

CARACTERIZACIÓN DE ACUMULADORES SOLARES UTILIZADOS EN PROGRAMAS DE ELECTRIFICACION RURAL EN LA ARGENTINA

⁽¹⁾ **Pedro Cossoli** - e-mail: pacossoli@gmail.com

⁽¹⁾ **Luis H. Vera** - e-mail: lh_vera@yahoo.com.ar

⁽¹⁾ Universidad Nacional Del Nordeste, Grupo en Energías Renovables (GER), Av. Libertad n° 5460, Corrientes, 3400, Argentina, Teléfono/Fax: 0054-379- 4473931.

Resumen. *En la República Argentina el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) tiene como objetivo principal el abastecimiento de electricidad a viviendas, centros de salud y escuelas rurales mediante la instalación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA). El PERMER ya ha instalado más de 25000 sistemas de este tipo. Los SFA instalados utilizan para su sistema de almacenamiento baterías monoblock de 12V de tipo Plomo-Ácido, provistas solamente por dos fabricantes locales. En estudios realizados por el Grupo en Energías Renovables (GER - UNNE), en zonas rurales del Nordeste Argentino (NEA), se ha verificado una pérdida prematura de capacidad de almacenamiento que provoca la falta de suministro eléctrico. Por lo tanto determinar la característica del sistema de acumulación es de gran importancia para aumentar la confiabilidad de los SFA.*

En este artículo se presenta el desarrollo de un banco de ensayos para la caracterización de las baterías para usos solares, el cual permite realizar todas las pruebas especificadas por la norma EN 61427 -2.005. El banco de pruebas consta de tres bloques principales: el módulo térmico, la fuente de alimentación y el módulo de medición. El valor de la capacidad fueron medidos en los 2 tipos de baterías utilizados en los sistemas FV instalados por PERMER. Los resultados obtenidos han mostrado una gran diferencia en el comportamiento de una marca en relación a la otra. Una de las baterías no superó la primera prueba de conformidad especificados en la norma EN 61427 - 2005, mientras que la otra marca de baterías ha presentado resultados satisfactorios.

El sistema desarrollado constituye, actualmente, el primer sistema de este tipo en el país, con capacidad para realizar los diferentes ensayos que permiten caracterizar acumuladores solares de hasta 220 Ah con tasas de descarga de hasta 10 horas.

Palabras-claves: *Energía Solar, Sistema Fotovoltaico Autónomo, Baterías Pb-ac*

1. INTRODUCCIÓN

La crisis energética mundial aparece en la actualidad como un problema social de los más preocupantes. Por un lado, los límites en recursos que presentan las fuentes de energía tradicionales implican una búsqueda de alternativas. Por otro lado, se vinculan las energías fósiles con graves problemas ambientales, principalmente con la generación de gases de efecto invernadero que provocan un peligroso calentamiento global del planeta.

Durante los últimos años, el mercado solar fotovoltaico creció de manera acelerada, siendo el sector del fotovoltaico conectado a red el más dinámico (REN21, 2012). El motivo de esta explosión se debe esencialmente a la implementación de programas nacionales en países desarrollados que favorecen las “energías limpias”. Aprovechando esta dinámica, los nuevos proyectos en electrificación rural en los países en desarrollo se dedican principalmente a la instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA). Argentina sigue esta tendencia y a través del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) iniciado en el año 1999, numerosas provincias se beneficiaron de nuevas instalaciones fotovoltaicas para abastecer de energía eléctrica a escuelas, centros comunitarios, puestos sanitarios y viviendas. En el año 2008 se concluyó el primer proyecto de media escala en la provincia de Corrientes, con la electrificación de 85 escuelas rurales utilizando SFA. (Bello et al., 2010)

Los SFA instalados se constituyen de módulos fotovoltaicos, acumulador o banco de acumuladores, reguladores de carga y en ciertos casos inversores. Los bancos de acumuladores están constituidos por baterías monoblock de 12V de Plomo-Ácido con ventilación, provistas solamente por dos fabricantes locales.

Dado que estas instalaciones son la única fuente de energía presente, el sistema de almacenamiento de energía es un punto clave. Por lo tanto, definir el comportamiento del mismo es de vital importancia dado que estos son los componentes menos fiables en los SFA. Una incorrecta determinación de la capacidad real de las baterías conduce a previsiones erradas de la confiabilidad de los SFA. Por otro lado, una incorrecta gestión de la carga y de la descarga conduce a una pérdida prematura de capacidad.

En los últimos años, a través de estudios realizados por el Grupo en Energías Renovables (GER - UNNE), en zonas rurales del Nordeste Argentino (NEA) se ha verificado que uno de los principales agentes de falta de energía en los SFA es la pérdida prematura de capacidad que del banco de acumuladores. (Bello et al., 2012). Hecho que ha

conducido al desarrollo de un sistema para ensayos de baterías que permite determinar la capacidad real de los sistemas de acumulación así como el tiempo de vida útil de los dos tipos de baterías utilizadas en el PERMER.

