

INFORME DE ADSCRIPCIÓN A PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Nota: El presente documento **PUEDE ser modificado de acuerdo al estado de la beca**. Deberá ser adjuntado en formato PDF en la sección **AUTOARCHIVO** del SASPI con el denominador **"Documento de trabajo"**. El nombre del archivo debe resumir y guardar correspondencia con el tipo de actividad, año y código si lo tuviera. Ejemplos:

Informe Técnico Beca EICyT 2020 - Paola Pomato

Informe Técnico Beca Doctoral CONICET 2020 - Pablo Pomato

Becario:	Martin Gabriel Fleita
Director:	Mgter. Ing. Guillermo A. Fernández
Co-director:	Dr. Ing. Fernando Botterón
Unidad Académica:	Facultad de Ingeniería
Área temática:	Ingenierías y Tecnologías
Código del Proyecto/Trabajo	16/11083-PDTS
Acreditado:	
Tipo de Beca – Duración:	1 año
Título del Plan de Trabajo:	Desarrollo e implementación de un circuito electrónico medidor-transmisor de variables vinculadas al sistema de almacenamiento de una microrred eléctrica

1. Exposición de la labor desarrollada.

Estimación del estado de carga de las baterías

El conteo de coulomb es una de las técnicas mas comunes para obtener el SoC de un banco de baterías. Este metodo calcula el SOC mediante la integración de las lecturas de corrientes de carga/descarga medidas sobre la bateria en los periodos de tiempo en que la misma está en funcionamiento. La ecuación (1) permite el calculo para la estimacion del SOC [1].

$$SOC = SOC(t_0) \pm \frac{1}{C_{nom}} \int_{t_0}^{t_0+\tau} [I_B(t) - I_p] dt \quad (1)$$

donde $SOC(t_0)$ es el estado de carga inicial conocido de la batería; C_{nom} su capacidad nominal en Ampere-hora; I_B la corriente de carga o descarga e I_p es la corriente de pérdidas internas de la batería.

El signo del segundo término de la ecuación depende del sentido de la corriente, si la batería está descargándose este signo será negativo, mientras que el signo será positivo si la batería está cargándose.

Despreciando la corriente I_p , la estimación del SOC a través del método de conteo de coulomb puede realizarse resolviendo la ecuación (2) en el código del microcontrolador, la cual es evaluada con cada periodo de muestreo T de la corriente I_B que entra o sale de la batería.

$$SOC(nT) = SOC[(n-1)T] \pm \frac{I_B(nT)}{C_{nom}} \cdot T \quad (2)$$

La exactitud en la estimación del SOC mediante la ecuación (2) depende principalmente de determinar correctamente el estado de carga inicial $SOC[(n-1)T]$ y de minimizar los errores en las mediciones de la corriente. Sin embargo, la carga que se libera siempre es menor a la carga almacenada en el ciclo de carga y descarga, esto es debido a las pérdidas internas de la batería. Estas pérdidas provocan un error acumulativo, por lo cual, para obtener una estimación más precisa del SOC, debe corregirse el estado de carga inicial cada cierto periodo de tiempo. Aquí es donde entra en juego la medición de tensión en bornes de batería a circuito abierto (OCV), que permite corregir el estado de carga inicial. Esto es posible porque en las baterías de plomo ácido existe una relación aproximadamente lineal entre el estado de carga y la tensión en bornes de la batería. Dicha proporcionalidad existe cuando las cargas que son abastecidas por

las baterías se encuentran desconectadas por periodos de tiempo mayores a 2 horas. La Tabla 1 muestra esta relación [2].

Tabla 1: Relación entre tensión de circuito abierto (OCV) y el SOC en una batería de 12 V [2].

Open-circuit voltage	State of charge, %
12.65 V	100
12.45 V	75
12.24 V	50
12.06 V	25
11.89 V	Discharged

A través de una relación como la indicada en la Tabla 1, puede obtenerse el estado de carga inicial $SOC[(n-1)T]$ midiendo la tensión en bornes de la batería a circuito abierto.

Teniendo en cuenta las cuestiones mencionadas, se propone el diagrama de flujo indicado en la Figura 1, el cual representa de forma simplificada el algoritmo a utilizar para la estimación del SOC del banco de baterías de la microrred. En el mismo se aplica el método de conteo de Coulomb con corrección por medición de tensión a circuito abierto (OCV).

