

## SISTEMA HÍBRIDO PARA LA CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE ARREGLOS FOTVOLTAICOS

**A. Firman<sup>1</sup>, V. Toranzos<sup>2</sup>, A. Busso<sup>3</sup>, C. Cadena<sup>4</sup>, L. Vera<sup>5</sup>**  
GER – Grupo en Energías Renovables - FaCENA – UNNE.  
Av. Libertad 5470 – 3400 Corrientes. Argentina.  
Tel./Fax: (03783) 473931 e-mail: firmanandres@yahoo.com.ar

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra los primeros resultados de la utilización de una tecnología, denominada por los autores “*híbrida*”, para la caracterización eléctrica de dispositivos fotovoltaicos, que combina los métodos clásicos de cargas capacitivas y activas. La carga híbrida desarrollada realiza la polarización de un arreglo fotovoltaico para determinar su curva característica. Este se realiza mediante el uso de un transistor bipolar controlado por un capacitor de unos pocos microfaradios cargado por la corriente de base. La topología de diseño del sistema de caracterización eléctrica obtiene bajos niveles de ruido en la adquisición y su construcción es simple. Un análisis de los resultados obtenidos permite concluir este novedoso sistema es una herramienta adecuada para adquirir curvas  $I-V$  de sistemas fotovoltaicos de generación de energía, con la ventaja de un menor costo y disminución de la dimensión del equipo en relación a trazadores convencionales de igual potencia.

**Palabras clave:** energía solar, generación fotovoltaica, curva  $I-V$ .

### INTRODUCCIÓN

En sistemas fotovoltaicos es importante conocer en detalle la cantidad de energía que se puede obtener, el rendimiento del sistema, los posibles problemas que puedan ocurrir en condiciones normales de funcionamiento y, de este modo, prever las condiciones de operación de estas instalaciones. Por lo expuesto, contar con información confiable al respecto de las características eléctricas de los dispositivos fotovoltaicos es trascendente tanto para fabricantes como para proyectistas. Para los fabricantes, conocer esos datos permite la clasificación de los módulos y la producción de documentación técnica de alta calidad. Para los proyectistas de sistemas fotovoltaicos, el aumento de confiabilidad en las especificaciones de los módulos fotovoltaicos permite la optimización de los proyectos, una determinación precisa de la capacidad de generación y, en consecuencia, un cálculo correcto del tiempo de retorno de la inversión.

La capacidad de generación de un módulo o arreglo fotovoltaico se evalúa a través de su curva característica corriente versus tensión (curva  $I-V$ ), definida en las normas IRAM 210013-2 (IRAM, 1998), la NBR-1386 de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (NB, 1991) o la E 1036-85 de la ASTM Internacional de Estados Unidos (ASTM, 1985). La Curva  $I-V$  se determina para condiciones específicas de temperatura e irradiancia, denominadas Condiciones Estándar de Medida (*CEM*) las cuales son 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia, 25 °C de temperatura de célula y espectro de masa de aire *AM* 1.5. En las *CEM* se define también la potencia nominal de un dispositivo fotovoltaico.

Para obtener las curvas  $I-V$  se utiliza un dispositivo capaz de variar el punto de polarización del sistema de generación en un período determinado de tiempo, desde el estado de corto circuito, de resistencia cero, hasta el estado de circuito abierto o de resistencia infinita, (Kuai y Yuvarajan, 2006). Para realizar esta variación existen dos metodologías de polarización más comunes: cargas capacitivas y cargas activas. Las cargas capacitivas están constituidas por un banco de capacitores, que se encuentra previamente descargado, al conectarse el arreglo fotovoltaico a medir existe un transitorio de carga del capacitor, que lo llevan del estado de cortocircuito (capacitor descargado), al de circuito abierto (capacitor completamente cargado), realizando la polarización completa del generador fotovoltaico (barrido). En este tipo de carga no existe disipación de potencia en la polarización del arreglo, pero en consecuencia, se necesitan bancos de gran capacidad para que el tiempo de carga sea suficiente para adquirir una adecuada cantidad de puntos sobre la curva  $I-V$ , además los dispositivos de control deben manejar la potencia total del sistema fotovoltaico a ensayar (Muñoz y Lorenzo, 2005). La carga del tipo activa esta basada en transistores, los cuales trabajan en su zona activa, variando así su resistencia de paso, desde el punto de corte hasta la saturación. Suelen ser controlados por medio de un sistema de modulación por ancho de pulsos o *PWM*. Estas son de bajo costo y fácil control para polarizar el arreglo fotovoltaico. Su dificultad radica en la importante disipación de potencia a la que son sometidos estos dispositivos (Ordóñez et al, 2007).