1.1 Normas y procedimientos de ensayo de baterías solares

Las baterías son sometidas a diferentes ciclos de carga y descarga y también experimentan un amplio rango de condiciones de operación. Estas variaciones son debidas a los diferentes usos y temperaturas de trabajo a las que se encuentran sometidas en el lugar donde son instaladas. A su vez, esto resulta en diferentes características de desempeño y mecanismos que llevan a la falla de las baterías. En la actualidad existen diversas normas que pueden ser aplicadas para ensayar los tipos de baterías utilizadas en Sistemas de Energías Renovables (SER). Algunas de estas normas son específicas para sistemas autónomos.

La norma EN 61427 – 2005 propone diferentes metodologías de ensayos para evaluar el desempeño de las baterías. Entre ellos podemos mencionar ensayos para la Determinación de capacidad, Durabilidad, Retención de carga, Recuperación de capacidad y Eficiencia de carga/descarga. Estos ensayos deben ser realizados a temperatura constante de 25 °C en un baño de agua termostatzado y con tensión y corriente controlada.

Para la determinación de la capacidad a una determinada tasa de descarga, en primer lugar se lleva a cabo una serie de ciclos de descarga-recarga y tiempo de reposo (de 3 a 4 ciclos) de la batería, con el fin de estabilizar la capacidad de la misma. Realizado ese paso previo se puede llevar a cabo la determinación de la capacidad real, que será igual al producto entre tiempo empleado en alcanzar la tensión mínima admisible y la cantidad de corriente que fue extraída de la misma.

La durabilidad de una batería viene definida como la capacidad de la misma para soportar repetidos ciclos de carga y descarga.

El ensayo de Retención de carga tiene como objetivo evaluar la capacidad remante de la batería luego de un determinado período de circuito abierto. En otras palabras, lo que se evalúa es la auto-descarga de la batería.

Ante ciertas condiciones de operación, la batería en un SFA puede quedar descargada por largos períodos de tiempo. El ensayo de recuperación de capacidad tiene como objetivo evaluar la capacidad de la batería para recuperarse después de una descarga profunda.

Por último, el ensayo de eficiencia de carga/descarga tiene como objetivo evaluar la eficiencia (relación entre la cantidad de Ah suministrada en una descarga y la cantidad de Ah necesaria para la carga). Esta característica es importante para las baterías utilizadas en regímenes de baja intensidad de descarga y tasas de carga similares a las suministradas por el generador fotovoltaico.

Durante todos los ensayos se realizan mediciones de tensión en bornes de la batería, corriente, temperatura de trabajo, tiempo de ensayo y densidad del electrolito. La Tab. 1 presenta las características, de precisión, especificadas por la norma EN 61427 – 2005, con la cual deben ser realizadas las mediciones.

Tabla 1- Características del instrumental de medición

Descripción	Precisión requerida
Tensión	±0,5%
Corriente	±1%
Temperatura	±1 °C
Tiempo	±0,1%
Densidad del electrolito	±0,5 g/l
Temperatura del baño termostatzado	±2 °C

En Argentina, actualmente no existen normas que regulen los ensayos para baterías solares, por lo que el GER ha propuesto un protocolo de ensayo. Este protocolo se obtuvo del análisis de las siguientes normas:

EN 61427:2005 – Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía (PVES). Requisitos generales y método de ensayo -

Documento ANC-0603-11-01. Anteproyecto De Norma - Celdas Y Baterías Secundarias Para Sistemas De Energía Solar Fotovoltaica. Requisitos Generales Y Métodos De Ensayo. UPME, Bogotá (2003).

ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 004/ 2011. Requisitos De Avaliação Da Conformidade Para Sistemas e Equipamentos Para Energía Fotovoltaica (Módulo, Controlador De Carga, Inversor e Bateria)

IEC 61427 - Secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES) – General requirements and methods of test.

IEC 60896-1, Stationary Lead-Acid Batteries – General Requirements and Methods of Test – Part 1: Vented Types.

Dicho protocolo se ha presentado a las autoridades del PERMER, y en el se encuentran detallados todos los ensayos y procedimientos para caracterizar las baterías de Pb-ac de tipo monoblock para usos solar.

2. SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DESARROLLADO

El sistema de caracterización se desarrolló a partir del análisis de trabajos previos realizados por Carr (2004) y Vera (2010, 2009, 2007), con el objetivo de evaluar el desempeño y capacidades nominales de baterías monoblock de 12 V de hasta 220 Ah.

Con dicho sistema es posible realizar todos los ensayos descritos en el protocolo propuesto. La medición de tensión, corriente, temperatura y tiempo son realizadas de forma automática y la densidad del electrolito en forma manual. La Fig. 1 presenta un diagrama de bloques del sistema desarrollado.