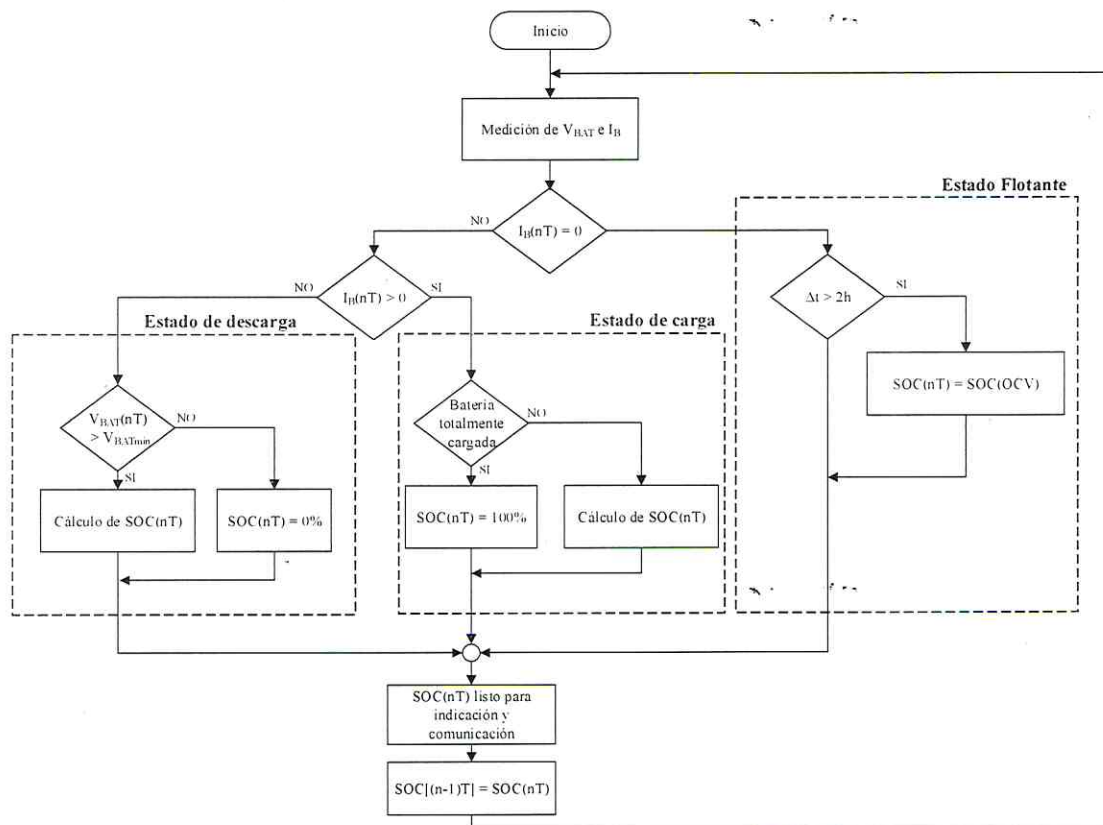


Figura 1: Diagrama de flujo para el algoritmo de estimación del SOC.

El algoritmo de la Figura 1 el banco de baterías está totalmente cargado cuando se detecta que la tensión del mismo alcanza cierto límite superior indicado por el fabricante y la corriente medida durante la carga I_B desciende al límite inferior.

Cabe mencionar que en el algoritmo propuesto deben aplicarse correcciones en función a la temperatura a la que se encuentran las baterías y el tiempo de vida, según lo que indique la hoja de datos provista por su fabricante.

Análisis y selección de los componentes del circuito y diseño de sus etapas

Con el fin de seleccionar el dispositivo programable para desarrollar el sistema propuesto en este trabajo, es realizado un relevamiento sobre las distintas placas de desarrollos y MCUs disponibles con facilidad en el mercado nacional. En este relevamiento, para diferentes dispositivos se analizaron características tales como cantidad de pines de propósito general, cantidad de canales de conversores analógicos/digitales (y las características de estos conversores), temporizadores, memorias volátiles y no volátiles, frecuencias de reloj, comunicación, periféricos, lenguaje de programación, precio, entre otros. Con toda esa información se elaboró una tabla, mediante la cual pudo observarse que la opción más conveniente es la utilización de la placa de desarrollo Nodemcu ESP-32, basada en el módulo ESP-32-WROOM-32D que presenta las características de la Tabla 2.

Tabla 2: Características del módulo ESP-32-WROOM-32D.

Características	ESP-32-WROOM-32D
Microcontrolador [núcleo]	ESP32 [dual-core Xtensa® 32-bit LX6 MCU.]
Núcleos	2
Cpu clock	80 MHz - 240 MHz
Frecuencia reloj	40 MHz
Memoria	4MB (Flash-SPI) + 448KB (EEPROM)
Memoria SRAM	520 KB + 16KB RTC
Voltaje de operación	3V - 3,6V (5V alimentación)
ADC (entradas)	12 canales (2x 12 bit)
DAC (salidas)	2 canales
Temporizadores	16bit, 64bit, 32bit (WD)
Pines digitales E/S	25 (todos poseen interrupción y pwm)
Periféricos	4x SPI, 2x I2C, 2x I2S, SDIO, 3x UART, CAN, ETH, IR
Características varias	Bluetooth, wifi, RTC integrado
Lenguajes de programación	C/C++, MicrPython, JavaScrips y LUA.

En el caso de los sensores, el sistema propuesto usa dos. Uno para medir la corriente de carga/descarga del banco de baterías y otro para medir su temperatura. Para medir la corriente se utiliza el sensor integrado MCR1101-50-5 de la marca Aceinna Electric inc. Este sensor soporta corrientes de hasta ± 50 A, entregando una salida con rango de tensión de 0 V a 2,5 V para corriente inversa y de 2,5 V a 5 V para corriente directa [3]. La selección de este sensor se realizó en base a la disponibilidad.

Para la selección del sensor de temperatura se efectuó un relevamiento y análisis de características en forma similar a lo realizado en la selección del dispositivo programable. A partir de esto, pudo concluirse que la mejor opción es utilizar el sensor DS18B20. El mismo transmite los datos de manera digital mediante el protocolo ONE-WIRE, proporcionando alta inmunidad a las interferencias y también permite conectar varios sensores a la misma línea. Este sensor proporciona mediciones en un rango de temperatura de entre -55 °C a 125 °C y posee una salida digital con niveles de tensión compatibles al ESP-32.

