

Placa de expansión para portabilidad: batería, Bluetooth/WiFi/USB, SD e interfaz gráfica

Expansion Board for Portability: Battery, Bluetooth/WiFi/USB, SD and Graphical Interface

Leonardo Casal ^{#1}, Francisco Calderón Acosta ^{*2}

[#]*Instituto de Tecnologías Aplicadas y Emergentes (ITECA)*

Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

Buenos Aires, Argentina

¹ lcasal@unsam.edu.ar

^{*}*Escuela de Ciencia y Tecnología (ECyT)*

Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

Buenos Aires, Argentina

² fncalderonacosta@estudiantes.unsam.edu.ar

Recibido: 27/08/25; Aceptado: 09/11/25

Resumen—La implementación de funcionalidades de portabilidad en prototipos electrónicos requiere la integración de múltiples componentes para conectividad, almacenamiento de datos, gestión de energía e interfaces de usuario. Si bien estas capacidades se encuentran disponibles en diversas placas de desarrollo especializadas, actualmente no existe una solución que las integre todas en un único sistema. Este trabajo presenta el diseño y validación experimental para la futura implementación de una placa de expansión que incluya comunicación Bluetooth, WiFi y USB, almacenamiento local en tarjeta microSD, interfaz de usuario embebida (display y botones) y aplicación externa multiplataforma (PC/android), carga de batería con medición del porcentaje de carga (RSoC) y algoritmo de estimación del tiempo de operación restante. El sistema fue validado bajo diferentes condiciones operativas, demostrando una precisión en la medición del RSoC superior al 98% y permitiendo una comunicación inalámbrica para graficar en tiempo real. Esta placa facilitará el desarrollo rápido de prototipos portátiles en aplicaciones médicas, IoT y sistemas embebidos.

Palabras Clave—placa de desarrollo, portabilidad, porcentaje de batería, conectividad Bluetooth/WiFi, sistemas embebidos, prototipado rápido

Abstract—The implementation of portability features in electronic prototypes requires the integration of multiple components for connectivity, data storage, power management, and user interfaces. Although these capabilities are available across various specialized development boards, there is currently no solution that integrates all of them into a single system. This work presents the design and experimental validation for the future implementation of an expansion board that includes Bluetooth, WiFi, and USB communication; local storage on a microSD card; an embedded user interface (display and buttons) and a cross-platform external application (PC/Android); battery charging with real-time state-of-charge (RSoC) measurement; and an algorithm for estimating remaining operating time. The system was validated under different operating conditions, demonstrating an RSoC measurement accuracy above 98% and enabling wireless communication for real-time data visualization. This board will facilitate the rapid

development of portable prototypes in medical, IoT, and embedded system applications.

Keywords—development board, portability, battery percentage, Bluetooth/WiFi connectivity, embedded systems, rapid prototyping

I. INTRODUCCIÓN

Para agregar portabilidad a un prototipo se deben incorporar varios componentes que permitan conectividad, guardado de datos, gestión de batería e interfaz de usuario. Estas funcionalidades se encuentran disponibles en diferentes placas de desarrollo, sin embargo no existe una única placa con todas ellas.

En este trabajo se presenta el diseño y validación experimental para la futura implementación de una placa de expansión que incorpore:

- Comunicación por Bluetooth/WiFi y por USB
- Almacenamiento local en tarjeta microSD
- Interfaz de usuario embebida (pantalla y un botón)
- Aplicación para visualización (en PC y celular) en tiempo real
- Medición del porcentaje de batería (validada en diferentes condiciones) y estimación del tiempo restante

En particular, la estimación precisa del estado de carga (RSoC) en baterías es un desafío técnico debido a la no linealidad de las celdas, su degradación y su dependencia de variables operativas. Frente a métodos tradicionales (contador de Coulomb) con errores acumulativos [1], este trabajo presenta un sistema integrado de monitorización que mide el porcentaje de carga mediante la medición de resistencia interna y estima el tiempo restante de operación. El sistema incluye monitoreo del voltaje de salida, apagado seguro por bajo voltaje (2.8 V) y comunicación vía USB/Bluetooth/Wifi. Los resultados muestran errores inferiores al 2% en RSoC y estabilidad de voltaje bajo cargas variables, demostrando su utilidad en aplicaciones portátiles críticas.