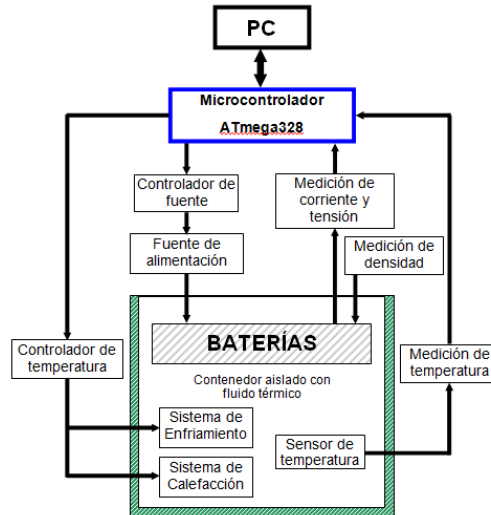


Figura 1.- Diagrama en bloques del sistema de ensayos desarrollado

El sistema se puede identificar por medio de tres bloques principales que lo conforman:

1) Baño termostatzado: constituido por un depósito aislado térmicamente donde se encuentran las baterías a ensayar, sumergidas parcialmente en un fluido de intercambio térmico. En este baño se incluyen dispositivos de calefacción y refrigeración así como un sistema de control de temperatura.

2) Sistema de suministro de energía: una fuente de alimentación bipolar y un módulo de control permiten realizar la carga y descarga de las baterías de manera automática.

3) Sistema de medición y almacenamiento de datos: la medición de los parámetros de interés (corriente, tensión, temperatura, tiempo y densidad) se realiza por medio de diferentes sensores. Los datos obtenidos son transmitidos a un ordenador para su almacenamiento, visualización en tiempo real y posterior análisis.

El ordenador ejecuta un software diseñado para controlar los parámetros de cada ensayo (límites de tensión, corriente de carga/descarga, temperatura de trabajo, etc.). Almacena y presenta en tiempo real las mediciones realizadas por cada sensor. Un microcontrolador ATmega328 es el vínculo entre el ordenador y los sensores.

2.1 Baño Termostatzado

El baño termostatzado está formado por un contenedor de 110 litros de capacidad, fue especialmente diseñado para alojar las baterías a ensayar. En la Fig. 2 se muestra una representación esquemática del baño y los elementos que lo constituyen. En el contenedor es posible ensayar hasta dos baterías en forma simultánea.

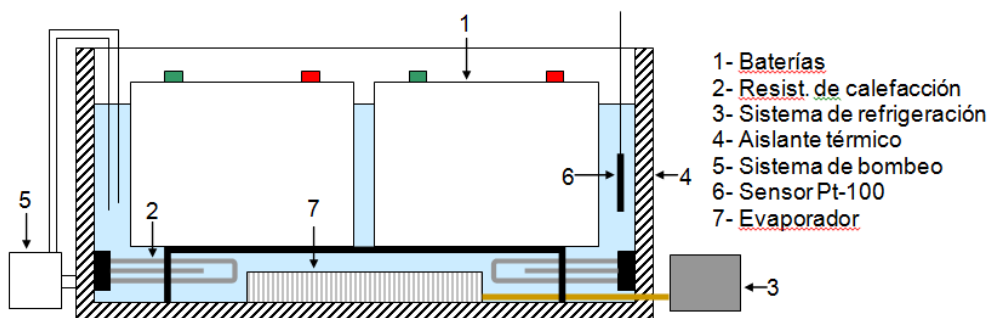


Figura 2- Representación esquemática del baño termostatzado y de los elementos que lo constituyen.

Las baterías se encuentran sumergidas parcialmente en agua (hasta 25 mm. Antes de la parte superior de las mismas) el cual actúa como fluido de intercambio térmico y debido a su elevado calor específico se asegura una alta inercia térmica. Para alcanzar una determinada temperatura de trabajo el baño cuenta con un sistema de calefacción y refrigeración. El sistema de calefacción está constituido por dos resistencias calefactoras de 1500 W y permiten alcanzar temperaturas por encima de la temperatura ambiente. Un sistema de refrigeración por compresión de 1200 W térmicos permite lograr temperaturas por debajo de la ambiente. De esta manera es posible establecer temperaturas que van desde los 10 °C hasta los 60 °C. Este rango de trabajo permite simular condiciones de trabajo equivalentes a diferentes épocas del año así como ensayos acelerados de degradación.

Para evitar la estratificación de la temperatura dentro del fluido de intercambio se instaló un sistema de bombeo que produce una recirculación, homogeneizando la temperatura del baño.

El controlador juega un papel importante en la estabilidad de la temperatura del baño. Para lograr la menor desviación respecto de la temperatura deseada el controlador debió ser diseñado teniendo en cuenta el comportamiento térmico del baño.

Se implementó un algoritmo que automáticamente determina el funcionamiento del sistema de refrigeración y calefacción teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la temperatura del fluido (Ogata, 2010).