El sensor de corriente MCR1101-50-5 tiene una sensibilidad de 40 mV/A y transmite la medición de corriente de -50 A a $+50$ A con una tensión a su salida 0,5 V a 5 V, teniendo en el punto de 0 A una salida de 2,5 V. Por su parte el convertor AD del ESP-32, quien se encarga de digitalizar para procesar las lecturas mencionadas, soporta como máximo tensiones de hasta 3,3 V y también cabe aclarar que el mismo presenta alinealidades los extremos de su rango de medición. De esta forma, la región lineal de operación que posee el convertor AD del ESP-32 está comprendida de 0,2 V a 3 V [4]. Considerando esta situación, se implementa una etapa de acondicionamiento de señal mediante amplificadores operacionales usando una configuración sumadora inversor-no inversor [5] como la indicada en la Figura 2, mediante al que puede ajustarse el coeficiente de conversión y el *offset* del sensor de forma que los niveles de tensión en la entrada analógica del ESP-32 queden dentro del rango anteriormente mencionado.

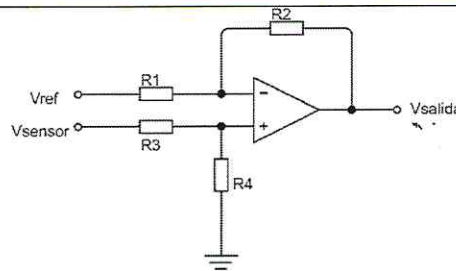


Figura 2: Amplificador sumador inversor-no inversor.

La relación salida-entrada del circuito amplificador de la Figura 2, está dada por la ecuación (3). En esta configuración el ajuste expresado anteriormente se realiza mediante los resistores indicados en la Figura 2, considerando la relación entrada-salida del circuito.

$$V_{salida} = V_{sensor} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{ref} \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Luego del proceso de cálculo y simulación los valores de resistencias a utilizar en el amplificador sumador inversor-no inversor, pueden observarse en el circuito de la Figura 3. Este circuito posee en su entrada un seguidor de tensión como adaptador de impedancia entre el sensor de corriente (MCR1101-50-5) y el resto del circuito.

Debido a la alta resolución que presenta el convertor AD del ESP-32 (12 bit), las mediciones efectuadas son sensibles al ruido. Esto sumado a que el muestreo de las variables requeridas se realiza a baja frecuencia, puede producir errores considerables en las mediciones debido al *aliasing*. Es por esto que a la salida del amplificador sumador inversor-no inversor se le adiciona un filtro activo pasabajos de 3er. orden diseñado con frecuencia de corte en 10 Hz y una atenuación de 50db a la frecuencia de red (50 Hz) a la cual estarán operando diferentes cargas de la microrred. De esta forma, el circuito de acondicionamiento de señal completo para la medición de corriente queda como en la Figura 3.

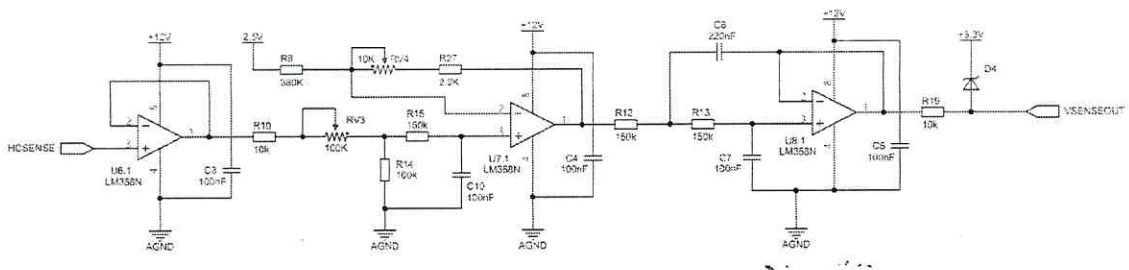


Figura 3: Circuito de acondicionamiento de señal para el sensado de la corriente de salida del banco de baterías.

Las diferentes etapas que componen el circuito de acondicionamiento utilizan como amplificador operacional al LM358 [6], el cual es un dispositivo accesible en el mercado y presenta características compatibles con el diseño del sistema, tales como tensión de alimentación y operación.

La relación salida-entrada del circuito indicado en la Figura 3 está dada por la ecuación (4), donde HC_{SENSE} representa la tensión proporcionada por el sensor de corriente y $V_{SENSEOUT}$ la tensión de entrada al ESP-32.

$$V_{SENSEOUT} = HC_{SENSE} \cdot \left(\frac{R_{14}}{R_{10} + R_{V3} + R_{14}} \right) \cdot \left(1 + \frac{R_{27} + R_{V4}}{R_8} \right) - 2,5 \cdot \frac{R_{27} + R_{V4}}{R_8} \quad (4)$$

Para medir la tensión de salida del banco de baterías se utiliza un divisor de tensión resistivo. El mismo es diseñado tomado como referencia la hoja de datos de las baterías UCG275-12 y determinándose que

en bornes la tensión máxima alcanzada con carga completa ronda los 13 V. Con lo cual la tensión máxima para un banco conformado por la asociación en serie de cuatro baterías será cercana a 53 V. Considerando esto, el divisor de tensión resistivo mencionado es diseñado con un margen de seguridad a modo que para una tensión de entrada de 60 V proporcione una salida de 10 V. El circuito de acondicionamiento de señal que es conectado a la salida del divisor de tensión mencionado, está indicado en la Figura 4. Por las mismas razones explicadas en el circuito de acondicionamiento de señal para la medición de corriente, el circuito de la Figura 4 posee una seguidor tensión en la entrada y un filtro pasabajos de 3er. orden de iguales características en su etapa de salida.