II. DISEÑO DEL MONITOR DE BATERÍA

A. Hardware

El dispositivo desarrollado (Fig. 1) incluye los siguientes componentes:

- microcontrolador ESP32-WROOM (con conectividad Bluetooth y WiFi)
- batería Li-ion y monitor de porcentaje de carga
- cargador de batería y reguladores a 5,0V y 3,3V
- display OLED y botón (como interfaz con el usuario)
- lector de tarjetas SD con memoria de 1 GB
- interruptor de encendido
- conector USB-C
- LED indicador de encendido y carga en curso

En la aplicación final, el dispositivo incluirá un compresor miniatura (consumo <400mA).



Fig. 1. Vista del “autonomy shield”, que permite guardar mediciones en memoria SD y/o enviarlas por cable o Bluetooth. También incluye una batería con cargador y un monitor del porcentaje de carga y del tiempo restante.

B. Batería y Monitor de Porcentaje de Carga

Se utilizó una batería 18650 de Li-ion de 3000 mAh (3,7 V nominal, 4,2 V máx.) marca UltraFire. El estado de carga se monitorea mediante el integrado LC709203F [2] [3], disponible como “shield” [4] [5], Fig. 2. Este integrado se comunica por I²C con el microcontrolador y estima el RSoC a partir de la resistencia interna en circuito abierto (a mínimo consumo).

Durante el encendido, el monitor de carga utiliza como referencia a la primera medición de RSoC. En este momento, el consumo de corriente inicial debe ser menor a 0,025 C, donde C es la capacidad de la batería (75 mA para 3000 mAh).



Fig. 2. Batería utilizada (tipo 18650 de Li-ion de 3000 mAh) y módulo de monitoreo de batería LC709203F en formato de shield.

Para garantizar la repetibilidad, en el Firmware se implementó una rutina durante el encendido que repite esta medición cada 100 ms, hasta obtener 10 mediciones con menos de 2% de error, Fig 3.

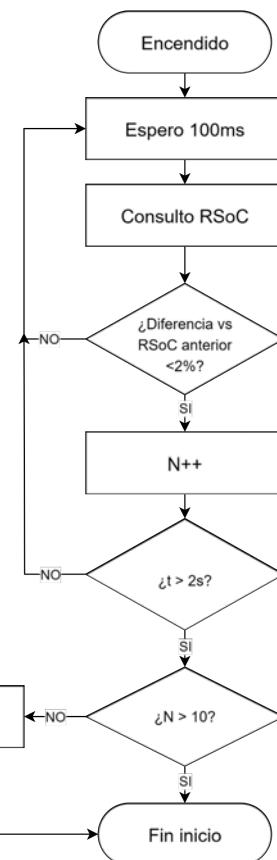


Fig. 3. Diagrama de flujo al encender para verificar repetibilidad en las mediciones.

C. Cargador de Batería y Reguladores de Tensiones

La carga se realiza con el circuito TP4056 [6], y se emplea un elevador de tensión MT3608 [7], ambos disponibles como shield HW-357 [8] (Fig. 3). La salida del regulador (Vboost) se fijó en 5,0 V. También se incluye un regulador a 3,3V.



Fig. 4. Circuito comercial utilizado que incluye al cargador de batería TP4056 y al elevador de tensión MT3608.

D. Esquemático

La conexión de los componentes mencionados se muestra en la Fig. 5 y la Fig. 6.