2.2 Sistema de Suministro de Energía

Una fuente bipolar Kepco BOP 36-12D de 400 W de potencia máxima es utilizada para realizar la carga y descarga de la batería durante el ensayo. Su tensión de salida varía entre ± 36 V y provee corrientes de hasta 12 A con ambas polaridades. (Kepco, 2011). La fuente cuenta con canales analógicos de control, mediante los cuales fue posible controlarla de forma automática

Los valores de tensión y corriente de salida de la fuente son transferidos desde el ordenador a un microcontrolador que forma parte de la placa de control. Luego un Convertidor Digital a Analógico (DAC) de 12 bits de resolución y un circuito de adaptación proporcionan la señal adecuada para ser inyectada en los canales de control de la fuente.

2.3 Sistema de Medición y Almacenamiento de Datos

Durante el ensayo se miden los valores de tensión en bornes de la batería, la corriente de carga y descarga y la temperatura del baño termostatzado Esta medida es llevada a cabo por circuitos diseñados y desarrollados específicamente para ello. Un microcontrolador ATmega328 adquiere las señales provenientes de los diferentes sensores y circuitos mediante sus canales de Conversión Analógica a Digital (ADC) de 10 bits de resolución. Luego transmite los datos hacia el ordenador mediante una conexión USB de alta velocidad.

La tensión en bornes de una batería varía entre 10,8 V (batería totalmente descargada) y 14,4 V (batería totalmente cargada). Mediante un circuito de alta impedancia de entrada y una etapa de adaptación se acondiciona la señal para luego ser adquirida por el ADC.

La corriente que se inyecta o extrae de la batería tiene un valor máximo de 12 A y es medida mediante una resistencia *shunt* con una relación de 60 mV a 25A y una precisión de 0,5%. Un circuito amplifica la caída de tensión generada sobre el *shunt* y acondiciona la señal para ser adquirida.

Por otro lado, la temperatura de trabajo también debe ser medida, para lo cual se utilizaron sensores Pt100. La medición de los mismos se realiza a cuatro hilos.

Un software de ordenador almacena los valores de los parámetros medidos y monitorea en tiempo real el progreso del ensayo. Permite seleccionar cuál de los ensayos mencionados se aplicara a la batería, incluso admite la modificación de cualquiera de los parámetros del ensayo, como la temperatura de trabajo, corriente de carga/descarga y tiempo de ensayo (Cossoli, 2013).

2.4 Calibración de los Circuitos Desarrollados

Una vez implementados los circuitos descriptos, se realizó la calibración de cada uno de ellos mediante instrumentos trazables. Se obtuvieron las incertezas mostradas en la Tab. 2.

Tabla 2- Características del instrumental de medición

Descripción	Precisión alcanzada
Tensión	$\pm 0,18\%$
Corriente	$\pm 0,88\%$
Temperatura	$\pm 0,3$ °C
Tiempo	$\pm 0,1\%$
Densidad del electrolito	$\pm 0,5$ g/l
Temperatura del baño termostatzado	$\pm 0,8$ °C

3. BANCO DE ENSAYO DE BATERIAS SOLARES

En la Fig. 3a se puede observar la estructura (*rack*) de soporte que contiene el ordenador y la pantalla, en la parte media del *rack* se observa el estante con los circuitos de medición y la fuente de alimentación. El panel frontal posee indicadores luminosos para denotar el estado del sistema de refrigeración, calefacción y recirculación de agua.

En la Fig. 3b se observa el baño termostatzado aislado térmicamente conteniendo una batería; se observa la cobertura superior de gránulos de poliestireno expandido que forman una capa aislante para evitar la evaporación del fluido y mejorar el control de temperatura.



a)



b)

Figura 3- Banco de ensayos, a) Equipo de comando y control del proceso de ensayo de las baterías b) batería en el baño térmico durante un ensayo de descarga.

4. RESULTADOS

Las pruebas preliminares se llevaron a cabo en las baterías suministradas por las 2 marcas de acumuladores de fabricantes locales. Las dos baterías ensayadas poseen la misma capacidad para igual régimen de descarga (190 Ah en 20 horas de descarga) y para su identificación las denominaremos batería Ab y batería Ib. Después de cuatro (4) ciclos de estabilización especificados por la norma EN 61427-2005 se realizó la determinación de la capacidad real de cada batería. Es importante destacar que dicha norma estipula que la capacidad se alcanza cuando la diferencia de capacidad determinada entre dos ciclos consecutivos es menor que 2 %. La batería se considera que cumple con el estándar cuando la capacidad, después de estos cuatro ciclos, es mayor que 95 % de la capacidad nominal reportada por el fabricante.

La Fig. 4 presenta los valores de tensión, corriente y temperatura durante la etapa de estabilización realizada en el banco de ensayos desarrollado, etapa cuyo fin es determinar la capacidad de la batería Ib. Los resultados corresponden a un ensayo realizado a una batería monobloque de 12 V con una capacidad nominal de 190 Ah a un régimen de descarga de C_{20} , régimen al que le corresponde una corriente de 9.5 A.