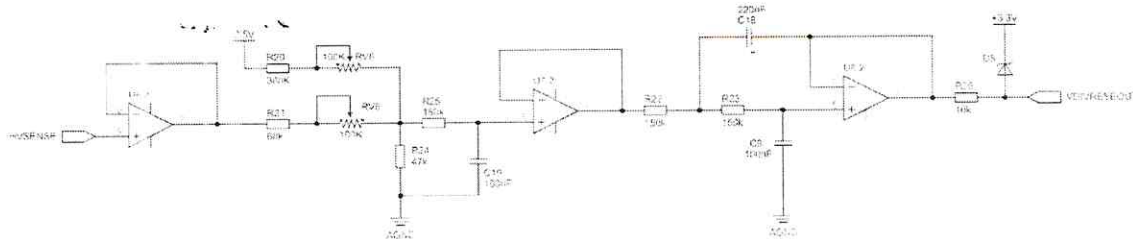


Figura 4: Circuito de acondicionamiento de señal para el sensado de la tensión de salida del banco de baterías.

La Figura 5 muestra el circuito divisor tensión resistivo utilizado para sensar el voltaje del banco de baterías. Debido a que el mismo diseño de este circuito también pretende utilizarse para el monitoreo de la tensión de salida de los paneles fotovoltaicos que posee la microrred, el divisor de tensión consta con un jumper el cual permite variar la relación de conversión para un máximo de 500 V.

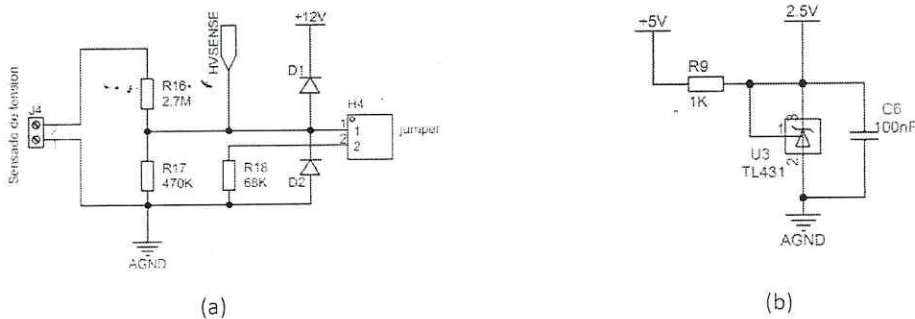


Figura 5: (a) Divisor de tensión resistivo para sensado de tensión de salida del banco de baterías; (b) Referencia de voltaje para los circuitos de acondicionamiento de señal.

El circuito de la Figura 4 posee una relación salida-entrada regida por la ecuación (5), donde HV_{SENSE} representa la tensión proporcionada por el divisor de tensión resistivo y $V_{DIVRESEOUT}$ la tensión de entrada al ESP-32.

$$V_{DIVRESEOUT} = A_{div} \frac{2,5 \cdot (R_{20} + R_{V6}) \cdot R_{24} + HV_{SENSE} \cdot (R_{21} + R_{V5})}{(R_{20} + R_{V6}) \cdot R_{24} + (R_{21} + R_{V5}) \cdot R_{24} + (R_{21} + R_{V5}) \cdot (R_{20} + R_{V6})} \quad (5)$$

donde el parámetro A_{div} dependerá de si el jumper está o no colocado en el circuito del divisor de tensión resistivo de la Figura 5. Si está presente $A_{div} = 1/50$, si no está presente $A_{div} = 1/6$.

Diseño del circuito impreso (PCB)

El circuito completo del sistema desarrollado consta de tres placas, las cuales al momento del montaje se encontrarían interconectadas. Estas placas son la principal, la del sensor de corriente y la interfaz de usuario.

La placa principal incorpora las etapas de acondicionamiento de señal mostradas en las Figuras 3 y 4, el divisor de tensión resistivo y la referencia de voltaje indicados en la Figura 5, un zócalo para el montaje del ESP-32 y la fuente de alimentación indicada en la Figura 6. Esta última diseñada a partir de un módulo comercial LM2596 con tensión de salida ajustable, que posee conectado en su salida un regulador LM7805. El LM2596 es ajustado para proporcionar 12 V, siendo esta tensión usada para energizar los circuitos de las Figuras 3, 4 y 5a, mientras que los 5 V entregados por el LM7805 son usados para energizar al ESP-32 y al sensor de corriente (H2). Este último posee un regulador de tensión que entrega 3,3 V, utilizado para energizar al circuito de la interfaz de usuario (H5), el módulo INA26 (H3) y el transceptor CAN (H1) como puede apreciarse en la Figura 7.

