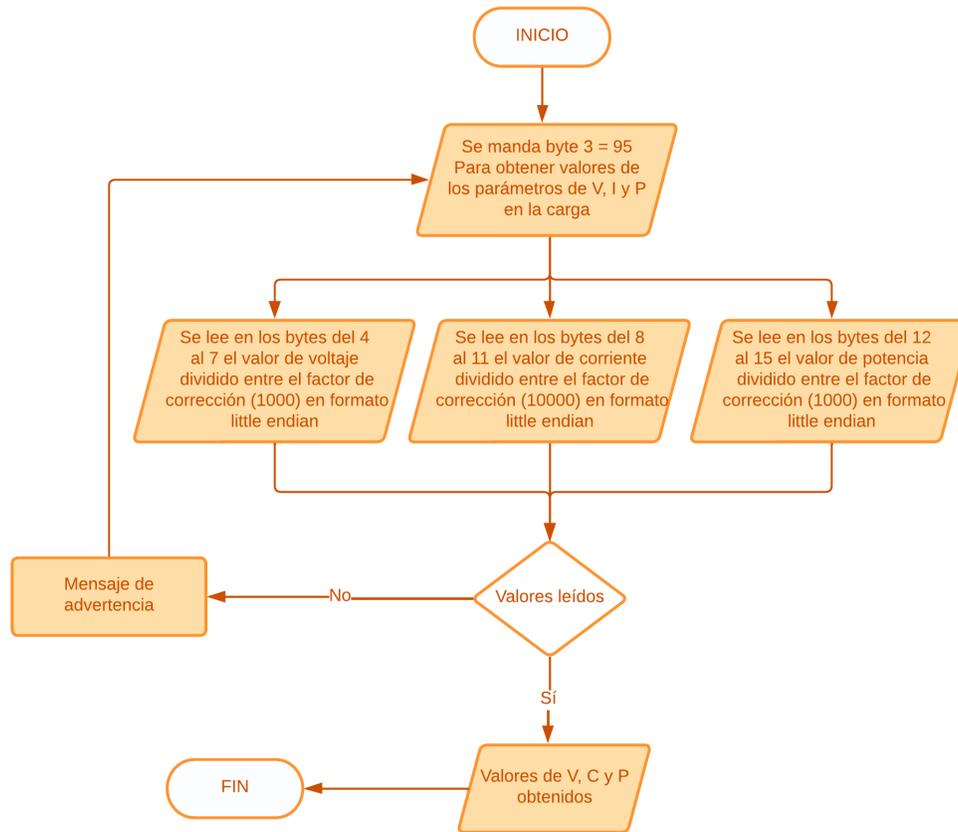


Figura 8. Diagrama de flujo para obtener valores de los parámetros de V, I y P en la carga.

En la Figura 9 y la Figura 10 se pueden observar los valores de entrada de corriente, voltaje y potencia desde la pantalla de la carga electrónica.



| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Figura 9. Valores de voltaje y corriente leídos al encender la carga, vistos en la pantalla del instrumento.



Figura 10. Valores de potencia y corriente leídos al encender la carga, vistos en la pantalla del instrumento.

En la Figura 11 se muestran los mismos valores de entrada vistos desde la interfaz gráfica de usuario.

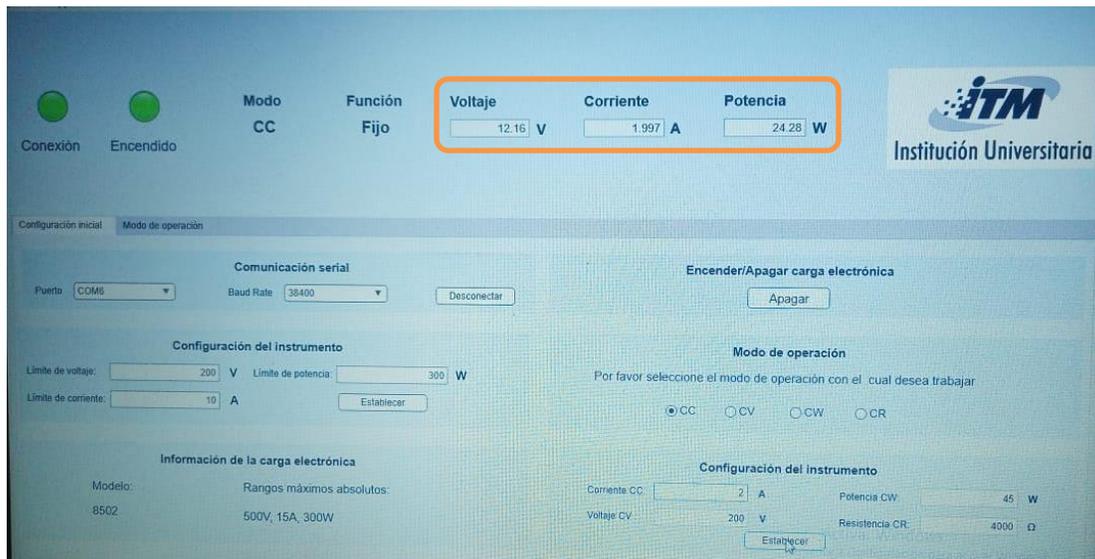


Figura 11. Valores de Voltaje, corriente y potencia leídos al encender la carga, vistos en la interfaz gráfica.

En todo momento desde que la carga esté conectada se lee la información del producto (ver Figura 12), es decir, la referencia y sus valores límite (rango de operación), los cuales cambian dependiendo de cada referencia.

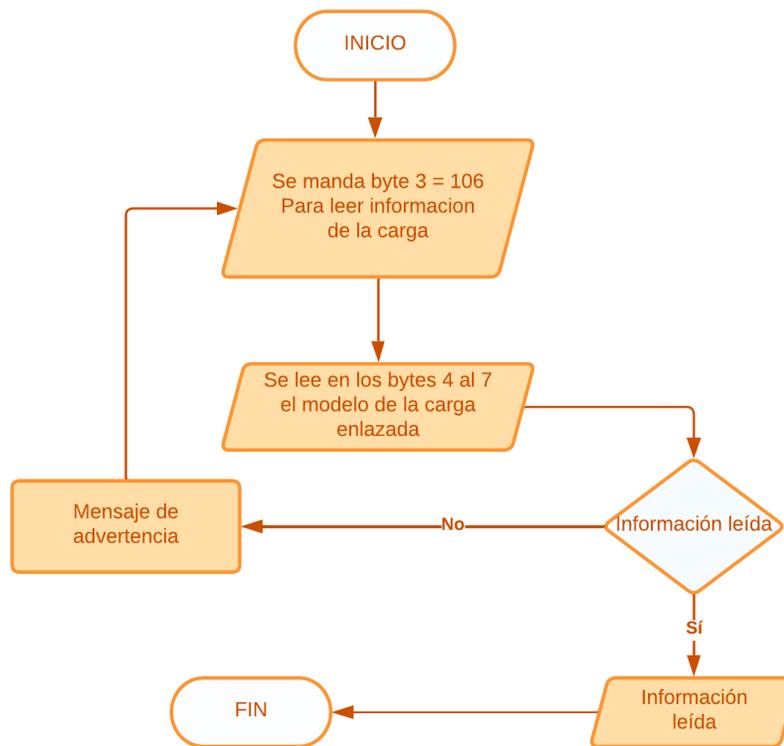


Figura 12. Diagrama de flujo para leer información de la carga.

Al estar conectada también se lee el modo de operación establecido, en donde en el byte 3 se manda el valor 41 y en el byte 4 se recibe 0, 1, 2 o 3 dependiendo del modo de operación como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 13.

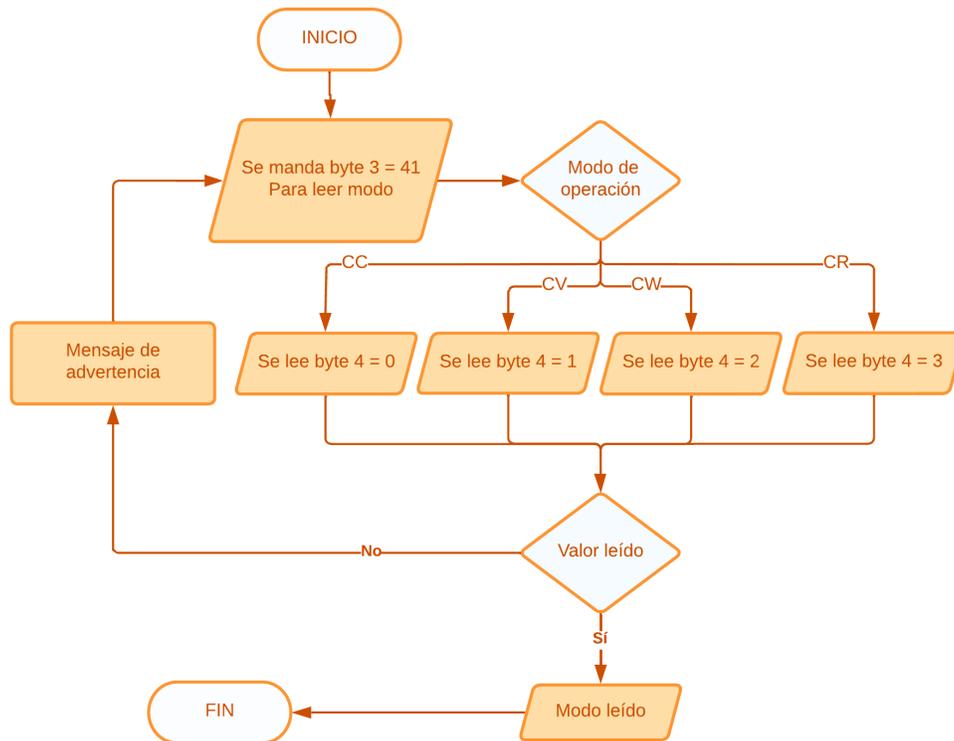


Figura 13. Diagrama de flujo para leer modo de operación.