---

<sup>1</sup> Becario ANPCyT-UNNE

<sup>2</sup> Becario CONICET-UNNE

<sup>3</sup> GER-UNNE

<sup>4</sup> INENCO – UNSa – CONICET

<sup>5</sup> GER-UNNE

Para obtener la curva  $I-V$  (Figura 1), deben medirse pares de valores de corrientes y tensiones en intervalos regulares de tiempo. Este ensayo se realiza por medio de la desconexión física de los generadores fotovoltaicos del resto del sistema y posteriormente se conecta a ellos una carga variable. Al trabajar con la curva mencionada, se hallan los parámetros para ajustar modelos que ayudan a explicar o anticipar el comportamiento del sistema (De Bernardes et al, 2005; Celik y Acikgoz, 2007; Sandrolini et al, 2010). Entre los parámetros mas representativos de esta curva, están la corriente de corto circuito ( $I_{cc}$ ), la tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ) y el punto de potencia máxima ( $P_m$ ).

Equipos de esta naturaleza ya han sido construidos por empresas, universidades y por el Grupo de Energías Renovables (GER) de la UNNE (Toranzos et al, 2009), este último utiliza una carga activa y ha permitido evaluar instalaciones fotovoltaicas autónomas en la provincia de Corrientes (Bello et al, 2009), así como también caracterizar diferentes tipos de módulos fotovoltaicos.

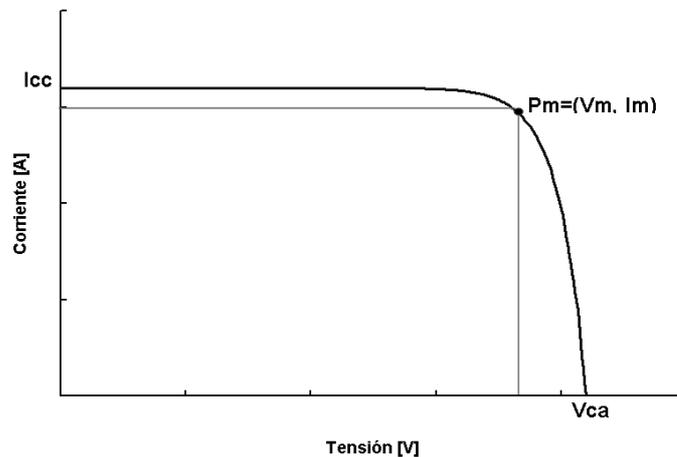


Figura 1: Curva característica  $I-V$  ideal de un módulo fotovoltaico.

*Funcionamiento de la carga híbrida.*

El principio de funcionamiento de la carga híbrida se basa en que solo un capacitor imita el funcionamiento de un banco de capacitores y, de esta forma, se realiza el barrido de tensión de un dispositivo fotovoltaico (FV) a través de un transistor bipolar con el capacitor conectado en su base (Figura 2). Este capacitor se carga por la corriente de base ( $I_b$ ) que es  $\beta$  veces menor que la corriente de colector ( $I_c$ ) entregada por el dispositivo FV, [Ecuación (1)].

$$\beta = \frac{I_c}{I_b} \tag{1}$$

Si  $\beta$  es del orden de 100, la corriente de base ( $I_b$ ) es 100 veces menor que la corriente de colector ( $I_c$ ), de esta manera el capacitor se carga con la  $I_b$  y controla el resto de la corriente que es derivada por el colector. A través de este sistema el capacitor de control tiene una capacidad 100 veces menor que la requerida para lograr el mismo tiempo de barrido de un banco de capacitores. En estas circunstancias, el transistor bipolar se encuentra en la zona de trabajo que corresponde a su parte activa (disipa potencia) pero, como el tiempo de barrido es pequeño para disipar el calor generado se debe tener precaución en la temperatura lograda por la juntura del dispositivo.