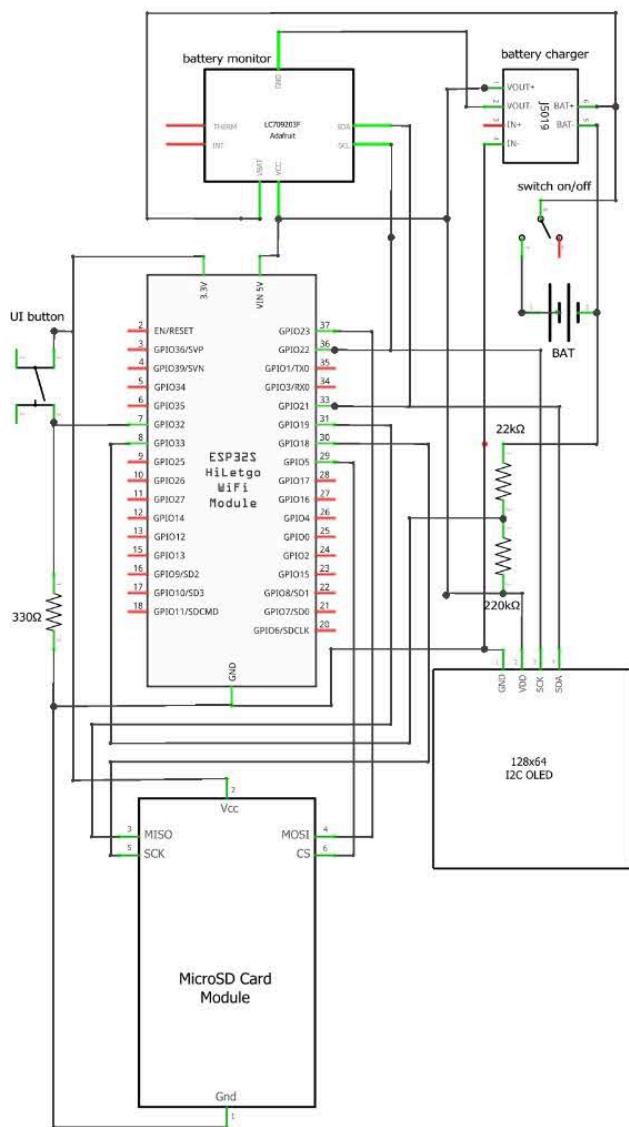


Fig. 5. Diagrama en bloques del circuito implementado.

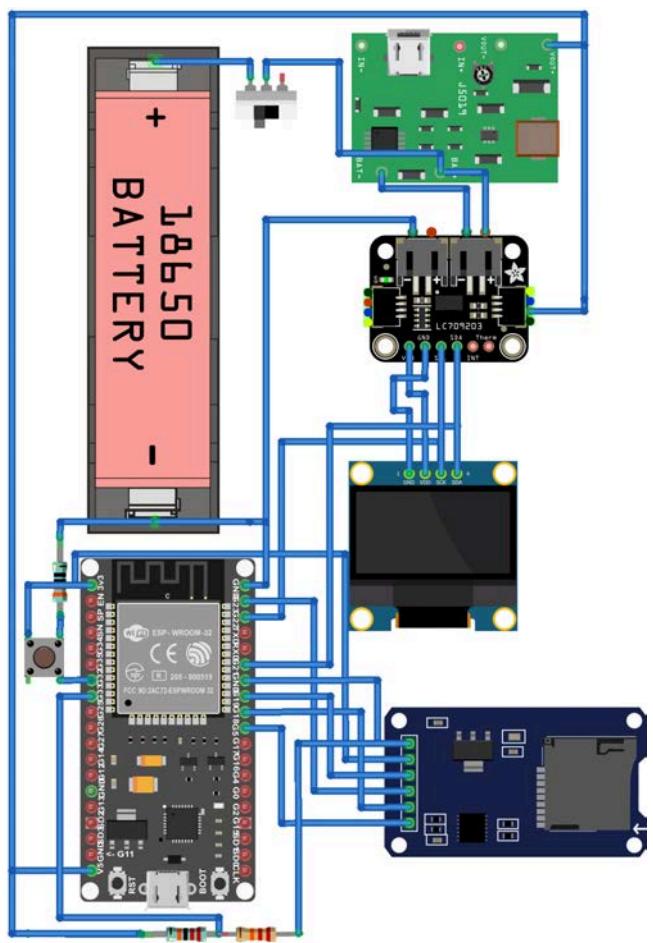


Fig. 6. Diagrama de las conexiones entre las placas utilizadas.