Se lee también la función de operación como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 14 y en la Figura 15 se muestra la función de operación establecida desde la interfaz gráfica.

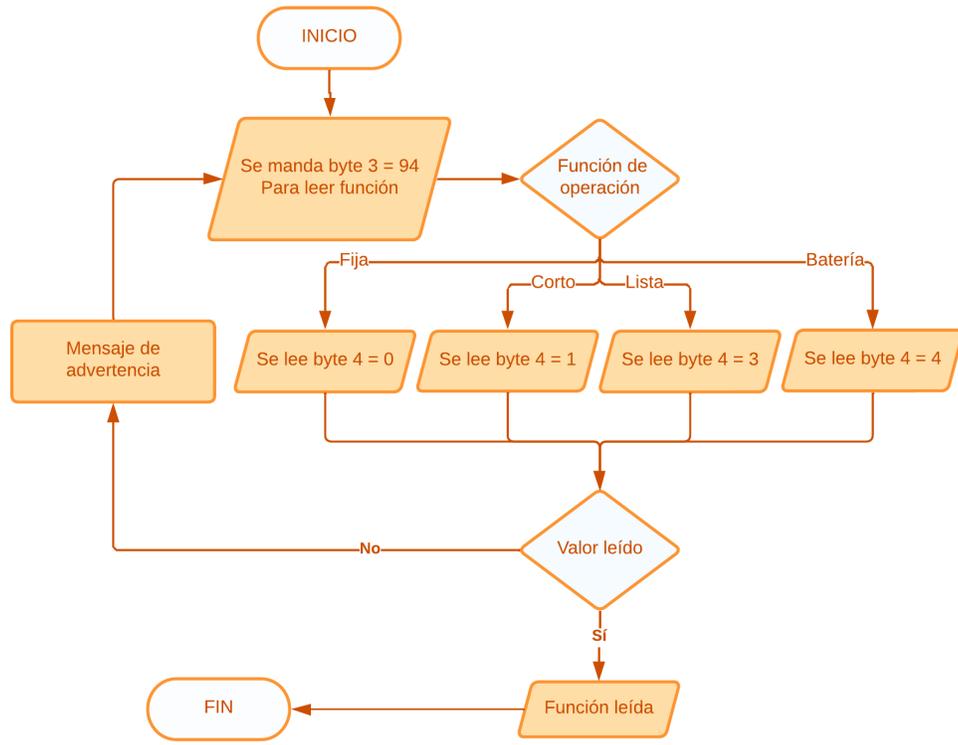


Figura 14. Diagrama de flujo para leer función.



Figura 15. Establecer y leer la función de operación desde la interfaz gráfica (Para este caso la carga se encontraba en función de lista y se cambió para la función de prueba de batería).

Además, se obtienen los valores máximos permitidos de los parámetros de V, I y P, enviando en el byte 3: 35 para obtener el valor de voltaje, 37 para obtener el valor de corriente y 39 para obtener el valor de potencia como se muestra en la Figura 16.

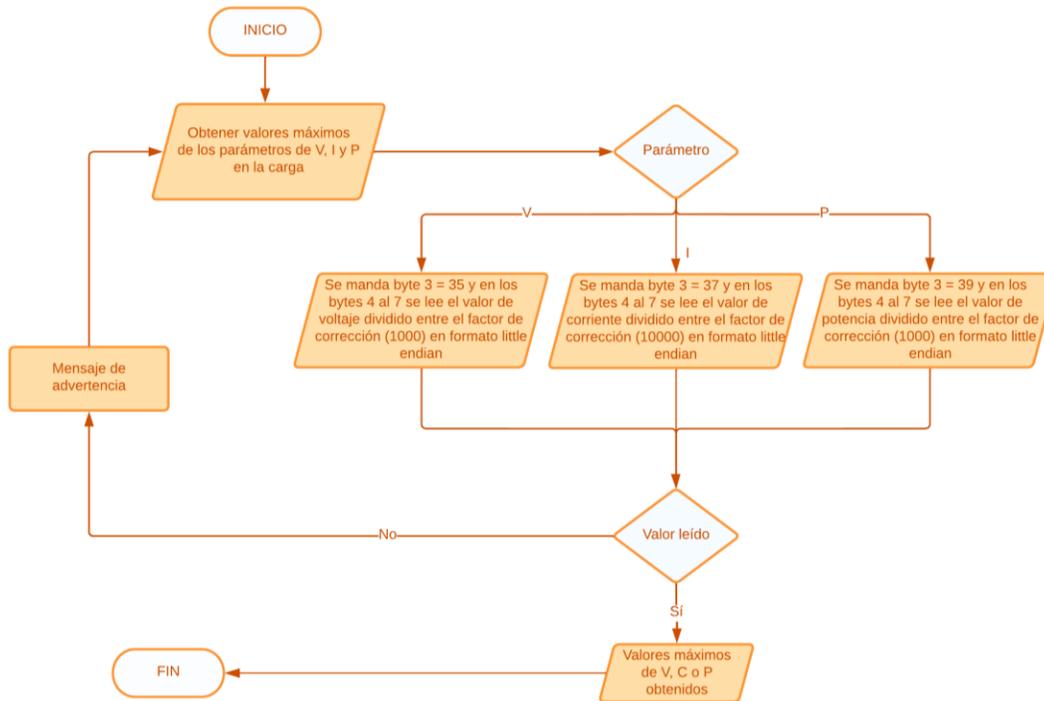


Figura 16. Diagrama de flujo para obtener valores máximos de los parámetros de V, I y P en la carga.

Finalmente, al estar conectado también se obtienen los valores de V, I, P y R de cada modo de operación enviando en el byte 3: 43 para obtener el valor de la corriente en el modo CC, 45 para obtener el valor del voltaje en el modo CV, 47 para obtener el valor de la potencia en el modo CW y 49 para obtener el valor de la corriente en el modo CR como se muestra en la Figura 17.

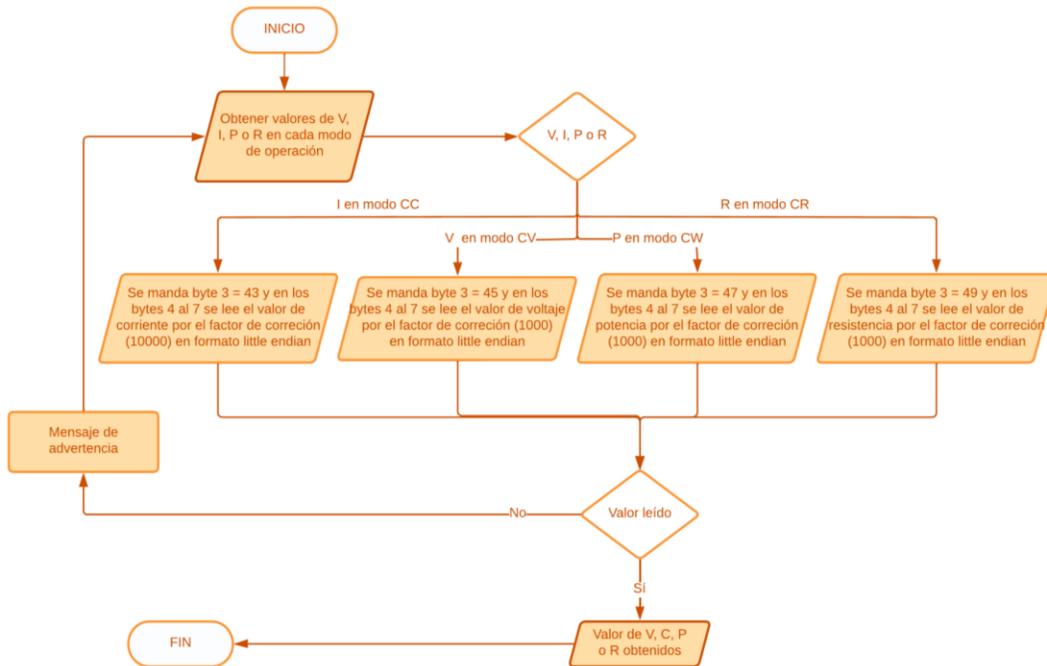


Figura 17. Diagrama de flujo para obtener valores de V, I o P en cada modo de operación.