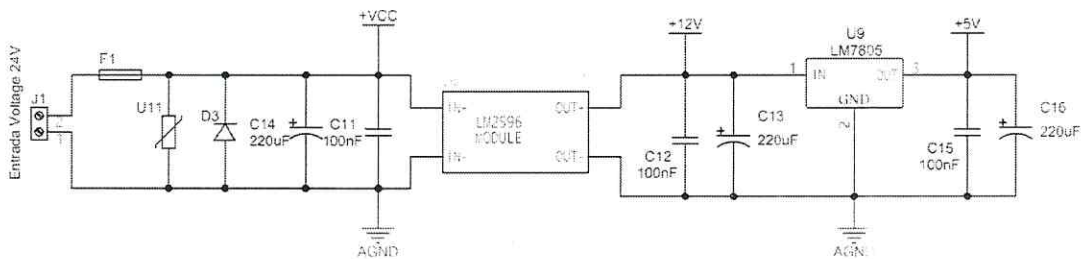


Figura 6: Circuito de la fuente de alimentación.

Debido a los valores elevados para las corrientes de carga y descarga del banco de baterías, para el circuito del sensor de corriente mostrado en la Figura 8 se desarrolla un circuito impreso separado, el cual es montado sobre la placa principal. Esto permitirá hacer fácil el reemplazo del sensor en caso de daño del mismo. Por otro lado, el circuito de interfaz de usuario constituido por un display LCD de 16 x 2 caracteres (con comunicación de datos serie) y de cuatro pulsadores como lo muestra la Figura 9, también ha sido construido en un circuito impreso separado para facilitar su accesibilidad en el gabinete donde quedarán montados los circuitos del sistema propuesto.

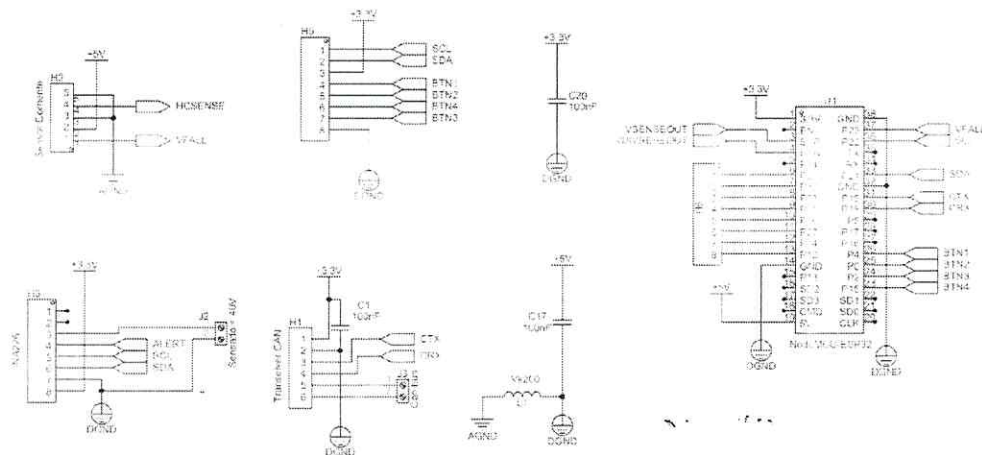


Figura 7: Interconexiones etapas, módulos y microcontrolador.

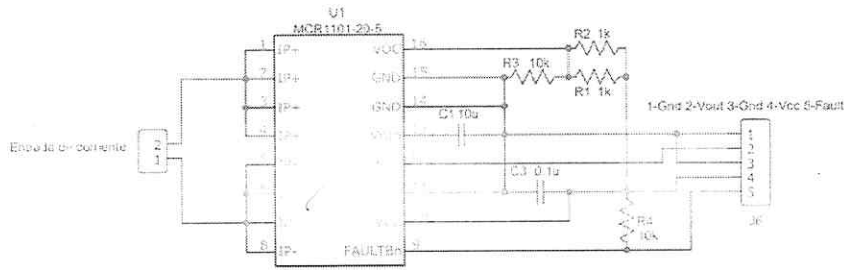


Figura 8: Circuito del sensor de corriente.

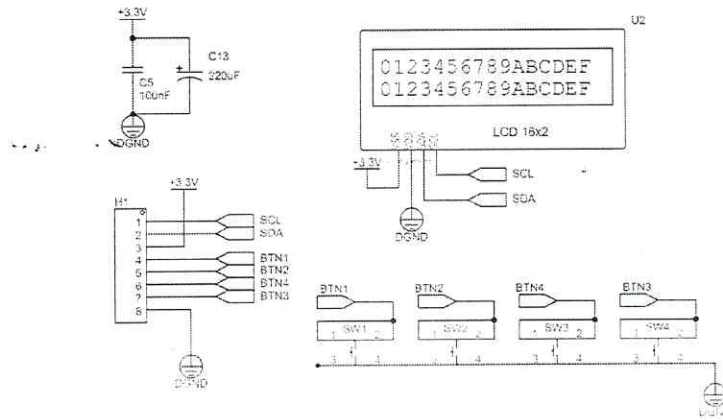


Figura 9: Circuito de la interfaz de usuario.

El diseño del circuito impreso fue desarrollado en línea utilizando el software EasyEDA. La Figura 10 muestra el PCB realizado para el sensor de corriente el cual posee un tamaño de 30 x 35mm. El diseño del circuito impreso correspondiente a la placa principal puede observarse en la Figura 11 y posee un tamaño de 110 x 100 mm. El PCB de interfaz de usuario mostrado en la Figura 12 tiene una medida de 100 x 60 mm.