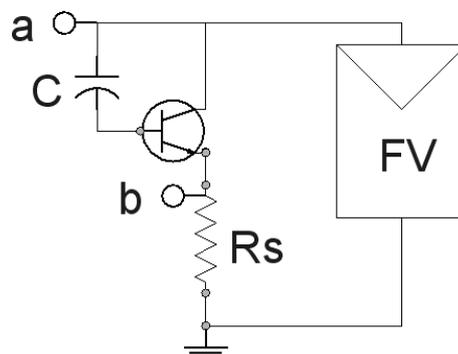


Figura 2: Circuito esquemático simplificado de la carga híbrida propuesta.

En todo transistor bipolar existe una caída de tensión base-emisor de aproximadamente de 0.7V, debido a esta caída parte de la curva no es adquirida hasta que la tensión sobre el capacitor supere el mencionado potencial. Para evitar este inconveniente, antes de iniciar la polarización del módulo se carga al capacitor con una tensión negativa superior en valor absoluto a -0.7V a través de un relé doble inversor de tal manera que, para el instante inicial en que se va a realizar el trazado, se aplica esa tensión sobre la base del transistor y permite su conducción inmediata. Esta tensión negativa se consigue

mediante la carga del capacitor de forma inversa con la tensión producida por dos diodos en serie a través del relé mencionado (Figura 3). Como el capacitor utilizado es del tipo electrolítico, pruebas realizadas han demostrado que este tipo de dispositivo es capaz de polarizarse con tensiones negativas del orden del 10% del valor nominal establecido por el fabricante del dispositivo.

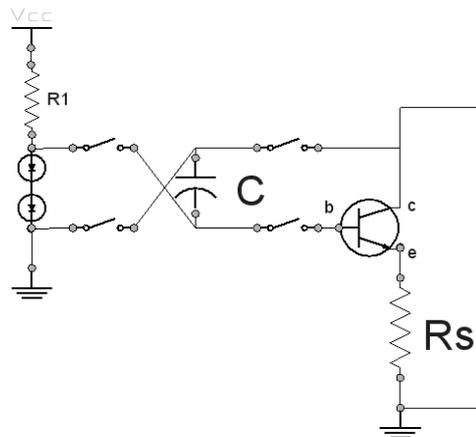


Figura 3: Circuito eléctrico de precarga del capacitor.

#### Trazado de la curva $I-V$

Para obtener la curva  $I-V$ , se mide el valor de tensión en los puntos de medición “a” y “b” (Figura 2). O sea, la tensión colector-tierra del transistor representa el valor del punto de polarización de los módulos, y la tensión emisor-tierra que especifica la corriente que proviene de los módulos. Para medir el valor de la corriente se utiliza una resistencia paralelo o *shunt* ( $R_s$ ) que produce una caída de tensión proporcional a la corriente que circule a través del emisor ( $I_e$ ). De esta manera, la corriente total que circula se determina a través de la ecuación (2).

$$I_e = I_b + I_c \quad (2)$$

Existen otros métodos para medir la corriente, por ejemplo aquellos que utilizan sensores de efecto *Hall*, pero resultan en circuitos más complicados que no presentan la precisión ni a la velocidad de respuesta que se obtiene con una resistencia *shunt*. Para la elección de esta resistencia debe tenerse en cuenta que limita la corriente de cortocircuito en el instante que cierra el relé, por lo que su valor debe ser cercano a cero, pero a la vez esta debe permitir obtener aceptable excursión sobre el rango de referencia del conversor analógico-digital (*DAC*, comúnmente denominado, por sus siglas en inglés). Por lo tanto debe llegarse a una solución de compromiso en la elección de su valor, de manera de conseguir una adecuada resolución y una precisa medición de la corriente de cortocircuito del dispositivo fotovoltaico bajo ensayo.