Además, si está conectada también es posible cambiar el modo de operación enviando en el byte 3 el valor 40, y en el byte 4: 0 si se quiere establecer el modo CC, 1 si se quiere establecer el modo CV, 2 si se quiere establecer el modo CW o 3 si se quiere establecer el modo CR, en la Figura 18 se muestra el diagrama de flujo para establecer el modo de operación y en la Figura 19 se muestra cómo establecer el modo de operación desde la interfaz gráfica.

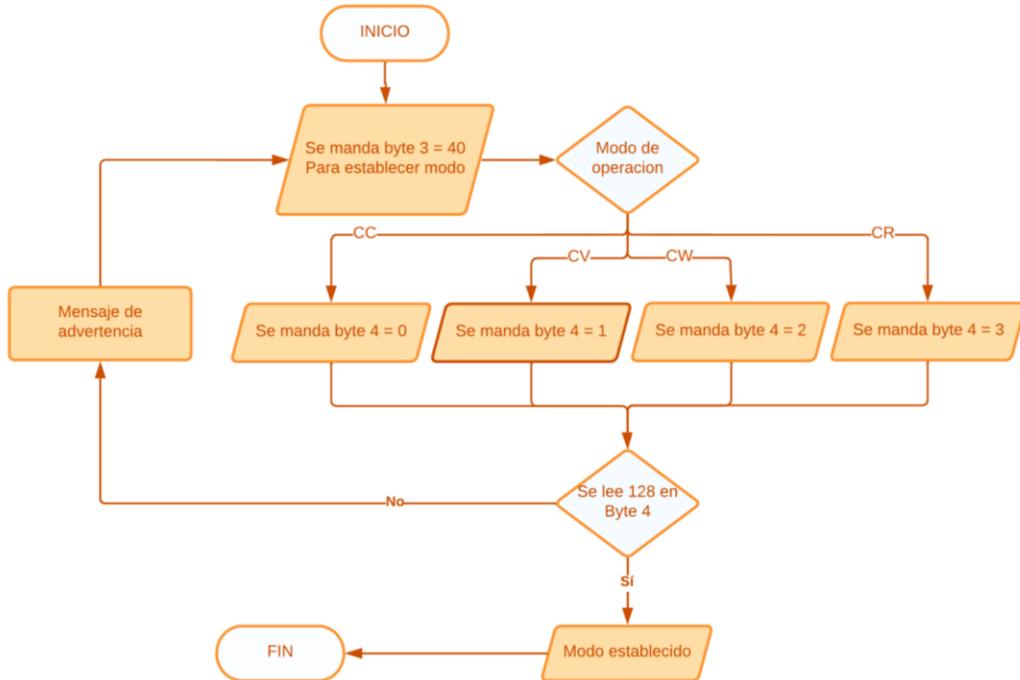


Figura 18. Diagrama de flujo para establecer modo de operación.

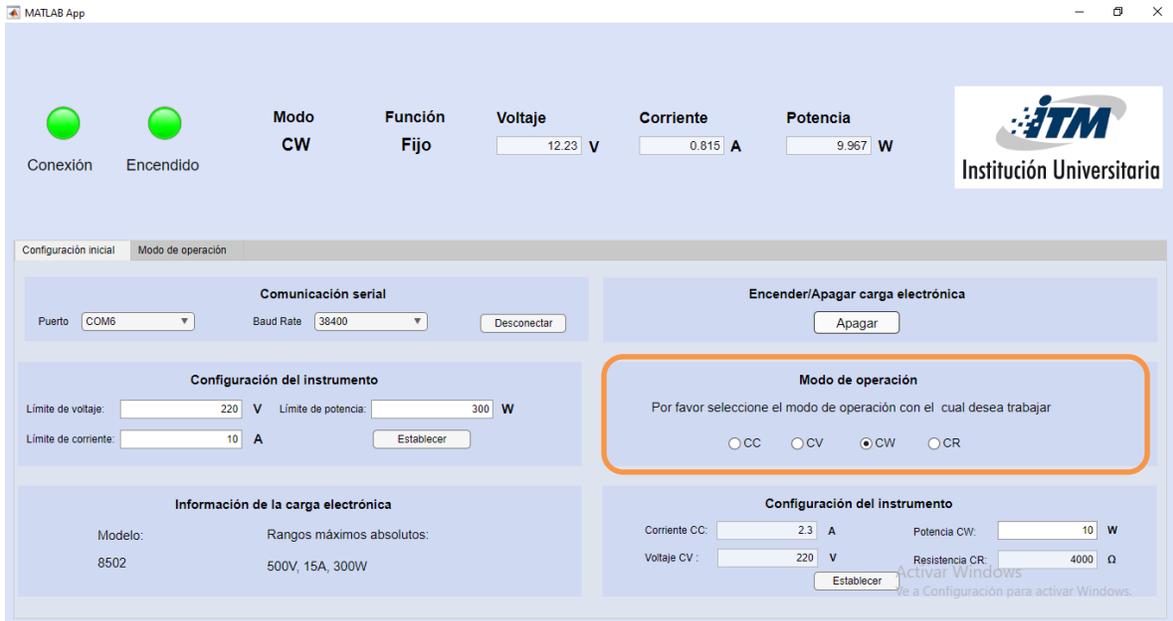


Figura 19. Establecer y leer el modo de operación desde la interfaz gráfica (para este caso se coloca la carga en modo CW).

Se puede cambiar la función de operación enviando 93 en el byte 3, y en el byte 4: 0 si se quiere usar la función fija, 1 si se quiere usar la función de corto, 3 si se quiere usar la función de lista o 4 si se quiere usar la función de batería, en la Figura 20 se muestra el diagrama de flujo para establecer la función de operación y Figura 15 se muestra cómo cambiar la función de operación desde la interfaz gráfica.

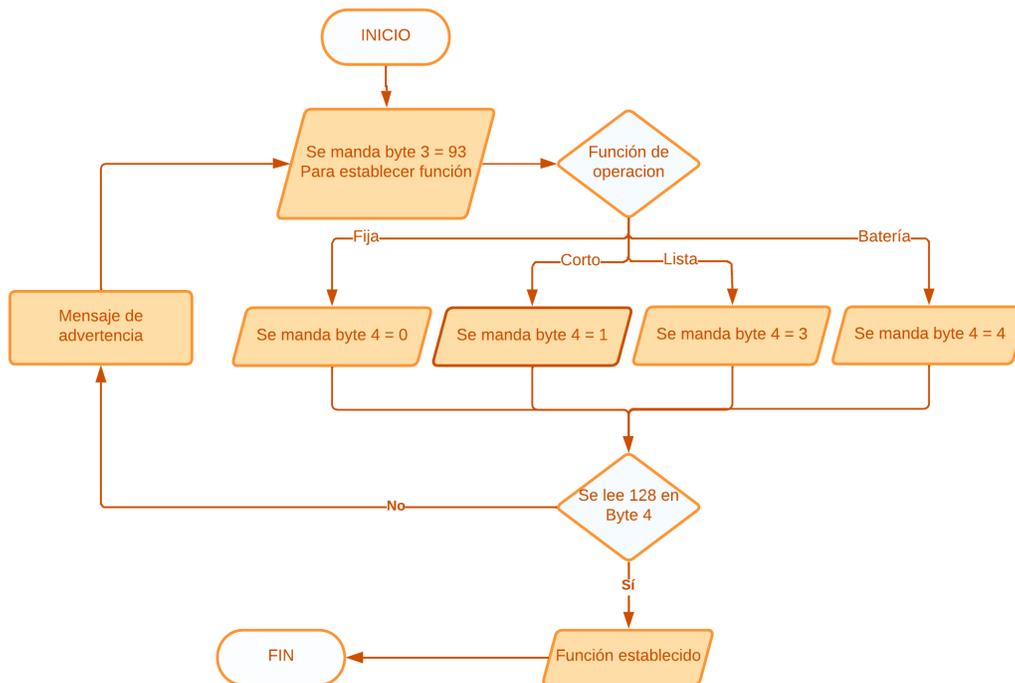


Figura 20. Diagrama de flujo para establecer función.

Se pueden establecer los valores máximos permitidos de los parámetros V, I y P como se muestra en la Figura 21, en donde en el byte 3 se envía: 34 si se desea establecer el voltaje máximo permitido, 36 si se desea establecer la corriente máxima permitida o 38 para establecer la potencia máxima permitida, teniendo en cuenta que no deben sobrepasar los valores límite de referencia que son los leídos en la información como se indica en la Figura 12.