D. Menú de usuario

La interacción se realiza mediante un menú navegable en la pantalla OLED usando un único botón táctil (pulsación breve: avanza entre opciones; pulsación prolongada: selecciona opción).

El usuario puede iniciar/detener mediciones, guardar datos en SD y enviar datos vía USB/Bluetooth.

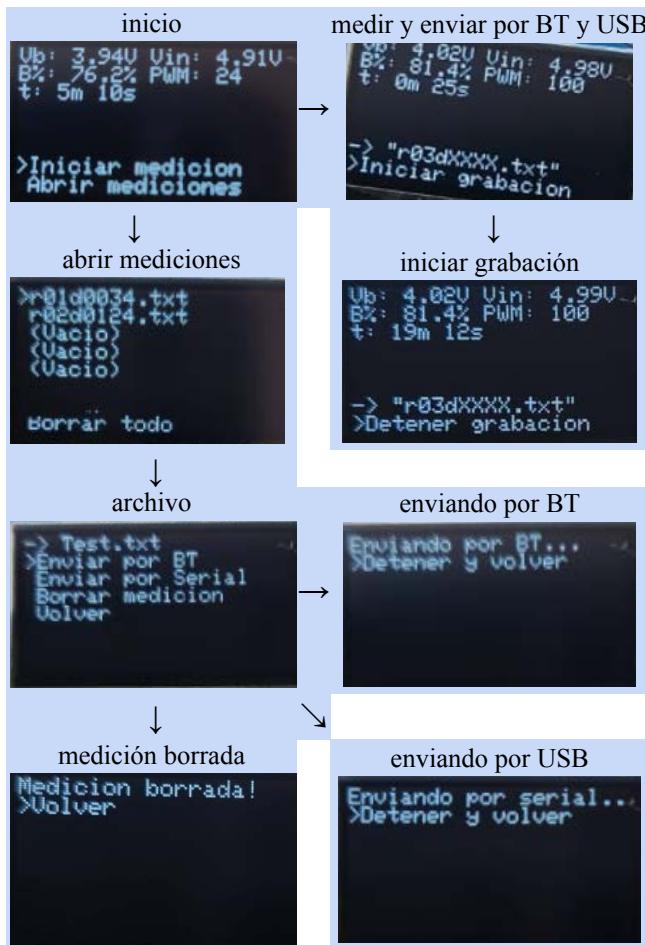


Fig. 7. Menú de usuario y sus diferentes estados.

E. Almacenamiento y Comunicación

Los datos se guardan en formato CSV en la microSD, con nombres incrementales.

Se desarrolló una aplicación en Flutter para visualización en tiempo real, Fig 8, y almacenamiento en una PC o celular. La comunicación serial se realiza a 2 Mbaud con un protocolo personalizado, Tabla I.

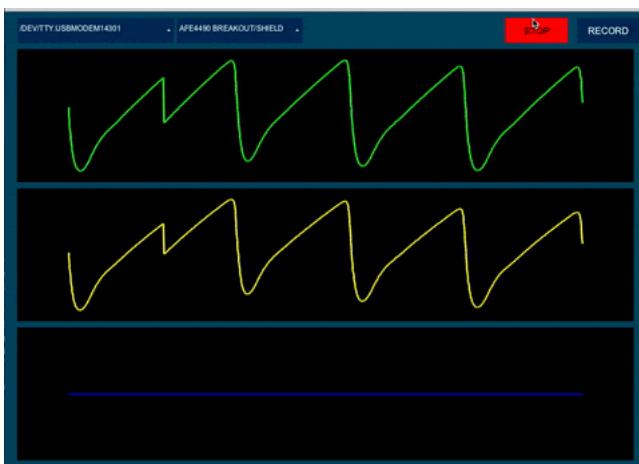


Fig. 8. Interfaz de usuario ejecutable en una PC o celular. Permite graficar y guardar las señales a medida que se reciben los datos vía USB o Bluetooth