La tensión de polarización del módulo es medida directamente en el punto “a” y es derivado luego a un divisor resistivo para adecuar la señal al rango de trabajo de un *DAC* para su conversión digital. La caída de tensión sobre  $R_s$  (punto de medición “b”) es traducida entonces por otro conversor analógico-digital y es proporcional a la corriente que circula por esta resistencia. El tiempo de conversión del *DAC* empleado en la construcción de este dispositivo, es lo suficientemente veloz como para obtener 200 pares de valores  $I$  y  $V$ , en el orden de 100mseg.

Debido a que el tiempo de carga del capacitor no es controlable, ya que depende principalmente de la potencia del módulo fotovoltaico a ensayar, se realiza una medición previa de la corriente de cortocircuito y de la tensión de circuito abierto, para calcular el tiempo de carga. Cuando el tiempo de carga supera los 100ms, se calcula un retardo en microsegundos que se aplica entre pares de puntos  $I-V$  de medición con la finalidad de ahorro de memoria *RAM*. Como la forma característica de la curva  $I-V$  de un arreglo fotovoltaico dependerá del arreglo a ensayar y de las condiciones climáticas, es conveniente estimar el tiempo de carga ( $t_c$ ) del capacitor, este tiempo es proporcional a la capacidad del capacitor empleado ( $C$ ) a la tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ) a la ganancia de corriente de transistor bipolar ( $\beta$ ) e inversamente proporcional a la corriente de corto circuito ( $I_{cc}$ ), como indica la ecuación (3).

$$t_c \propto \frac{C \cdot V_{oc} \cdot \beta}{I_{sc}} \quad (3)$$

El tiempo calculado en la ecuación (3), es incrementado con un margen de tiempo extra debido a que la curva  $I-V$  del módulo puede presentar variaciones en su perfil debido a diferencias de capacidad de generación eléctrica entre células de un mismo módulo, sombras o que el valor de  $\beta$  no es constante para todo el rango requerido de polarización.

Una vez adquirida la curva  $I-V$  esta se transmite por medio de una conexión *USB* a una *PC*, para su análisis.

*Caracterización térmica del dispositivo de potencia.*

La potencia total que puede ser disipada por el trazador *I-V* dependerá del elemento activo, en este caso el transistor bipolar, no debe sobrepasar la temperatura máxima de juntura. El transistor empleado, es el MJ150003, su temperatura de juntura es de 200°C (On-Semi, 2010). En figura 4 se observa la zona de operación térmicamente segura (forma trapezoidal), donde se indica la corriente de colector en relación con la tensión colector-emisor que el dispositivo puede soportar en forma continua, cuando su carcasa se encuentra a 25°C, en caso de superarse los límites térmicos, el dispositivo puede dañarse, entonces la potencia máxima a ensayar dependerá de esta curva. Analizando la figura 4 se observa que hasta los 12V, el dispositivo soportaría 20A de corriente en el colector  $I_c$ , y a partir de ahí a mayor tensión la corriente permitida decae.

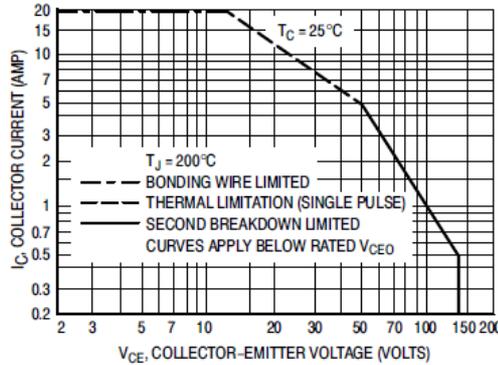


Figura 4: Gráfico de zona de trabajo térmicamente segura para el transistor MJ150003.