[Handwritten signature]

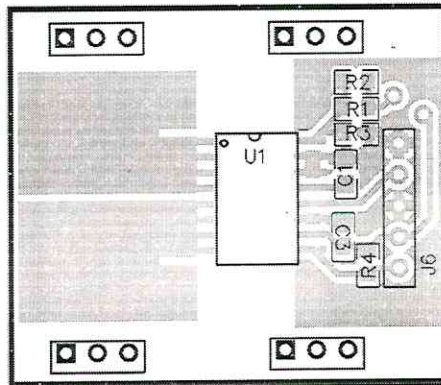


Figura 10: Circuito impreso para el sensor de corriente MCR1101-50-5.

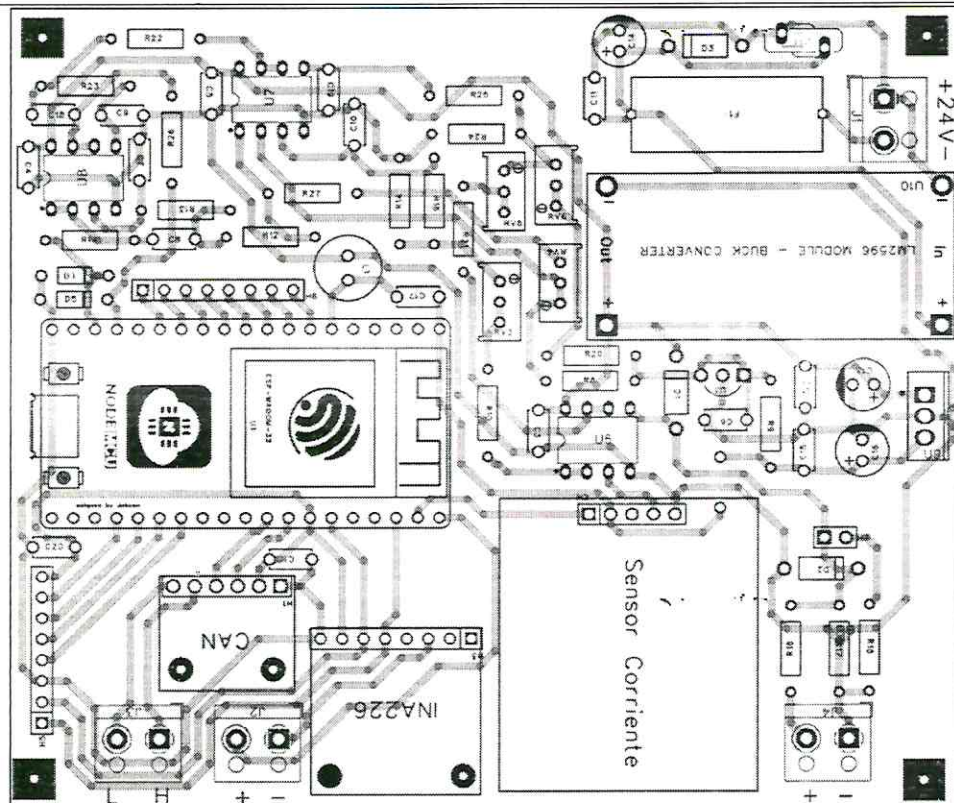


Figura 11: Circuito impreso de la placa principal.

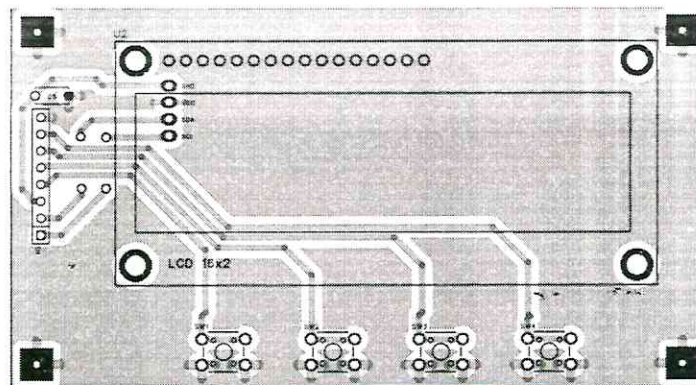


Figura 12 : Circuito impreso de la interfaz de usuario.

Los diseños indicados en las Figuras 10, 11 y 12 corresponden a un primer prototipo del del medidor-transmisor desarrollado, por lo cual están sujetos a modificaciones que surjan de las pruebas que serán realizadas a futuro.

Ensayos y puesta a punto del circuito

Una vez ajustado adecuadamente los presets de los circuitos correspondientes, se hizo un ensayo para corroborar la operación del circuito de acondicionamiento de señal para el sensor de corriente. En este ensayo se utilizó una fuente regulable, cuya tensión de salida es medida con el multímetro de banco UNIT UT804. Esto con el fin de comparar las mediciones obtenidas entre sistema implementado y el multímetro. Los resultados obtenidos con el conversor AD del ESP-32 y el multímetro mencionado, está expresados en la Figura 13.