La línea azul y amarilla, en la Fig. 4, muestran la evolución temporal de la tensión y la intensidad de corriente durante los ciclos de preparación, los cuales son realizados con el objetivo de estabilizar la capacidad de la batería. La línea roja presenta la temperatura del baño termostatzado durante el ensayo. Las diferentes etapas que se pueden observar durante cada ciclo son: la etapa carga, la etapa de reposo y la etapa de descarga. El período de carga se lleva a cabo hasta que la tensión en los bornes de la batería alcanza el valor de 14,4 V y la etapa de descarga hasta que la tensión cae hasta el valor de 10,8 V. Ambos ciclos se realizan a corriente constante.

En la curva de corriente se observa que existen periodos de carga de la batería con una corriente constante de 9,5 V, situación que se sostiene hasta alcanzar el valor de 14,4 V, punto en el cual el valor de la corriente descende en forma logarítmica, manteniéndose el valor de la tensión constante durante 12 h. Este proceso tiene como objetivo llevar al valor del estado de carga de la batería (SOC, del inglés *state of charge*) los más próximo al 100%, evitando sobrecargas que pueden afectar a la batería (calentamiento y posible hidrólisis del agua del electrolito).

En el caso representado en la figura 4 los tres primeros ciclos de carga/descarga corresponden a la etapa de estabilización de la capacidad y los valores de corriente y tiempo, en la última descarga, se utilizan para la determinación de la capacidad real de la batería.

Es importante remarcar que se considera que se estabilizó la capacidad de la batería cuando la variación en la capacidad respecto al ciclo anterior, tercer ciclo, no supera el 2%.

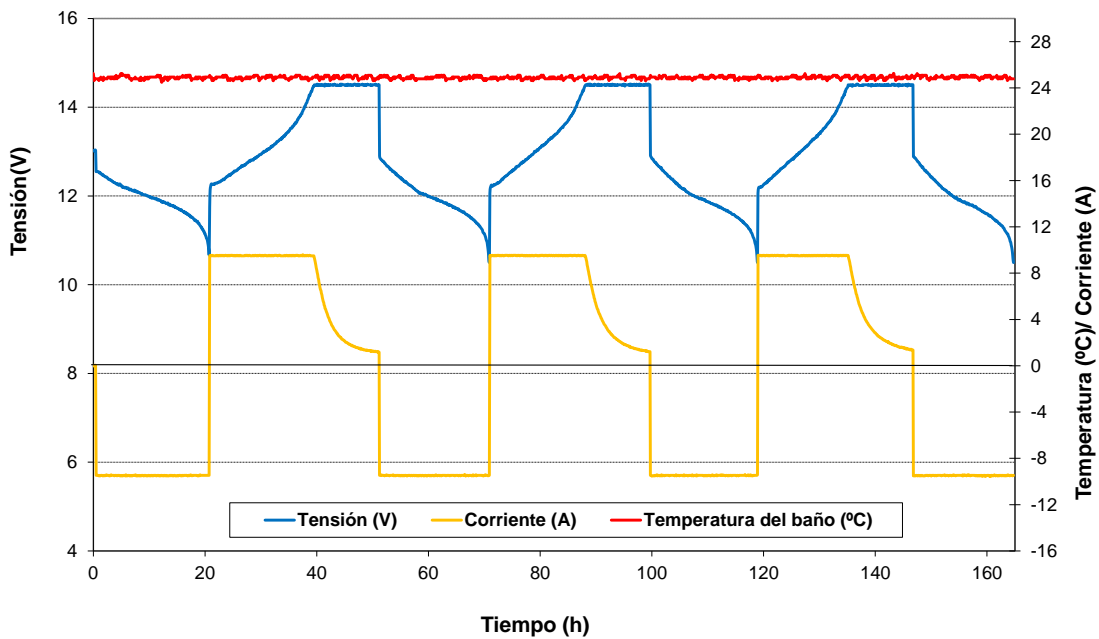


Figura 4- Valores de tensión, corriente y temperatura durante la etapa de estabilización de una batería monobloque de 12 V y 190 Ah de capacidad nominal.

La Fig. 5 presenta las curvas de descarga para los cuatro primeros ciclos donde, cada 5 minutos, son medidos los valores de la tensión en los bornes de la batería Ib. En este proceso la batería Ib es llevada a valores comprendidos entre 14,4 V y 10,8 V con el fin de realizar ciclos completos de carga y descarga. El análisis de las diferentes curvas y los valores medidos muestran que en el primer ciclo de descarga la batería Ib tenía una capacidad, en relación a la capacidad especificada por el fabricante, fue de 101,25% (192,4 Ah). En los sucesivos ciclos de descarga la capacidad fue disminuyendo hasta, en el cuarto ciclo, alcanzar una capacidad del 90% (171 Ah). Además, existió una diferencia mayor al 2% respecto a la capacidad obtenida en el ensayo anterior.