TABLA I
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

byte	valor	significado
0	0x0A	inicio de sincronismo
1	0xFA	
2	LSB	N: cantidad de bytes de datos a transmitir
3	MSB	
4	0x02	fin de sincronismo
...	...	Bytes de datos
N + 5	0x0b	fin de intervalo de muestreo

E. Señales Monitoreadas y Estimadas

Se mide el voltaje de batería, el porcentaje de carga y el sentido de la corriente utilizando el integrado LC709203F. Se estima el tiempo restante hasta 0% o 100% de batería realizando una extrapolación lineal de las últimas cinco mediciones del consumo instantáneo, estimado a partir de la variación de RSoC. Además, el microcontrolador monitorea Vboost mediante un divisor resistivo ($22\text{ k}\Omega$ y $220\text{ k}\Omega$) conectado a una entrada analógica, con referencia interna ($Aref = 1,1\text{ V}$).

III. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

A. Capacidad de la baterías

La capacidad se determinó con un analizador ZB2L3 [9], usando una descarga sobre resistencias de 7,5, 15 y $45\text{ }\Omega$ (corrientes promedio: 528, 264 y 88 mA). El error de medición es menor a 1.5% de acuerdo a la precisión en la medición de corriente. El analizador de batería se utilizó como una referencia para estimar la similitud o diferencia entre la capacidad informada en la batería y el valor medido a diferentes condiciones de descarga. Si bien el analizador no tiene una hoja técnica y su precisión es limitada en comparación con otros dispositivos comerciales de alto costo, su uso es suficiente para el enfoque de este trabajo.

Se consideró descargada al alcanzar 2,9 V, valor típico para Li-Ion [10].

B. Repetibilidad de RSoC

Se midieron las variaciones del RSoC tras reiniciar el monitor de batería luego de estar apagado diferentes períodos entre 1 s y 6 min. Las diferencias fueron menores al 0,8%, mostrando buena repetibilidad.

C. Voltajes monitoreados

Se comparó el voltaje de batería reportado por el LC709203F y por un multímetro (UNI-T UT51), así como el Vboost medido por el microcontrolador vs un voltímetro, en condiciones de consumo mínimo y carga constante de 350 mA @ 4,9 V.

D. Carga y Descarga con Consumo Constante

Durante la carga de la batería se registraron el RSoC, el voltaje de batería y Vboost. A continuación se registraron estas mismas variables durante la descarga constante sobre una resistencia de $7,5\text{ }\Omega$ y después sobre el compresor utilizado en el dispositivo. Las mediciones finalizaron luego de un tiempo determinado por el apagado del microcontrolador por batería baja de acuerdo al umbral elegido de 2,9 V. Este tiempo fue comparado con el tiempo restante estimado cada 20 s por el microcontrolador.

E. Descarga con Consumo Variable

Finalmente se evaluó la estabilidad del voltaje regulado durante la descarga de la batería con consumo variable (voltaje con forma de onda tipo triangular) sobre la resistencia y el compresor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Capacidad de la baterías

Las baterías analizadas mostraron capacidades entre 490 y 890 mAh, Tabla I, muy por debajo del valor comercial (3000 mAh).

Aclaramos que utilizamos baterías nuevas y que las descargas se realizaron hasta un voltaje seguro, sin realizar descargas profundas que pudieran dañar a las baterías. Obtuimos resultados similares con dos proveedores diferentes y con otras marcas no líderes, con un rango de precios intermedio a bajo.

La gran diferencia observada en las capacidades puede deberse a que las baterías no tienen una hoja de datos con suficiente información técnica. En particular, el fabricante puede haber realizado las mediciones de carga a muy baja descarga y/o a baja temperatura, sumado a que la fecha de fabricación puede ser anterior a la indicada y/o un mal almacenamiento. Aquellas baterías con hojas de datos de reconocidas marcas tienen un precio de venta que puede ser 10 veces mayor. Estos resultados ponen en evidencia la importancia de evaluar, bajo las condiciones de uso, la capacidad inicial y degradación de las baterías que se deseen utilizar en el dispositivo final.