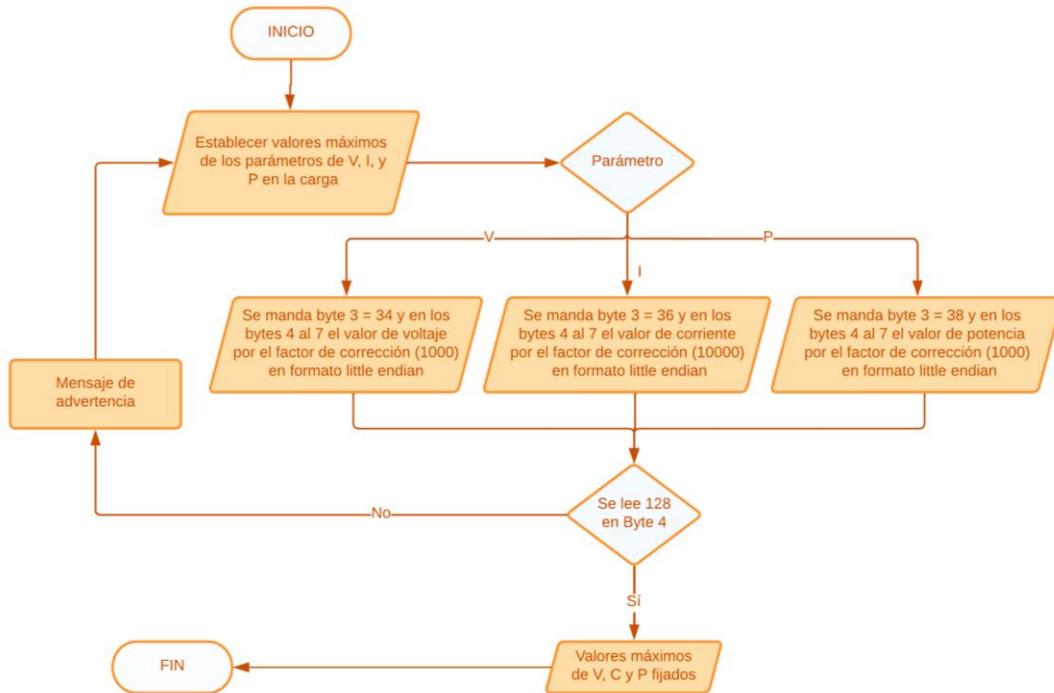


Figura 21. Diagrama de flujo para establecer valores máximos de los parámetros de V, I y P en la carga.

Se pueden cambiar los valores de V, I, P y R de cada modo de operación, como se muestra en la Figura 22, en donde en el byte 3 se envía: 42 si se desea establecer el valor de corriente en el modo CC, 44 si se desea establecer el voltaje en el modo CV, 46 si se desea establecer la potencia en el modo CW o 48 si se desea establecer la resistencia en el modo CR; solo se puede cambiar el valor que corresponda al modo de operación establecido, es decir, si está trabajando en modo CV entonces se podrá cambiar el valor de V y así mismo debe ser con los demás.

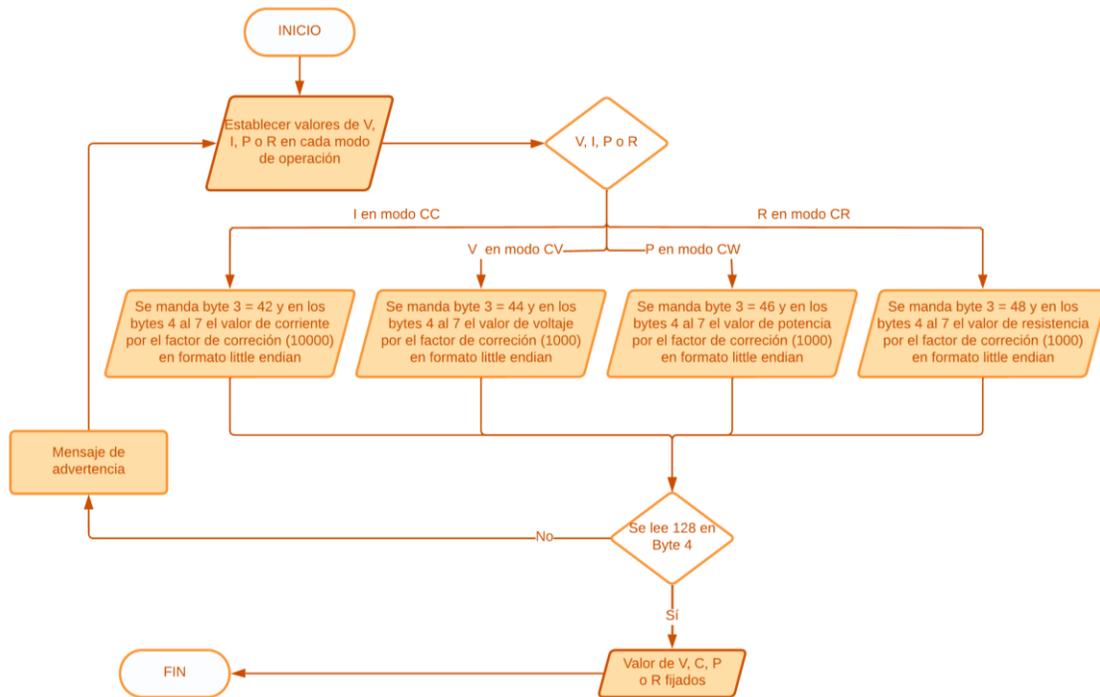


Figura 22. Diagrama de flujo para establecer valores de los parámetros de V, I y P en la carga.

En caso de que se quiera hacer uso de la función lista, se debe hacer una partición en la memoria como se muestra en la Figura 23, en donde en el byte 3 se envía 74 y en el byte 4 se envía 1, indicando que la partición será de 1 archivo de memoria con 1000 pasos disponibles a usar.

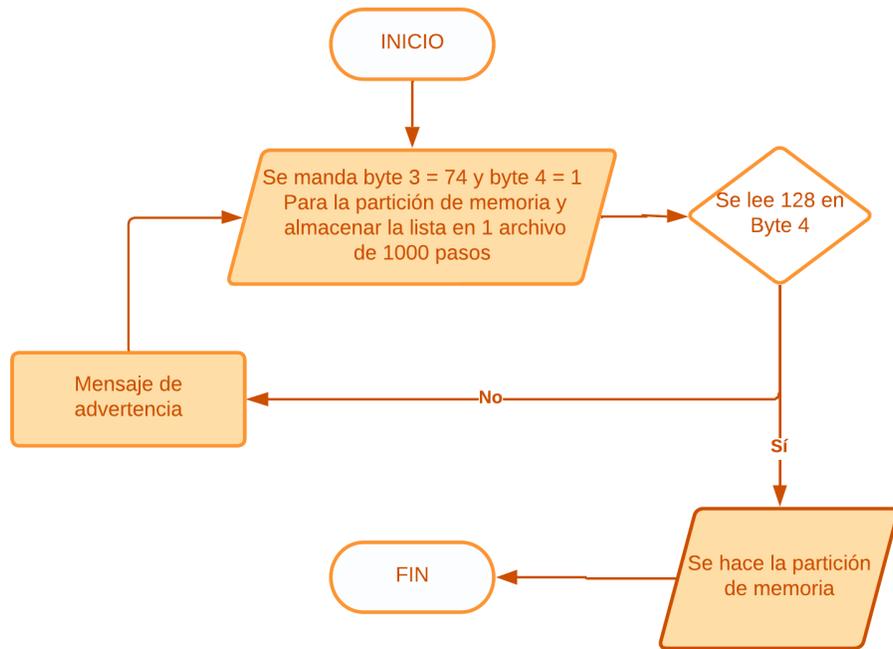


Figura 23. Diagrama de flujo para partición de memoria.

Se debe seleccionar el modo de operación en que se quiere trabajar la función de lista (CC, CV, CW o CR) como se muestra en la Figura 24, en donde en el byte 3 se envía 58 y en el byte 4 se envía: 0 para realizar la lista en modo CC, 1 para realizar la lista en modo CV, 2 para realizar la lista en modo CW o 3 para realizar la lista en modo CR.

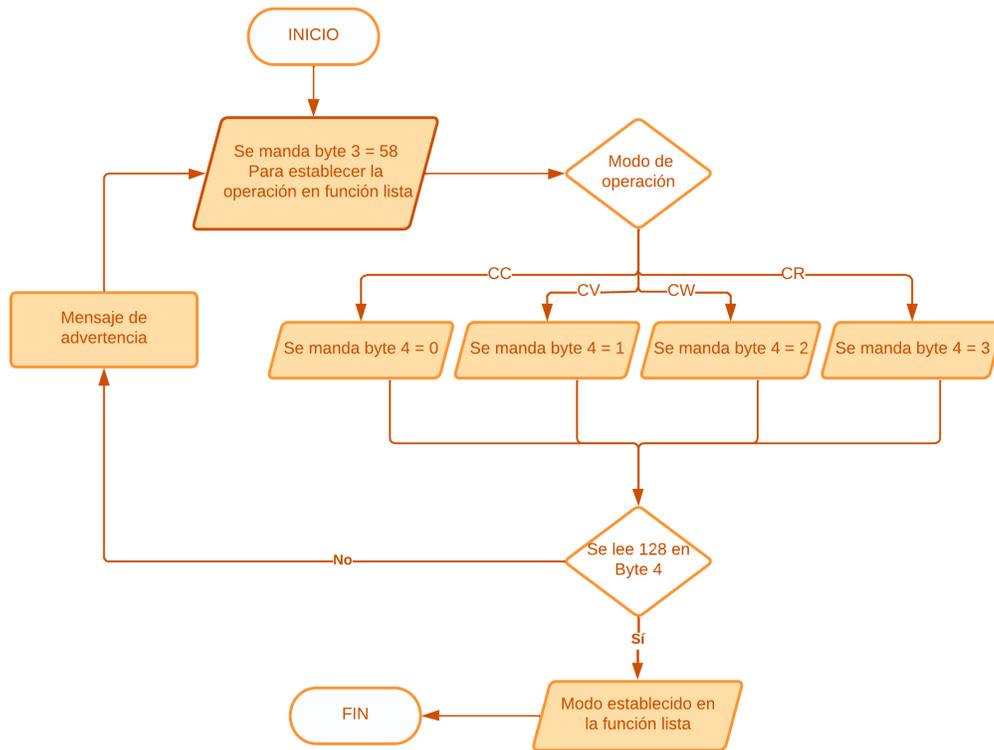


Figura 24. Diagrama de flujo para establecer la operación en función lista.