Para evitar sobrecalentamiento y daño permanente del transistor se realizó un análisis térmico del comportamiento del mismo a partir de las resistencias térmicas de juntura carcasa, carcasa disipador, disipador ambiente y sus masas respectivas. A través de un modelo térmico sometido a un arreglo *FV*. De este análisis (Figura 5) se determinó que la temperatura de juntura se eleva rápidamente, de modo similar a la potencia inyectada, mientras que la temperatura de carcasa crece de forma más lenta y el tamaño (masa) del disipador empleado tiene poca influencia en la disipación de calor de la juntura para un trazado del orden de los 200ms, sin embargo, es de importancia evacuar rápidamente el calor en el caso de utilizar esta carga para trazar curvas reiteradas, porque de lo contrario produciría un aumento paulatino de la temperatura de carcasa y así en consecuencia de la temperatura de juntura hasta llegar a dañar la pastilla semiconductora.

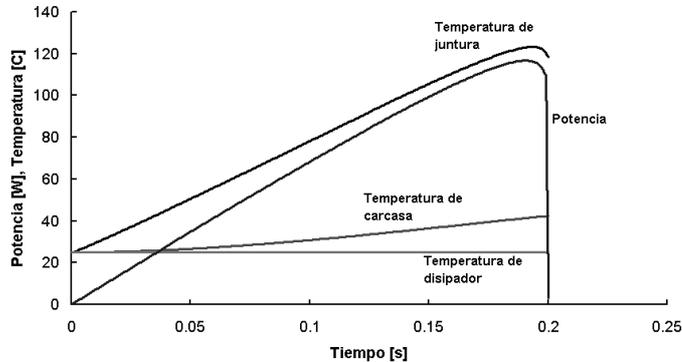


Figura 5: Comportamiento térmico del transistor empleado

Para aumentar la capacidad de caracterizar arreglos de mayor potencia, se pueden agregar transistores bipolares en paralelo tal como se muestra en la figura 6. En este tipo de arreglos se debe agregar una resistencia ecualizadora (Millman y Halkias, 1972) para compensar disparidades en las características eléctricas que puedan existir entre los transistores. De esta manera se evita que en el instante de obtención de la curva *I-V* uno de ellos no se sobrecargue, y en consecuencia se inutilice.

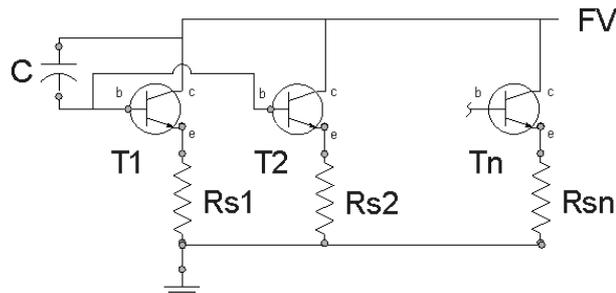


Figura 6: Diagrama esquemático de agregado de etapas en paralelo de transistores.

En el circuito de la figura 6, desde cada emisor ( $e$ ) se puede obtener una tensión proporcional a la corriente que atraviesa cada transistor de la etapa paralelo gracias a la resistencia de cada etapa, estas corrientes luego son sumadas para obtener la corriente total que proviene de los módulos  $FV$ . La resistencia conectada al emisor, ya se encuentra en la etapa de un solo transistor y actúa como resistencia *shunt*. Al agregar etapas en paralelo las resistencias conectadas a cada transistor cumplen una doble función, por una lado la medición de la corriente que circula por cada etapa, y por otro la de eualización mencionada. Debe tenerse en cuenta que estas son también las encargadas de la determinación de la corriente de corto circuito y en consecuencia las pautas de diseño indicadas con anterioridad.