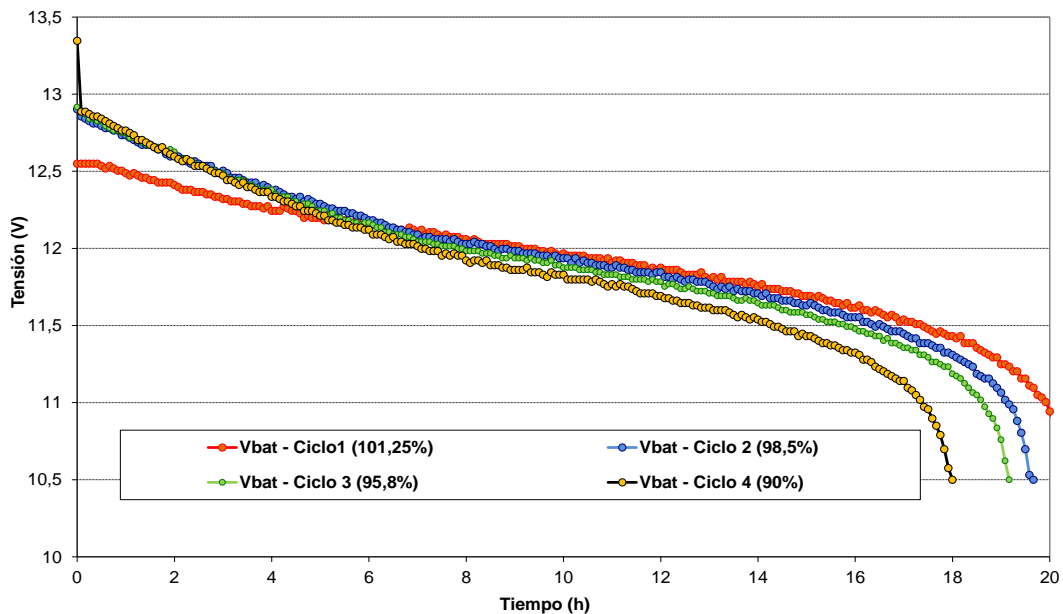


Figura 5- Valores de tensión y capacidades correspondientes durante los cuatro primeros ciclos de descarga de la batería Ib.

Con los resultados obtenidos se concluye que la batería ensayada (batería Ib) no cumple con los requisitos establecidos por la norma. Es interesante destacar que en mediciones de campo, las baterías Ib, en 2 años de operación presentan una capacidad menor al 50% respecto a la nominal.

La Fig. 6 presenta las curvas de descarga para los cuatro primeros ciclos donde, cada 5 minutos son, medidos los valores de la tensión en los bornes de la batería Ab. En este proceso la batería Ab es llevada a valores comprendidos entre 14,4 V y 10,8 V con el fin de realizar ciclos completos de carga y descarga. El análisis de las diferentes curvas y los valores medidos muestran que en el primer ciclo de descarga la batería Ab tenía una capacidad, en relación a la capacidad especificada por el fabricante, de 109,6% (208,2 Ah). En el segundo ciclo la capacidad disminuyó alcanzando un valor de 102,1% (194 Ah). En el ciclo siguiente la capacidad disminuyó alcanzando un valor de 101% (192 Ah) valor de capacidad que se mantuvo constante en el cuarto ciclo, es decir, no existió diferencia respecto a la capacidad obtenida en el ensayo anterior. Con los resultados obtenidos se concluye que la batería ensayada (batería Ab) cumple con los requisitos establecidos y puede ser sometida a los siguientes ensayos especificados por la norma.