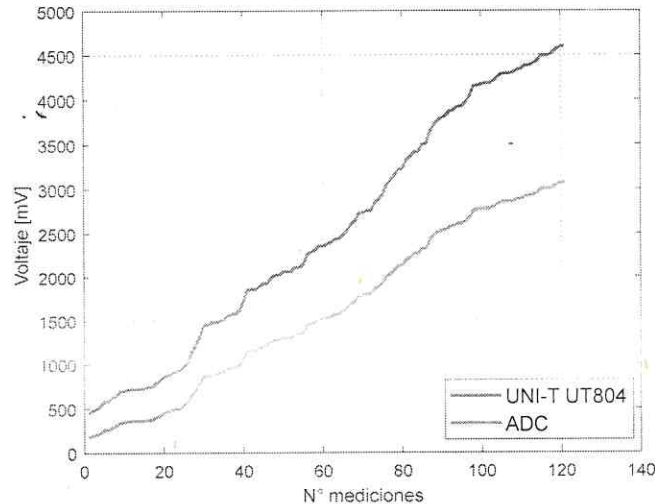


Figura 13: Mediciones de la etapa acondicionadora de señal para el sensor de corriente de salida del banco de baterías.

Como puede observarse en la Figura 13 la tendencia de ambas curvas es similar, la diferencia se presenta en el offset de las mismas. Para ajustar esto, a partir de los datos obtenidos en este ensayo es elaborada una función polinómica [7] que permita corregir la diferencia entre las curvas.

El objetivo del ajuste mencionado es obtener un valor de tensión estimado (variable dependiente Y) en relación con una lectura del conversor AD del ESP-32 (variable independiente X). La función polinómica de 4to. orden utilizada para la corrección indicada en la ecuación es la siguiente.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \alpha_3 X^3 + \alpha_4 X^4 \quad (6)$$

Para determinar los valores de los coeficientes de la ecuación (6), se sustituyen los puntos obtenidos de las mediciones, Y datos obtenidos de UT840 y X datos obtenidos de lecturas del conversor AD, luego se elaboran las ecuaciones para despejar el valor de cada uno de los coeficientes.

Con el fin de obtener mediciones libres de fluctuaciones por ruido, en el programa desarrollado para que el ESP-32 efectúe las mediciones de corriente, son implementados filtros digitales. El filtro consiste en la realización de la media aritmética móvil, utilizando una ventana de datos con la muestra actual y muestras anteriores. Este método de filtrado presenta la desventaja de que en su respuesta en frecuencia se observan lóbulos laterales sin atenuación considerable [8], es por esto que en el algoritmo se introdujo la combinación de tres ventanas de distinta longitud (de 25, 50 y 100 muestras), obteniéndose así una mejor atenuación de los lóbulos laterales. De todas formas, la aplicación de este filtro demanda una gran capacidad de procesamiento. Para mejorar el desempeño del filtrado digital en un futuro será necesario implementar un filtro FIR en las mediciones de las variables efectuadas por el ESP-32 que incorpora el sistema propuesto.

Una vez incorporado el polinomio de corrección y el filtrado digital, se llevó a cabo un segundo ensayo, pero ahora realizando mediciones de corriente. En este ensayo es incorporado el sensor de corriente MCR1101-50-5, teniendo en cuenta que la sensibilidad del mismo es 40mV/A. Durante el ensayo se midió la corriente generada por una fuente controlada. Cabe mencionar que el mismo presentó la limitación de la fuente, la cual podía entregar como máximo 7 A. Por lo que el ensayo y calibración fueron realizados únicamente dentro del rango de -7 A a 7 A. La Figura 14 muestra los resultados obtenidos con la medición efectuada a través del conversor analógico/digital del ESP-32 (ADC) y del multímetro de banco UT840.

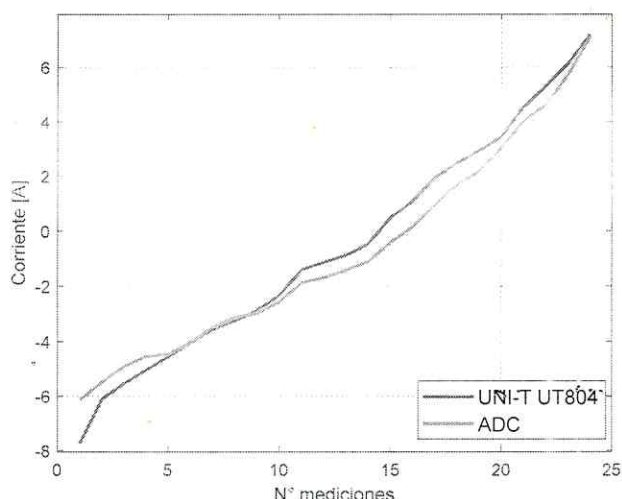


Figura 14: Mediciones de corriente obtenidas con el sistema propuesto y el multímetro UT840.

Como puede apreciarse en la Figura 14, ambas curvas presentan ligeras desviaciones, dicho error puede reducirse mediante una función polinomial de corrección, pero para obtenerla debería realizarse un ensayo cubriendo todo el rango de corriente del sensor. Para esto se requiere de una fuente controlada con mayor capacidad de corriente, por lo cual la calibración mencionada queda a realizarse a futuro cuando se cuente con dicha fuente.

2. Objetivos alcanzados.

El plan de trabajo correspondiente a la adscripción tiene por objetivo: “Diseñar y construir un circuito basado en microcontroladores que sea capaz de medir, registrar y transmitir variables de interés para la supervisión de los bancos de baterías empleados en una microrred eléctrica”. A partir de las actividades desarrolladas se han alcanzado los siguientes objetivos: Se probó la comunicación de información entre unidades utilizando el protocolo CAN (esto fue realizado para el trabajo publicado), se desarrolló una primera aproximación del algoritmo para la estimación del estado de carga un banco de baterías, se diseñaron los distintos circuitos impresos que componen al sistema propuesto y con ello se pudo medir, registrar y procesar las variables de interés.