Para medir la irradiancia se utilizó un solarímetro Li-Cor, modelo PY62061, dispuesto en el mismo plano de los módulos fotovoltaicos a ensayar. La señal de este sensor es leído por un multímetro, marca Fluke 87, de 4 dígitos y  $\frac{1}{2}$ . La temperatura fue medida adhiriendo, sobre la cara posterior de una célula del módulo fotovoltaico, un sensor Pt100 cuya señal fue leído a través de un puente de Wheastone.

## RESULTADOS

La primera verificación de funcionamiento adecuado del instrumento desarrollado basado en una carga híbrida, se realizó mediante el empleo de una fuente de corriente continua de 30V con una resistencia de  $10\Omega$  (+/- 3%) de 25W conectada en serie con el graficador. Se obtiene entonces una curva  $I-V$  recta correspondiente a la resistencia.

La recta obtenida, destaca un coeficiente de correlación  $R^2$  muy cercano a 1 (0,9994), obtenida sobre un total de 364 puntos, lo que demuestra un desvío del orden del 0.1% en los valores adquiridos, y por lo tanto se aprecia bajo nivel de ruido. El valor de resistencia medido es de  $10.16\Omega$  obtenido de la inversa de la pendiente cambiada de signo de la recta ajustada, valor corroborado con otros instrumentos de medición.

La curva  $I-V$  de un módulo fotovoltaico policristalino de 50Wp obtenida utilizando el sistema híbrido puede apreciarse en la Figura 7. En esta se puede apreciar de forma clara el funcionamiento de la carga híbrida controlada por un capacitor, la cual se asemeja a la forma de barrido obtenida por una carga capacitiva pura, donde los puntos tomados se juntan a medida que aumenta la tensión de polarización. La curva  $I-V$  esta compuesta de 100 valores de corriente y tensión obtenida en un tiempo de 100ms. En ella se destaca también la poca dispersión de los puntos medidos debido al bajo nivel de ruido eléctrico.

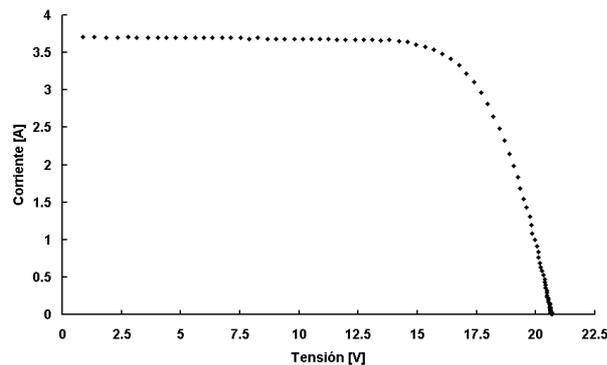


Figura 7: Curva  $I-V$  de un módulo fotovoltaico de 50Wp.

Para verificar la capacidad del equipo para determinar las características eléctricas de diferentes arreglos  $FV$ , se realizó el trazado de curvas individuales de módulos fotovoltaicos de 50Wp (Figura 8a y 8b), que fueron agrupados hasta formar un arreglo de 400Wp. Dichas curvas experimentales individuales se trazaron en un día claro, de radiación uniforme, y temperaturas cercanas entre ellos. Seguidamente se realizó el ajuste de la curva a través del modelo eléctrico equivalente y se trasladaron los puntos a  $CEM$ , no muy lejanas a las que se tenían al momento del ensayo. Dentro de estos ensayos se encontraron módulos con curvas  $I-V$  irregulares como las mostradas en la figura 8b.