Se debe indicar la cantidad de pasos como en la Figura 25, enviando 62 en el byte 3 y en los bytes 4 al 5 el número de pasos en formato *Little-endian*.

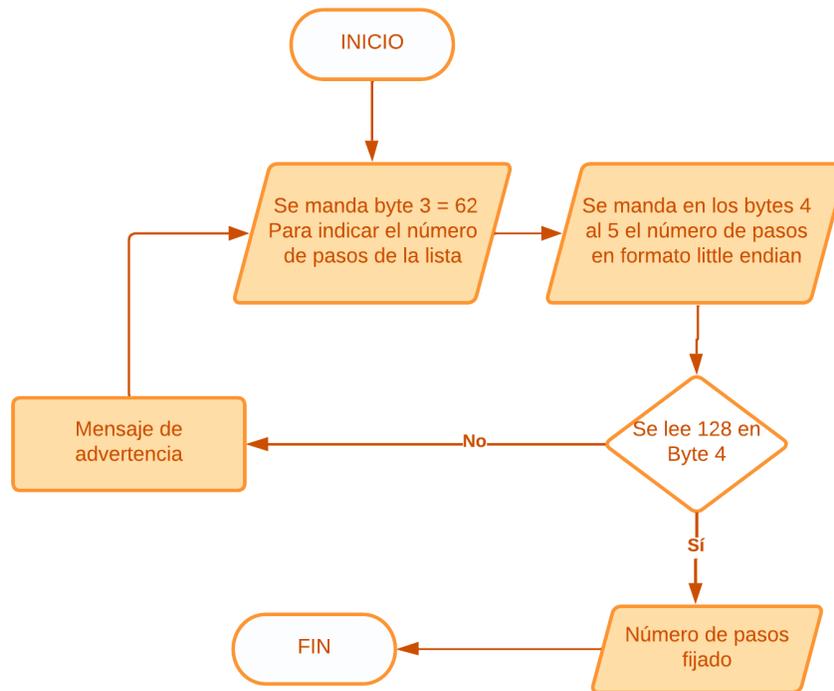


Figura 25. Diagrama de flujo para indicar el número de pasos de lista.

Se debe establecer el tiempo y los valores mínimo y máximo (ya sea de voltaje, corriente, potencia o resistencia, y esto depende del modo de operación seleccionado) para lograr esto se realiza una distribución uniforme entre el valor mínimo y el valor máximo, se obtiene el valor respectivo para cada paso con su tiempo y estos datos se envían a la carga, como se muestra en la Figura 26.

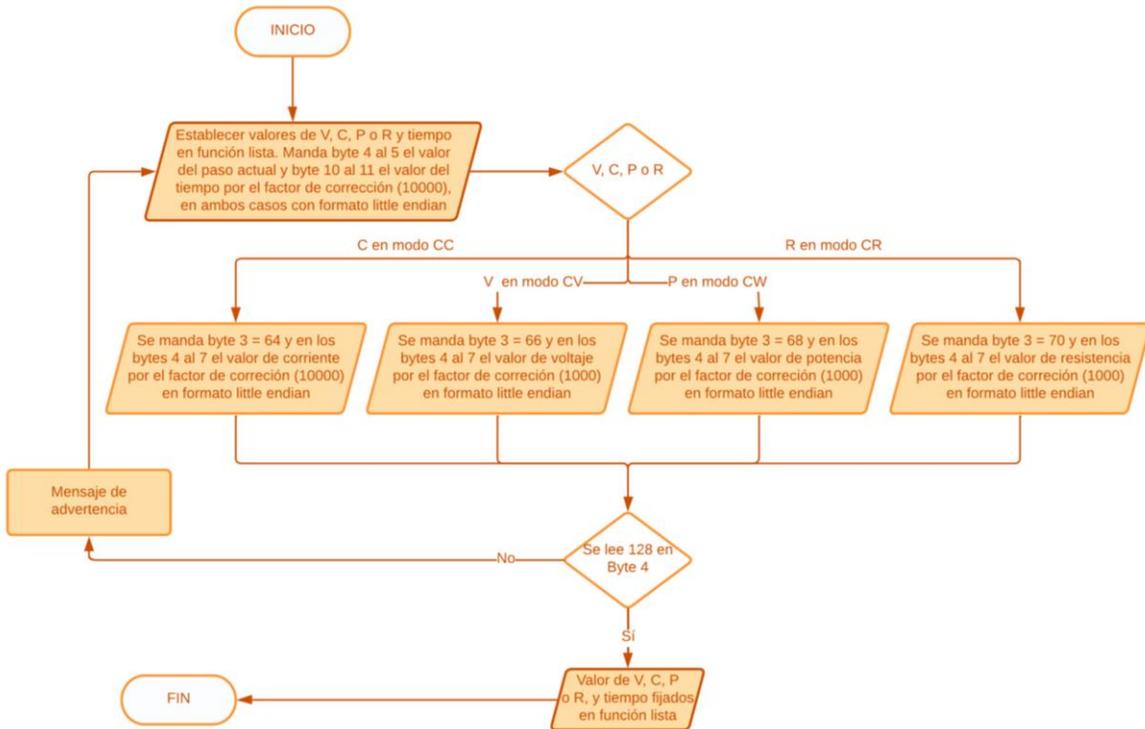


Figura 26. Diagrama de flujo para establecer valores de V, C, P o R y tiempo en función lista.

Además, se debe indicar si se quiere hacer la lista una vez o si se quiere repetir cuando inicie el proceso como se muestra en la Figura 27, enviando 60 en el byte 3 y en el byte 4: 0 si se quiere hacer la lista una vez o 1 si se quiere repetir la lista.

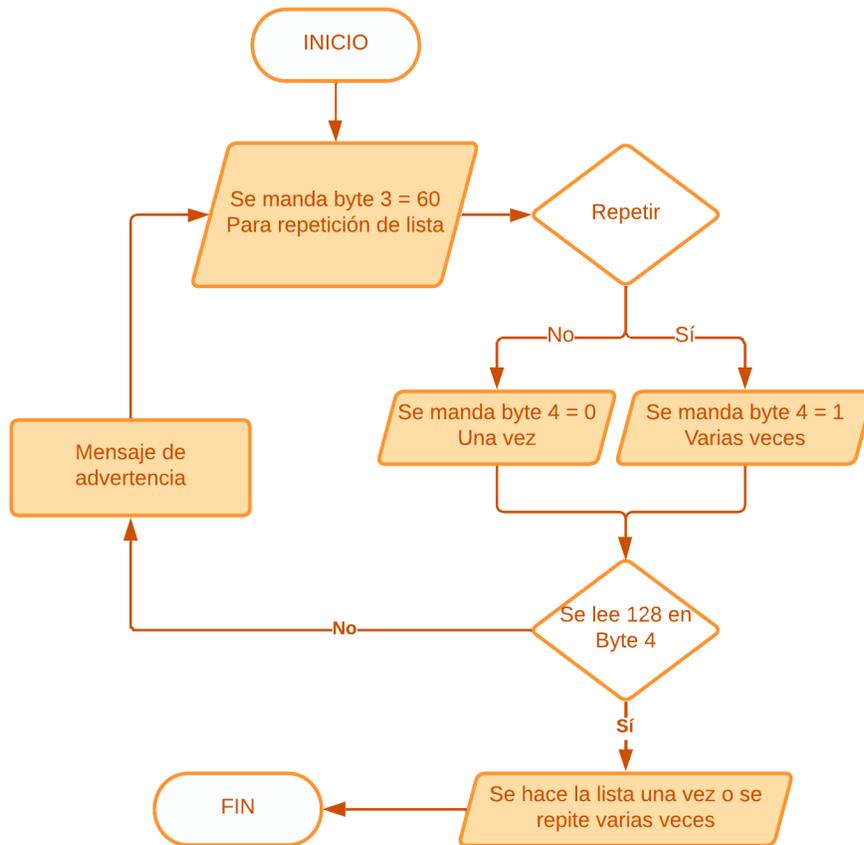


Figura 27. Diagrama de flujo para repetición de lista.

Finalmente, se guarda la configuración de la lista en la memoria de la carga electrónica como se muestra en la Figura 28, en donde en el byte 3 se envía 76 y en el byte 4 se envía 1 ya que se realizó la partición en la memoria de 1 solo archivo. En la Figura 29 se muestra cómo guardar la configuración de la lista desde la interfaz gráfica presionando el botón establecer en la sección de operación de lista, y una vez se establece se puede iniciar la prueba.