TABLA II. CAPACIDAD MEDIDA DE LA BATERÍAS

		bat n1	bat n2
descarga	R (Ohm)	I (mA)	Q (mAh)
alta	7,5	528	640
media	15	264	760
baja	45	88	890
			490
			566
			682

B. Repetibilidad de RSoC

El porcentaje de carga se mantuvo constante tras reinicios del monitor de batería, Fig. 6, con diferencias menores al 0,8%. Esto se logró reduciendo resistencias de conexión (sin protoboard) y minimizando el consumo durante la medición inicial. Al reiniciar el microcontrolador, se repite la medición inicial de batería hasta obtener una diferencia menor al 1%. Luego se enciende la corriente de la salida para el compresor, display, etc.

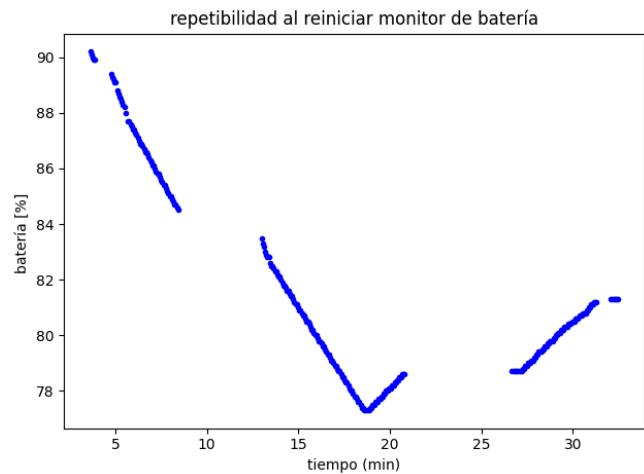


Fig. 9. Repetibilidad del porcentaje de carga reportado por el LC709203F, luego de apagarlo en intervalos de 1 s a 6 min.

C. Carga y Descarga con Consumo Constante

Durante la carga, (Fig. 7), el voltaje de batería aumentó de 2,9 V a 4,15 V, mientras que Vboost se mantuvo en $5,0 \pm 0,03$ V. El RSoC mostró una curva no lineal típica.

Durante la descarga sobre la carga constante de $7,5 \Omega$, (Fig. 8), el voltaje de batería cayó de 4,15 V a 2,9 V y Vboost se mantuvo en $4,85 \pm 0,05$ V (valores indicados como continua y ripple). El RSoC disminuyó linealmente hasta 15%, cuando se observa una caída más abrupta, típica de estas baterías. Cuando la batería alcanzó los 2,9 V, el microcontrolador se apagó de acuerdo al voltaje de apagado seguro elegido. El tiempo medido hasta el apagado fue de 73 min, dentro del rango del tiempo (71-90 min) calculado por el microcontrolador cada 20 s.

Al reemplazar la resistencia por el compresor como carga, (Fig. 9) se observaron resultados similares: un voltaje de batería típico y un Vboost estable en $4,90 \pm 0,01$ V.

D. Descarga con Consumo Variable

Durante la descarga de la batería con consumo variable sobre la resistencia (Fig. 10), el voltaje de regulador resultó $4,85 \pm 0,05$ V. Al reemplazar la resistencia por el compresor como carga, (Fig. 11) se observaron resultados similares: un Vboost estable en $4,98 \pm 0,06$ V.

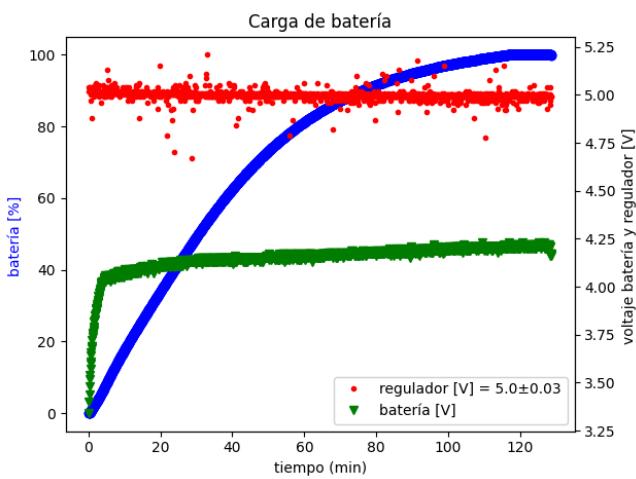


Fig. 10. Porcentaje de batería y voltajes medidos durante la carga. En todo el rango de voltaje de batería de 2,9 V a 4,15 V, el voltaje de regulador resultó de $5,00 \pm 0,03$ V.