3. Métodos y técnicas empleados.

Inicialmente se relevaron los distintos métodos utilizados para el monitoreo y estimación del estado de carga (SOC) de las baterías, a partir de esto fueron determinados los parámetros que deben ser medidos para cumplir con dicho objetivo, siendo estos la temperatura, tensión en bornes y corriente en el banco de baterías.

El siguiente paso fue el relevamiento de los dispositivos requeridos, disponibles en el mercado nacional. En cada caso fueron observadas las características técnicas, precio y disponibilidad. Como resultado de dicho procedimiento es utilizada la placa de desarrollo ESP-32 como dispositivo digital encargado de ejecutar el algoritmo de estimación del SOC, para el sensado de corriente se utiliza el circuito integrado MCR1101-50-5, para medir la temperatura del banco de baterías es seleccionado el sensor DS18B20 y finalmente para transmitir dicha información es escogido el transceptor sn65hvd230 para implementar el protocolo CAN.

Por otra parte, para que las señales generadas por el sensor de corriente y por la etapa de medición de tensión del banco de baterías sean aptas para el convertor AD del ESP-32, se diseñaron las etapas de acondicionamiento de señal, que no solo protegen al convertor, sino que también logra que las mediciones sean más precisas ya que la señal obtenida post acondicionamiento opera dentro del rango lineal del convertor AD y está filtrada para evitar errores debido al ruido presente en la señal inicial.

A partir de las pruebas realizadas a la etapa de acondicionamiento señal mencionada, se procedió con el diseño de los circuitos impresos correspondientes, quedando el sistema repartido en tres placas: interfaz de usuario, módulo sensor de corriente y placa principal. Cabe destacar que el sistema obtenido, además de ser modular, tiene una doble funcionalidad ya que también puede utilizarse para el monitoreo de paneles fotovoltaicos.

Finalmente se realizaron ensayos con fuentes de tensión y corriente controladas, en donde se compararon las lecturas del sistema desarrollado con un multímetro de banco UT-840. Los resultados que se obtuvieron son los esperados, si bien se presentaron pequeños errores que fueron cuantificados y corregidos mediante una función de regresión polinomial de 4to orden implementada en el algoritmo programado en el ESP-32.

4. Bibliografía consultada.

- [1] M. Murnane, A.Ghazel, A Closer Look at State of Charge (SOC) and State of Health (SOH) Estimation Techniques for Batteries, 2017.
- [2] S. Petrovic, Battery Technology Crash Course. 2021
- [3] ACEINNA. Hoja de datos MCR1101-50-5 Sensor de corriente 50A 5V, salida radiométrica. 16 de abril de 2021:
<https://www.aceinna.com/current-sensors/MCR1101-50-5>
- [4] Espressif. ESP-IDF Programming Guide. Disponible (15-12-22), de:
<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.4/esp32/api-reference/peripherals/adc.html>
- [5] Apuntes de la asignatura Electrónica Analógica, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería. 2020.
- [6] Dual Low Power Operational Amplifiers. LM358. Hoja de datos disponible on-line:
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/3067/MOTOROLA/LM358.html>
- [7] Pedro Salvador, Técnicas Computacionales, Curso 2007-2008. Ajuste de curvas:
<http://iqc.udg.ès/~perico/docencia/QTC/ajustes.pdf>
- [8] Gastón Vilches. (2021). *Por qué el filtro de media móvil no es la mejor opción para el ruido de alta frecuencia*. Disponible (15-12-22), de:
<https://www.linkedin.com/pulse/por-qu%C3%A9-el-filtro-de-media-m%C3%B3vil-es-la-mejor-opci%C3%B3n-para-vilches/?originalSubdomain=es>

5. Resultados obtenidos expresada en indicadores de CyT: trabajos publicados, en prensa, presentaciones a reuniones científicas, etc.

Madera Nigra, Gian A.; Fleita, Martin G.; Álvarez, Fabian H.; Gross, Juan P.; Botterón, Fernando; Fernández, Guillermo A. "Sistema electrónico para red de sensores utilizados en microrredes eléctricas" Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción, XII JIDeTEV. Oberá, Misiones, agosto de 2022.

6. Obstáculos y dificultades halladas durante el desarrollo del plan de trabajo.

La primera dificultad hallada fueron las características desfavorables del convertidor AD de la placa utilizada, ya que el mismo presenta una alinealidad pronunciada en los extremos de la curva de medición teniendo como resultado un rango de tensiones limitado para su operación, además también este dispositivo tiene una alta sensibilidad al ruido.

Luego se observó que la señal entregada por el sensor de corriente varía de 0 V a 5 V, por lo que no es compatible con el ESP-32, que opera entre 0 V a 3,3 V.

Finalmente, no se pudieron realizar las pruebas del sensado de corriente dentro de todo el rango nominal es decir desde -50 A a 50 A, debido a que la fuente controlada de corriente utilizada podía operar desde los -7A hasta los 7A.



7. Avance académico durante el período de beca (exprese en porcentaje): 25,64 %

Fleita Martín Gabriel

Becario

Evaluación del Director y Co-director (validación por sistema)

Evaluación del becario: **SATISFACTORIO**

Guillermo A. Fernández
Director.

Roberto Fernández
Co-Director