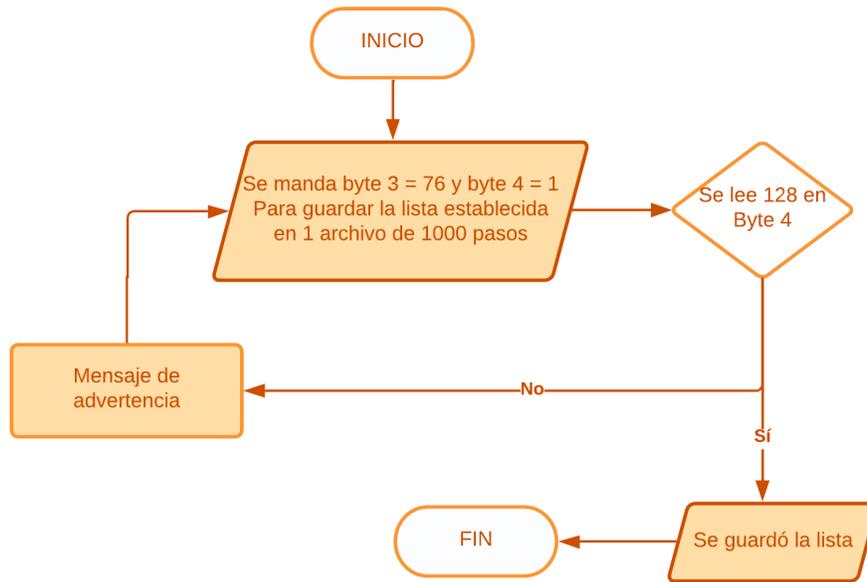


Figura 28. Diagrama de flujo para guardar lista establecida.

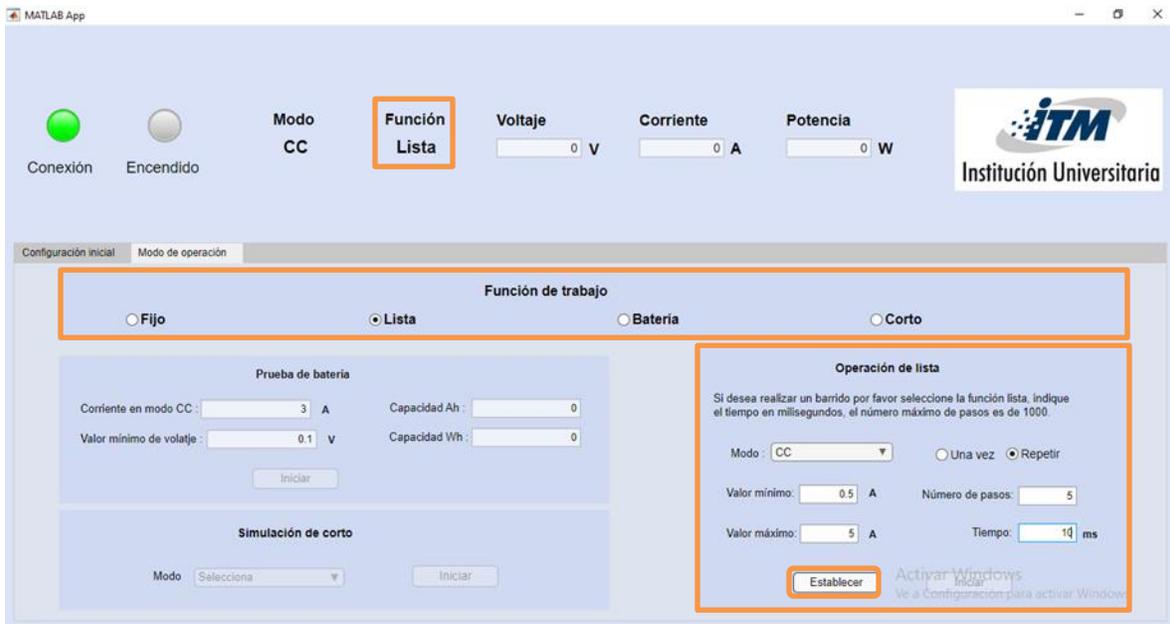


Figura 29. Sección de operación de lista para establecer todos los parámetros requeridos y realizar el barrido desde la interfaz gráfica.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Después de parametrizar la lista se puede dar inicio al barrido ya sea de voltaje, corriente, potencia o resistencia del dispositivo que se tenga conectado, cuando se inicia la prueba se debe llamar a la lista que se guardó previamente como se muestra en la Figura 30, en donde se envía 77 en el byte 3 y 1 en el byte 4.

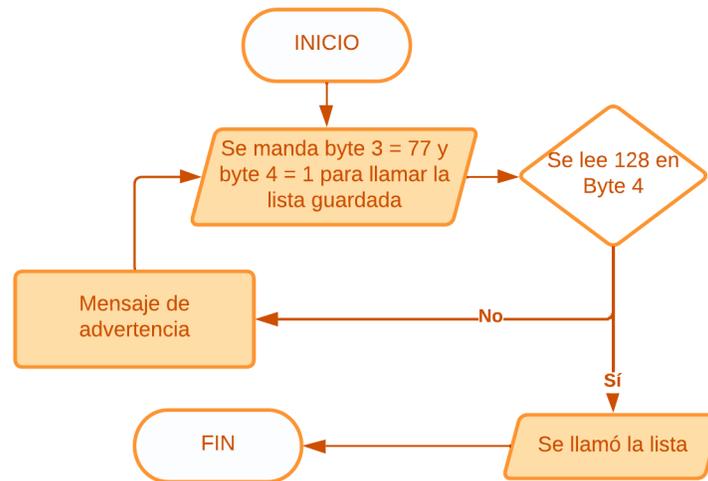


Figura 30. Diagrama de flujo para llamar la lista que está guardada en la memoria de la carga.

Se debe cambiar la fuente de activación del Trigger para que se pueda activar desde un comando a través del bus serial como se muestra en la Figura 31, en donde se envía 88 en el byte 3 y 2 en el byte 4 para activar el Trigger desde el software (interfaz gráfica), seguidamente se enciende el Trigger como se indica en la Figura 32, en donde se envía 90 en el byte 3, y por último se enciende la carga como se indicó en la Figura 7.

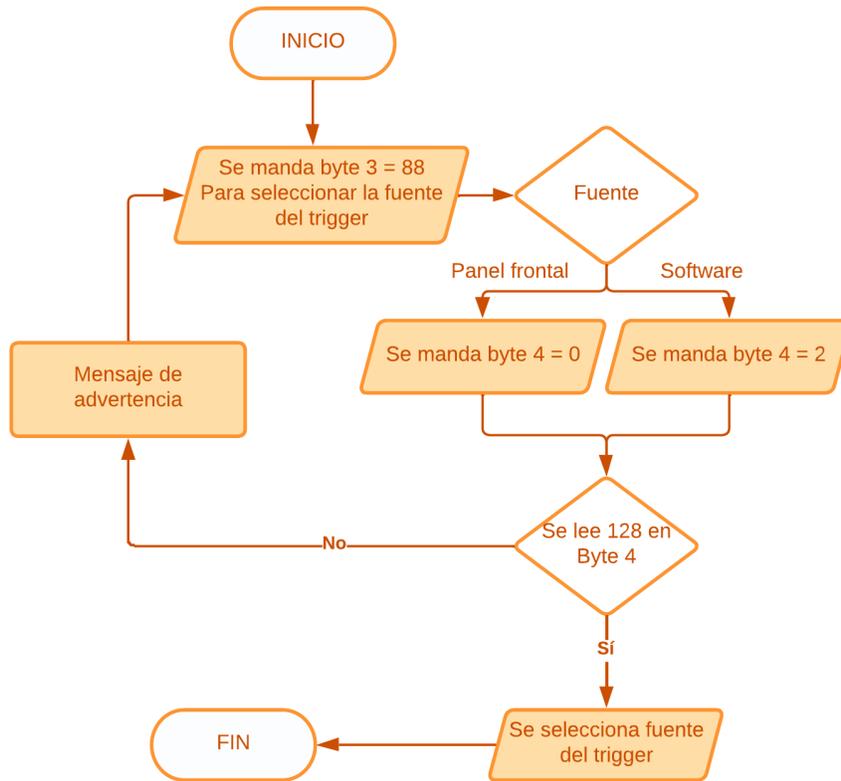


Figura 31. Diagrama de flujo para seleccionar la fuente de activación del Trigger.