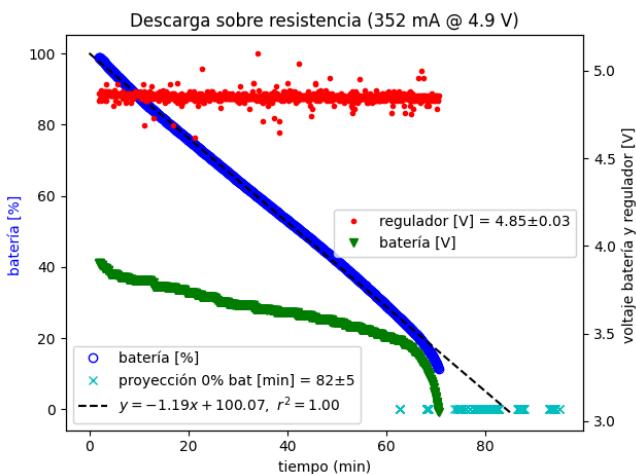


Fig. 11. Porcentaje de batería y voltajes medidos durante una descarga constante sobre una resistencia. El porcentaje de batería sigue una recta hasta el 15%. En todo el rango de voltaje de batería de 2,9 V a 4,15 V, el voltaje de regulador resultó de $4,85 \pm 0,03$ V.

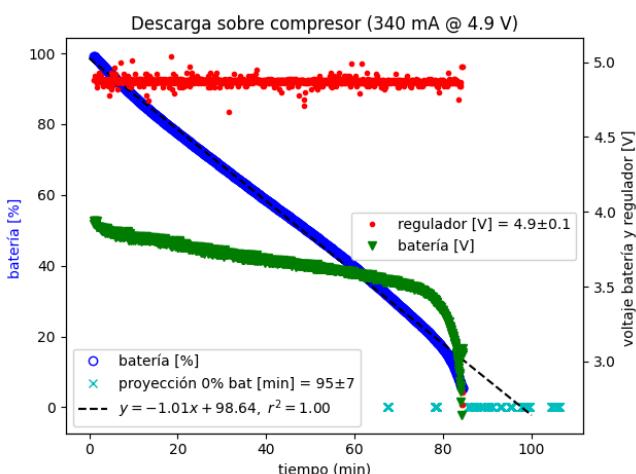


Fig. 12. Porcentaje de batería y voltajes medidos durante una descarga constante sobre un compresor. El porcentaje de batería sigue una recta hasta el 15%. En todo el rango de voltaje de batería de 2,9 V a 4,15 V, el voltaje de regulador resultó de $4,9 \pm 0,01$ V.

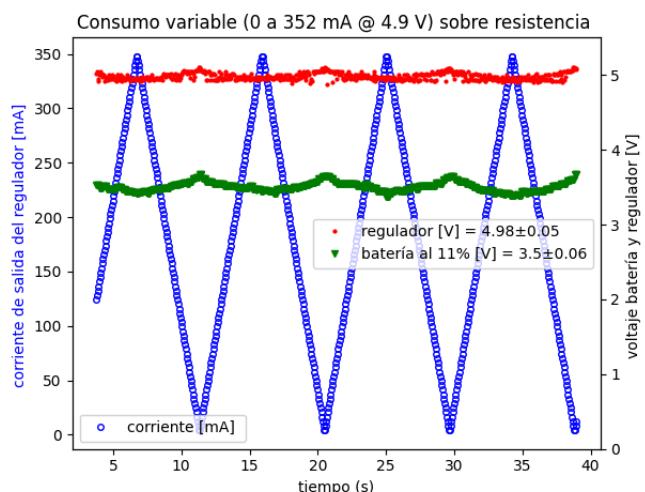


Fig. 13. Consumo variable sobre una resistencia. El voltaje de regulador resultó de $4,85 \pm 0,05$ V al variar la descarga con una triangular entre la corriente mínima y máxima.