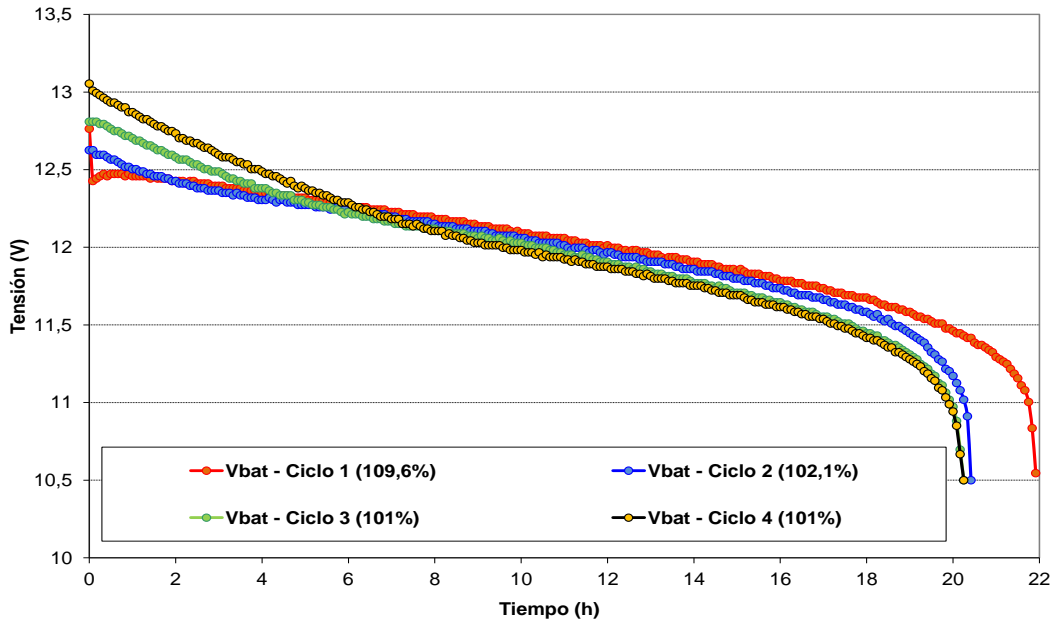


Figura 6- Valores de tensión y capacidades correspondientes durante los cuatro primeros ciclos de descarga de la batería Ab.

La Fig. 7 muestra los valores de capacidad obtenidos durante los cuatro ciclos de estabilización, donde se observa claramente que la batería Ib presenta una tendencia a seguir disminuyendo, de forma acelerada, su capacidad en los siguientes ciclos de carga y descarga, mientras que la batería Ab muestra una tendencia a estabilizar su valor de capacidad, permitiendo decir que presentará una menor disminución de capacidad en los siguientes ciclos respecto a los valores que reflejará la batería Ib.

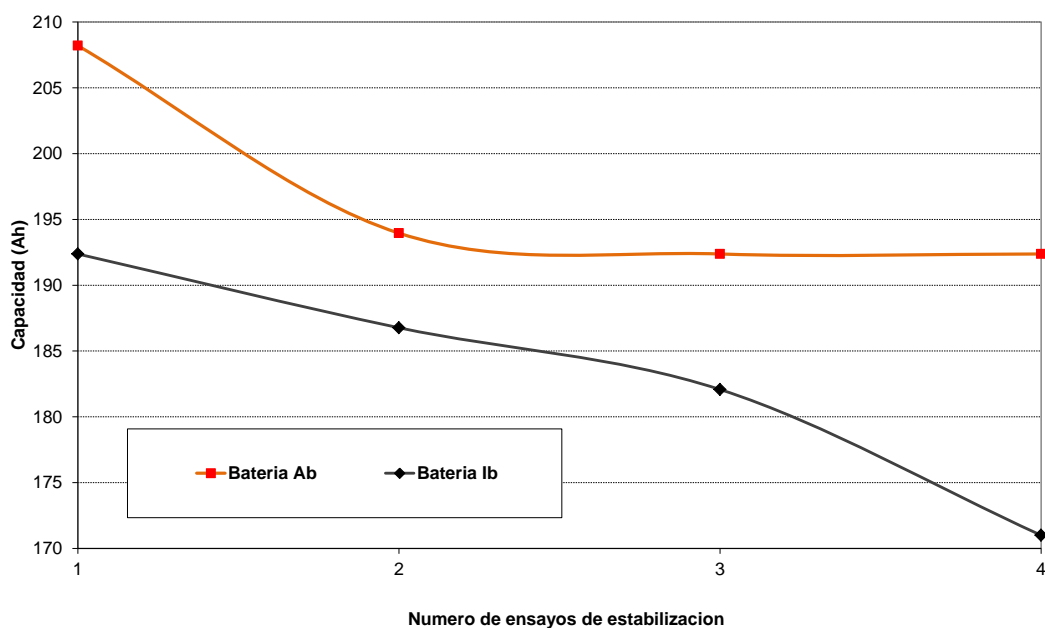


Figura 7- Valores de capacidad obtenidos durante los cuatro ciclos de estabilización para la batería Ib y la batería Ab.

5. CONCLUSIONES

Fue desarrollado un banco de ensayo para baterías monobloque del tipo solar capaz de realizar diferentes tipos de ensayos de conformidad especificadas en la norma 61427 ES - 2005.

El sistema desarrollado consta de un baño termostático, con la capacidad de ensayar dos baterías en forma simultánea, y posee un sistema de control capaz de mantener la temperatura del baño constante en 25°C o variar la misma en el rango comprendido entre 10°C y 60°C.

El módulo térmico consiste en un baño termostático con un sistema de refrigeración y calefacción con capacidad de establecer y mantener constante la temperatura de trabajo, con una precisión de $\pm 0,3$ °C. Una fuente de alimentación bipolar (Kepco, BOP 36-12D) permite realizar la carga y descarga de las baterías y un circuito de control permite operarla de manera automática. Por último, un conjunto de circuitos y sensores componen el sistema de medición de parámetros, los mismo son: tensión de batería, corriente de carga/descarga, densidad y temperatura. Todos estos valores se encuentran medidos con dispersiones que se encuentran por debajo de lo especificado por la norma EN 61427 - 2005. Los datos obtenidos son transmitidos a una PC y un software realiza el almacenamiento y la presentación de ellos en tiempo real. Dicho software cuenta con la característica de admitir diversos perfiles de carga y descarga con diferentes valores de corriente, temperatura y tiempo de duración. De esta manera se cuenta con la posibilidad de realizar ensayos cíclicos.