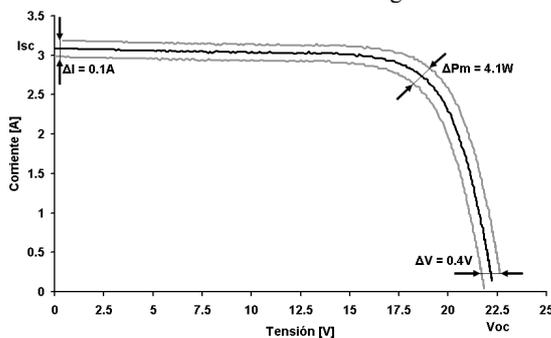


Figura 8 a: Dispersión de curvas  $I-V$ , de módulos de 50Wp marca Photon, trasladadas a condiciones estándar de medida

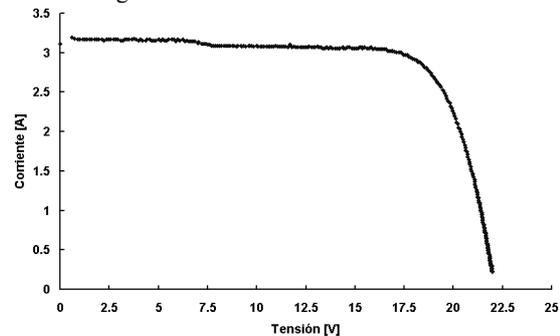


Figura 8 b: Curva  $I-V$  que presenta un perfil distinto dentro del total de curvas normalizadas

Luego del ajuste y traslación de las curvas individuales y del arreglo se procedió a obtener la curva teórica de un arreglo de 200Wp compuesta de 4 módulos y uno de 400Wp compuesto por los 8 módulos fotovoltaicos, obtenidas por software (CREarray, 2006). De esta manera se muestra la capacidad de excursión de potencia del equipamiento y como las variaciones de perfil entre curvas exponenciales y curvas reales producen diferencias. Mediante la superposición de las curvas en las mismas condiciones, curva  $I-V$  teórica con la experimental del arreglo fotovoltaico (Figura 9a y Figura 9b). Puede apreciarse que existe pequeña disparidad entre ambas gráficas.

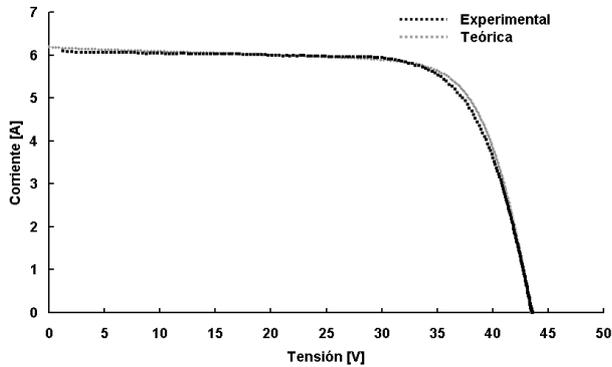


Figura 9 a: Curva  $I-V$  teórica y experimental de un arreglo fotovoltaico de 200Wp a  $954W/m^2$  y  $33^{\circ}C$ .

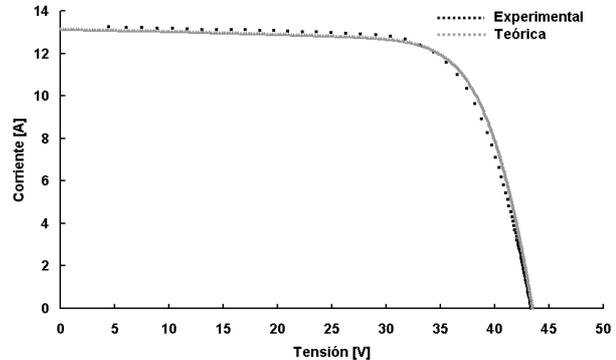


Figura 9 b: Curva  $I-V$  teórica y experimental de un arreglo fotovoltaico de 400Wp compuesta de 8 módulos de 50Wp, tomada a  $1027W/m^2$  y  $33^{\circ}C$

El dispositivo construido fue desarrollado con el objetivo de realizar trabajos en campo, por lo que resulta de interés probarlo en condiciones de baja radiación solar (día nublado), ya que muchas veces las instalaciones fotovoltaicas autónomas en la región se encuentran en lugares poco accesibles, y muchas veces no es posible conseguir programar una visita en un día óptimo para realizar este tipo de ensayos. Además, permitió observar el funcionamiento del equipo híbrido bajo circunstancias de baja radiación. Por lo que se recurrió investigar posibles defectos en instalaciones fotovoltaicas en un día parcialmente nublado. Es por ello que se ensayó arreglos fotovoltaicos de 200Wp, compuesto de cuatro módulos fotovoltaicos de 50Wp (figura 10a), con solo  $422W/m^2$  de radiación solar incidente sobre el plano del arreglo  $FV$ . Esta curva fue realizada con 250 puntos de tensión y corriente en un tiempo de 200ms.