E. Usabilidad

El display y el botón del dispositivo le permitieron al usuario navegar por el menú del display y elegir diferentes opciones de manera simple. La interfaz de usuario en la PC graficó las señales mientras eran adquiridas (“online”), además de guardar archivos para su post procesamiento “offline”. Además, las señales fueron guardadas de manera local en la tarjeta SD. Por otro lado, fue posible comunicarse con el dispositivo mediante Bluetooth con un celular Android.

V. CONCLUSIÓN

Se desarrolló e implementó un dispositivo que permite convertir un proyecto de mesa a uno portátil. Esto permite avanzar hacia la implementación de una placa de expansión o “shield” para agregar autonomía a un proyecto.

En particular, el dispositivo incluye un sistema de monitoreo de batería embebido que estima el porcentaje de carga, el tiempo de uso restante y regula el voltaje de salida en 5V y 3,3V. Se verificó la repetibilidad, la linealidad bajo descarga constante y la estabilidad en el voltaje regulado bajo descarga variable, similar a la aplicación final. Se implementó un apagado seguro al alcanzar 2,9 V en el voltaje de batería.

Además el dispositivo incluye una interfaz de usuario, grabado en tarjeta SD, conectividad por USB, Bluetooth y Wifi, gráficos y guardado en una PC.

Este módulo será incorporado al monitor hemodinámico desarrollado en nuestro laboratorio, aportando una función clave para la portabilidad del dispositivo.

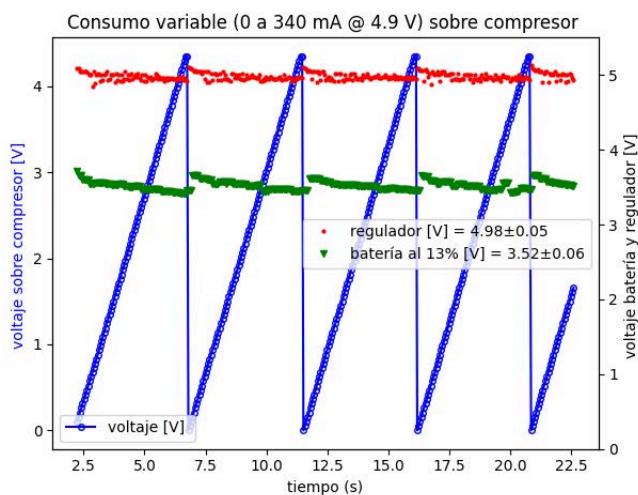


Fig. 14. Consumo variable sobre un compresor. El voltaje del regulador resultó $4,98 \pm 0,05$ V al variar la descarga con un diente de sierra entre el voltaje mínimo y el máximo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Piller, M. Perrin, and A. Jossen, “Methods for state-of-charge determination and their applications” *J. Power Sources*, vol. 96, no. 1, pp. 113–120, 2001. [link](#)
- [2] Datasheet LC709203F “Smart LiB Gauge Battery Fuel Gauge LSI For 1-Cell Lithium-ion/Polymer (Li+)” [link](#)
- [3] Application Note “Battery Fuel Gauge IC (LC709203F) Battery Fuel Gauge IC for 1-Cell Lithium-ion (Li+)” [link](#)
- [4] Adafruit LC709203F “LiPoly / LiIon Fuel Gauge and Battery Monitor - STEMMA JST PH & QT / Qwiic” [link](#)
- [5] GitHub /Adafruit_LC709203F [link](#)
- [6] TP4056 “1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8” [link](#)
- [7] Panasonic. (2007). Lithium Ion Batteries Technical Handbook (p. 22). Panasonic Corporation. [Link](#)
- [8] MT3608 AEROSEMI “High Efficiency 1.2MHz 2A Step Up Converter” [link](#)
- [9] Esquemático “Shield steep up and battery charger” [link](#)
- [10] “ZB2L3 Battery Capacity tester” [link](#)