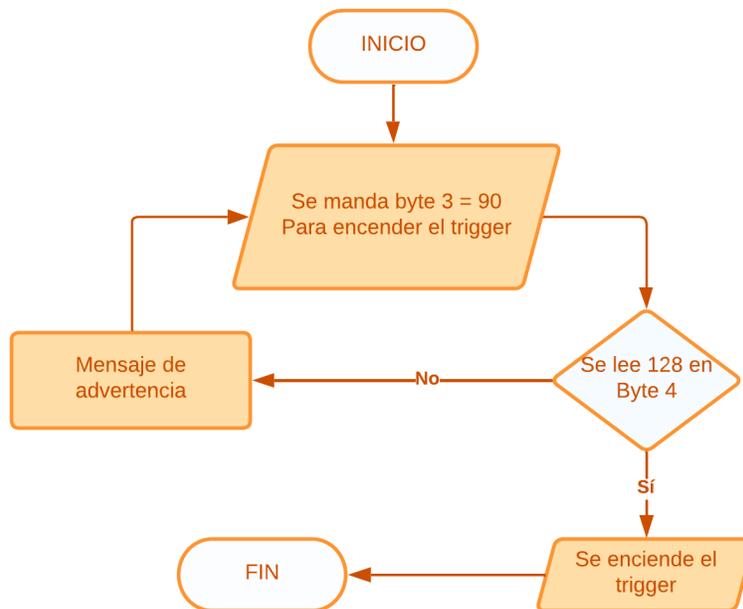


Figura 32. Diagrama de flujo para encender el Trigger.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Para iniciar el barrido se presiona el botón iniciar de la sección de operación de lista en la interfaz gráfica, como se muestra en la Figura 33, en la Figura 34 se puede observar cómo se ejecuta la lista configurada, leyendo los valores de voltaje, corriente y potencia desde la GUI, en la Figura 35 se puede observar los valores de voltaje y corriente leídos desde la pantalla del instrumento y finalmente, para comprobar esta prueba realizada para la parte de función de lista, se muestra la gráfica resultante de corriente del barrido, vista desde un osciloscopio, ver Figura 36.

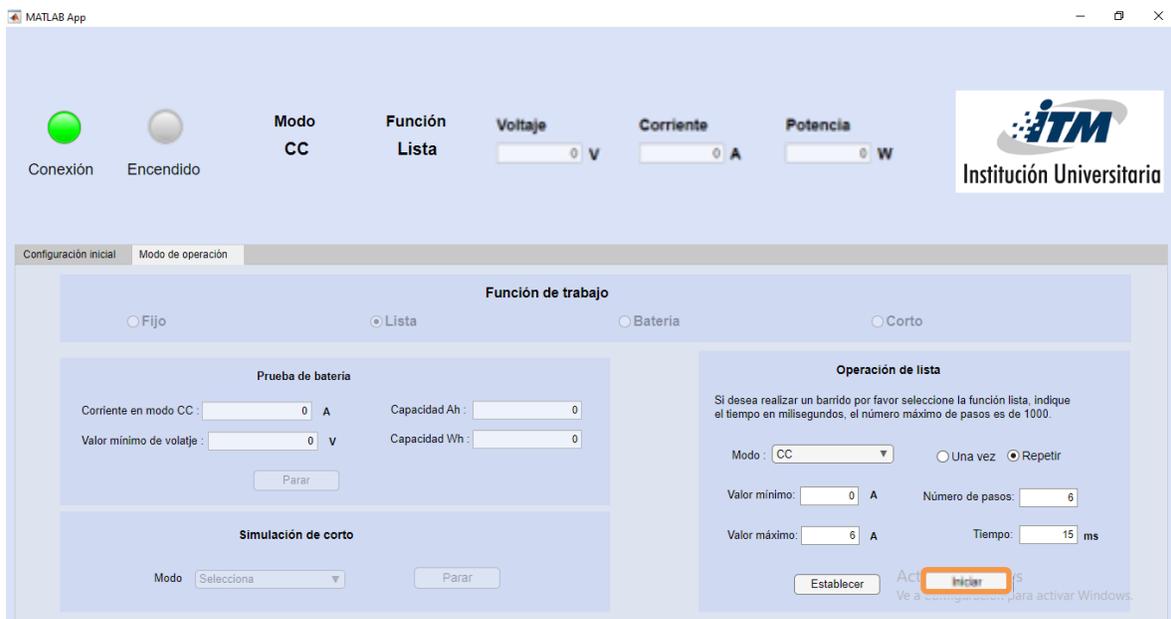


Figura 33. Botón para iniciar lista desde la interfaz gráfica.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

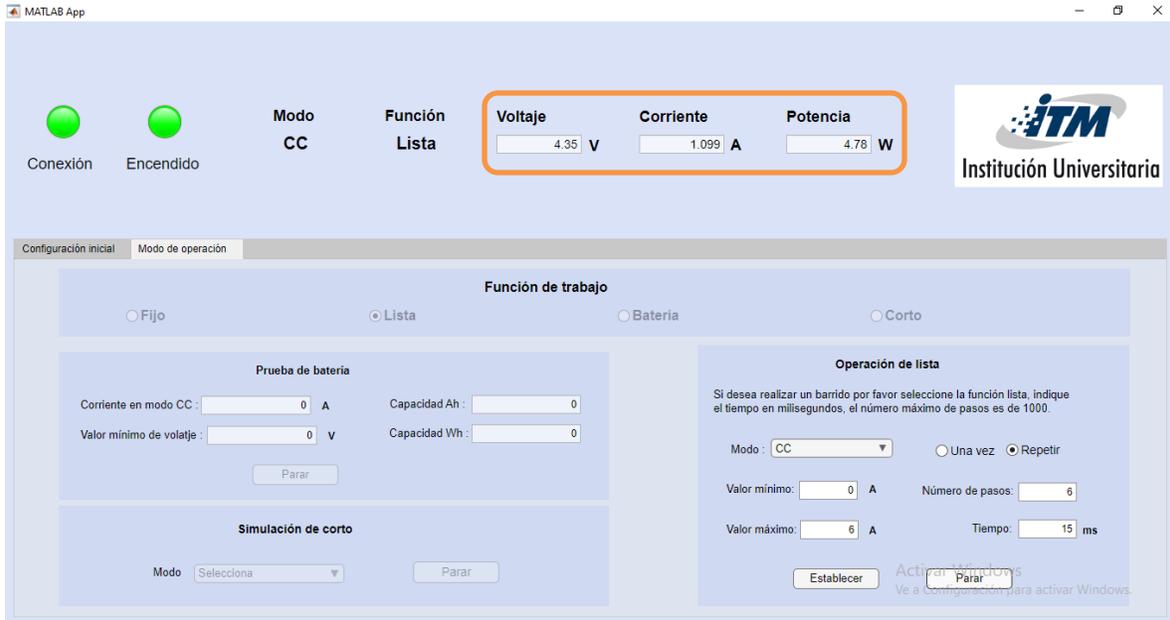


Figura 34. Valores de V, I y P de una lista de corriente iniciada desde la interfaz gráfica.



Figura 35. Valores de voltaje y corriente de una lista en modo CC leídos desde la pantalla de la carga electrónica.



Figura 36. Gráfica de una lista en modo CC vista desde un osciloscopio.

Si se desea parar la operación de lista solo basta con presionar el botón de parar de dicha sección, el cual cambia la fuente de activación del trigger para que se pueda activar desde el panel frontal como se muestra en la Figura 31 , apagar la carga electrónica, ver Figura 7, en la Figura 37 se puede observar el botón de paro para la prueba en modo lista.

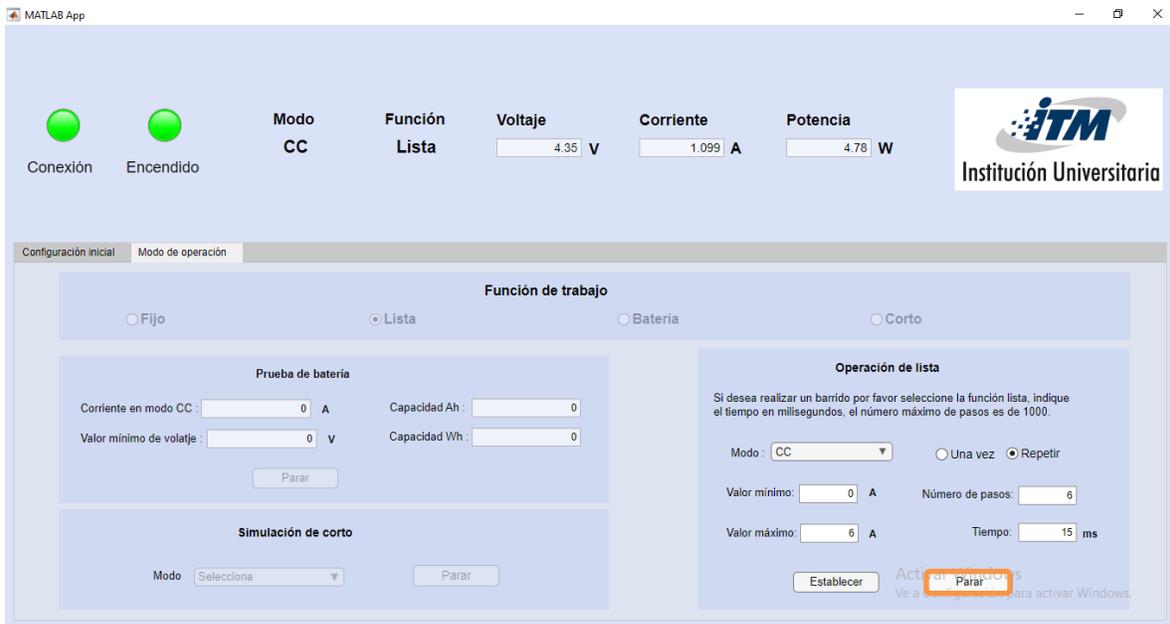


Figura 37. Botón para detener el barrido previamente iniciado.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En caso de que se quiera hacer uso de la función corto, se debe seleccionar el modo de operación de la carga como se indica en la Figura 18, se debe activar la función de trabajo de corto, ver Figura 20 y finalmente se enciende la carga como en la Figura 7 . Para desactivar la simulación de corto se debe activar de nuevo la función de corto, ver Figura 20 ,y por último apagar la carga como se muestra en la Figura 7 .