Se realizaron ensayos de capacidad en los 2 tipos de baterías utilizados en los sistemas FV instalados por PERMER. Los resultados obtenidos han mostrado una gran diferencia en el comportamiento de una marca en relación a la otra. Una de las baterías no superó la primera prueba de conformidad especificados en la norma EN 61427 - 2005, mientras que la otra marca de baterías ha presentado resultados satisfactorios.

Del análisis preliminar de las baterías se concluye que la batería Ab debería brindar un mejor comportamiento y mayor vida útil en condiciones de operación, pero que es necesario continuar con otros ensayos, como ser los de envejecimiento acelerado, para constatar esta conclusión preliminar y realizar la caracterización completa de las baterías utilizadas en los SFA instalados por el PERMER.

El sistema desarrollado constituye, actualmente, el primer sistema de este tipo en el país, con capacidad para realizar los diferentes ensayos que permiten caracterizar acumuladores solares de hasta 220 Ah con tasas de descarga de hasta 10 horas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Argentina, para proporcionar ayuda financiera prestada al proyecto de investigación: PICT 0300/2008. Los autores también desean agradecer el apoyo económico del Ministerio de Ciencia y Técnica a través del proyecto de investigación binacional CAPES-MINCyT BR11 Red07.

REFERENCIAS

- Bello C., Sánchez R., Cossoli P., Vera L., Busso A. 2012, Evaluación del Desempeño de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos en Zonas Rurales de la Provincia de Corrientes, Argentina. IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES – São Paulo, Brasil. 2012
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). Renewables 2012 Global Status Report. pp. 5-68. 2012
- Bello C., Busso A., Vera L., Cadena C. Factores Que Afectan El Funcionamiento De Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas En Regiones Del Nordeste Argentino. Congreso ASADES, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14. 2010.
- Carr, A.J., Wilmot, N.A., Pryor, T.L. Battery Testing at ResLab. Solar 2004: Life the Universe and Renewables, Perth, Australia. 2004
- Vera L., Krenzinger A, Perda De Capacidade De Acumulação Em SFA: Método De Contagem De Eventos, 2010. Congreso ASADES, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14.
- Vera, Luis Horacio; KRENZINGER, A. Metodología de Determinação da Perda de Capacidade de Sistemas de Acumulação em Sistemas Fotovoltaicos. 2009.Congreso ASADES, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 13.
- Vera, Luis Horacio; KRENZINGER, A., 2007. Comportamento de baterías automotivas seladas sob diferentes condições de operação. Congreso ASADES, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 11. 2007.
- Ogata Katsuhiko. 2010. Modern Control Engineering. Fifth Edition. Prentice Hall. ISBN: 0-13-615673-8.
- Kepco Inc. BOP (D) 400W, Bipolar Power Supply. 2011. Operator's Manual,
- Cossoli P., 2013 Sistema de caracterización de acumuladores solares: Diseño, calibración y ensayo. Final Project for the Degree of Electronic Engineering. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura. Universidad del Nordeste, Corrientes, Argentina.

CHARACTERIZATION OF SOLAR BATTERIES USED IN RURAL ELECTRIFICATION IN ARGENTINA

Abstract. *The Renewable Energy Project in Rural Markets (PERMER) is a nationwide project in Argentina which aims to provide energy installing Stand-alone Photovoltaic Systems (SAPS) to residential homes, health centers, schools, etc. in rural areas not covered by the grid. The PERMER has already installed over 15,000 systems of this type during the year 2012. The typical SAPS installed in rural areas in the Northeast of Argentina (NEA) are provided with 12 V lead-acid stationary monoblock type batteries supplied, in mostly, by only two local manufacturers. Studies carried out by the Grupo en Energías Renovables (GER - UNNE) on SAPS installed in the province of Corrientes have shown that in recent years there has been a premature loss of capacity of the storage bank resulting in frequent power failures. Therefore, determining the characteristic of the storage system is of great importance to increase the reliability of the SAPS. This article presents the development of a test bench for the characterization of batteries for solar uses which allows all the tests specified by the standard EN 61427-2005. The test bench comprises three main blocks: the thermal module, the power supply and the measuring module. The capacity value was measured in tests carried out on 2 types of batteries used in systems PV installed by PERMER. The results obtained had shown a great difference in the behaviour of a trademark in relation to the other. One of the batteries not exceeded the first test specified in EN 61427 - 2005, while the other has presented satisfactory results. The test bench developed is currently the first of its kind in the country with the capability to comply with standards as to the characterization of solar batteries until 220 Ah with download rates of up to 10 hours.*

Key words: *Solar Energy, Stand Alone Photovoltaic Systems, Lead- ac Batteries.*