Para trabajar en la función de prueba de batería, se debe seleccionar la función de batería en panel de modo de operación de la interfaz ver Figura 38, se debe establecer el valor de voltaje mínimo para iniciar la prueba como se muestra en la Figura 39, enviando 78 en el byte 3 y en los bytes 4 al 5 se envía el valor del voltaje en formato *Little-endian*. Luego de configurar los parámetros descritos anteriormente se procede a encender la carga para iniciar la prueba como se indica en la Figura 7 , al encender la carga se podrá observar en los campos numéricos de la sección de prueba de batería la capacidad en Ah y en Wh previamente calculados en cada instante de tiempo según corriente y potencia que se esté leyendo en ese instante, como se muestra en la Figura 38 . Cuando se desee detener la prueba de batería se vuelve a llamar a la función de batería, ver Figura 20 y por último se apaga la carga electrónica, como se indica en la Figura 7 .

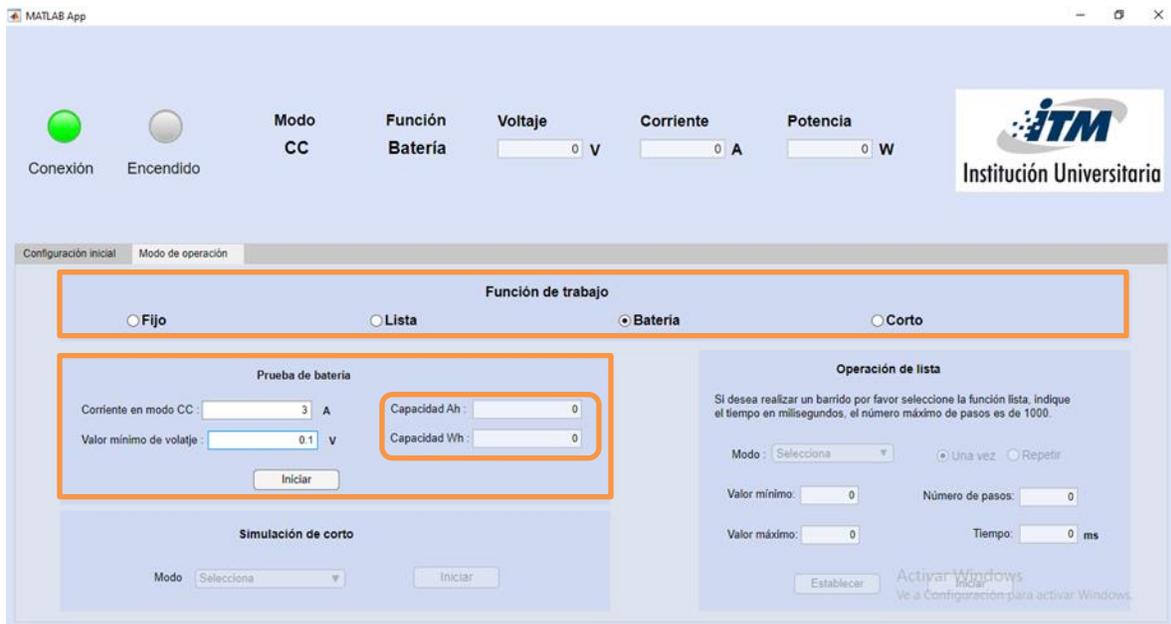


Figura 38. Establecer función de prueba de batería y visualización de la capacidad en Ah y Wh desde la interfaz gráfica.

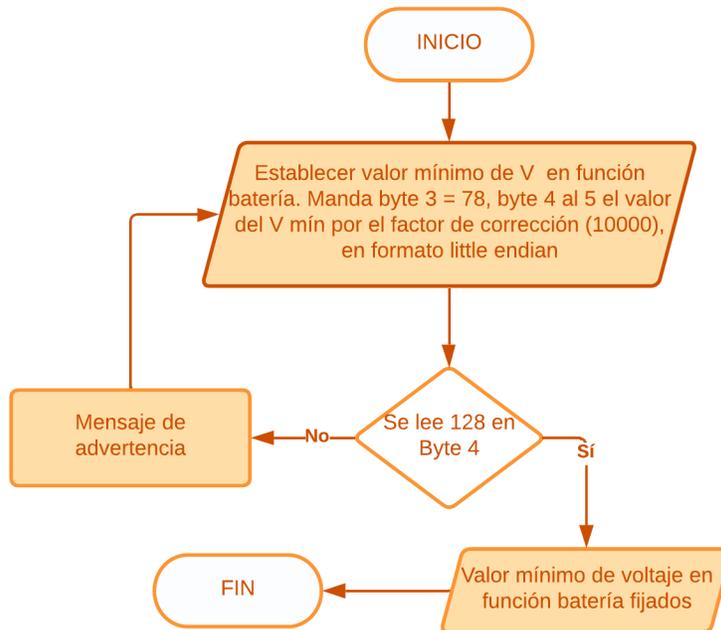


Figura 39. Diagrama de flujo para establecer el valor de voltaje mínimo en la función de batería.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

- La interfaz gráfica diseñada desde el entorno de *Matlab* y *app designer*, cumple con el objetivo general planteado, desde esta se puede realizar la configuración de una carga electrónica de la serie BK 8500 para cualquier función de trabajo que se desee aplicar, se pueden ingresar los valores máximos permitidos de operación, así como los valores de voltaje, corriente, potencia y resistencia correspondiente a cada modo de operación del instrumento, haciendo mucho más rápido y versátil la parametrización del instrumento para cualquier usuario.
- Debido a que la tasa de muestreo o el tiempo de respuesta en el envío y/o recepción de datos no es tan rápida, para las aplicaciones realizadas dentro del laboratorio de electrónica y potencia, como por ejemplo la adquisición de curvas de I-V en el barrido de paneles fotovoltaicos, se hace complejo y erróneo implementar graficas en tiempo real en la interfaz gráfica ya que este tarea demandaría más recurso computacional y/o una amplia investigación sobre otro lenguaje o protocolo de comunicación que sea óptimo en la comunicación y permita tiempos de respuesta reducidos del dispositivo.
- Para poner a prueba el diseño y la operatividad de la interfaz realizada desde el entorno de *Matlab* se realizaron diferentes pruebas para las funciones de trabajo fija y de lista, obteniendo resultados satisfactorios y acertados a la hora de comparar

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

los resultados obtenidos en la carga, en el panel de la interfaz y en el osciloscopio. Las funciones de prueba de batería y de simulación de corto no se realizaron debido a que deben tratarse de forma diferente y por una persona con conocimientos de dichos ensayos. En el caso de la función de batería es necesario realizar la prueba durante varias horas con la respectiva batería, para analizar su comportamiento en tiempo real y en el caso de la función de corto se debe tener más claridad o información sobre la ejecución de esta prueba y garantizar la protección de los demás equipos del laboratorio. Cabe resaltar que estas dos funciones se programaron según las indicaciones del fabricante.

5.2 Recomendaciones y trabajo futuro

- Aunque las funciones de corto y batería se programaron según las indicaciones del proveedor, no se realizaron pruebas para estos casos y por ello se recomienda realizar las pruebas correspondientes.
- Se recomienda realizar los ajustes necesarios para mejorar los tiempos de ejecución y así evitar inconvenientes que puedan ocurrir en la utilización de la interfaz.
- Se propone agregar funcionalidades a la interfaz gráfica, como por ejemplo que sea posible que el usuario pueda ingresar los valores de número de pasos, tiempo y voltaje, corriente, potencia o resistencia modo lista desde un archivo de Excel o txt.
- Se propone hacer una estrategia para la adquisición de datos almacenándolos en un archivo CSV o en la nube.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- Se propone realizar la adquisición de datos utilizando otro protocolo de comunicación que sea compatible con la carga electrónica.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

REFERENCIAS

Alegsa, L. (2016). *Alegsa.com.ar*. Obtenido de https://www.alegsa.com.ar/Dic/comunicacion_serial.php

García, J., & Rodríguez, J. (2020). *Matlab, Guía de aprendizaje*. Universitas Editorial. Obtenido de <https://elibro.bibliotecaitm.elogim.com/es/ereader/bibliotecaitm/181970>

MathWorks. (s.f.). *Desarrollar apps mediante App Designer*. Obtenido de <https://la.mathworks.com/help/matlab/app-designer.html>

Precision, B. (2018). *Datasheet*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/datasheets/en-us/85xx_datasheet.pdf

Precision, B. (s.f.). *DC Electronic Load Applications and Examples*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/guides/en-us/dc_electronic_load_application_note.pdf

Precision, B. (s.f.). *User manual*. Obtenido de https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/manuals/en-us/85xx_manual.pdf

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

//

FIRMA ESTUDIANTES Juan Pablo Mawlonza A.

FIRMA ASESOR ROSA J. REORREPO C.

Jhonairo Rojas H.

FECHA ENTREGA: 26/07/2022

//

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____