La curva  $I-V$  correspondiente a un arreglo fotovoltaico de similares características, puede apreciarse en la figura 10b. En este arreglo se encuentra un defecto en la producción de energía, aún en esta clase de condiciones de escaso valor de radiación solar.

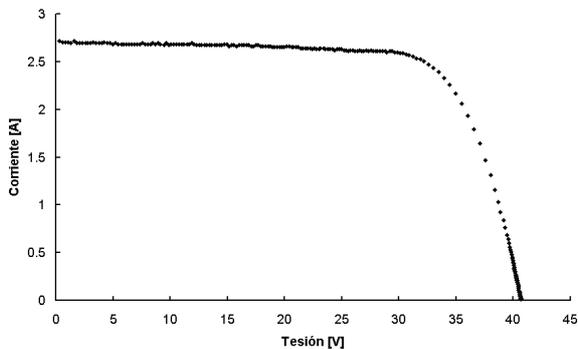


Figura 10 a: Curva  $I-V$  de un arreglo fotovoltaico de 200Wp realizada con baja radiación solar, sin defectos apreciables.

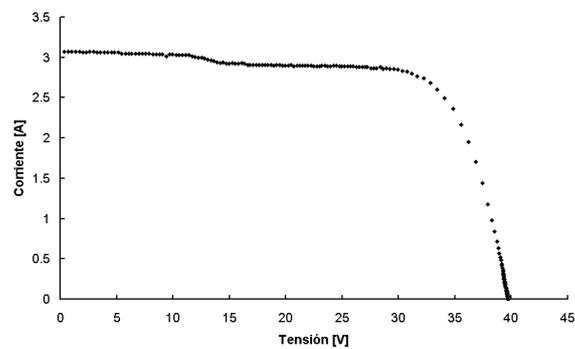


Figura 10 b: Curva  $I-V$  de un arreglo fotovoltaico de 200Wp realizada con baja radiación solar donde pueden apreciarse irregularidades en su perfil.

## CONCLUSIONES

El sistema híbrido desarrollado permite caracterizar eléctricamente generadores fotovoltaicos de hasta 400Wp utilizando un método novedoso que combina las ventajas presentadas por los sistemas de polarización con carga activa y con carga capacitiva. Proporciona una alternativa veloz, de bajo ruido, reducido volumen y de bajo costo, por medio de la cual se obtienen un elevado número de puntos en el trazado de la curva  $I-V$  para módulos fotovoltaicos, únicamente limitado por el tamaño de la memoria  $RAM$  disponible y la velocidad de la conversión analógica digital. Ofrece una característica eléctrica similar a la obtenida con un banco de capacitores con solamente un capacitor de  $100\mu f$ , por lo que es sencillo conseguir valores de capacidad y tensiones iguales o mayores en el mercado.

En este sistema se destaca su relativa facilidad constructiva, ya que se compone de dispositivos accesibles en el mercado nacional.

Los posibles inconvenientes térmicos fueron corregidos, ya que al igual que en la carga electrónica activa, existe disipación de potencia, la cual debe tenerse presente en el diseño para evitar fallas.

Mediante el empleo de un dispositivo trazador basado en la carga híbrida descrita, se pueden obtener curvas  $I-V$  de calidad adecuada o superior a las requeridas al trabajo en campo, por lo que se constituye en una herramienta útil para la verificación y detección de fallas en las instalaciones fotovoltaicas autónomas ubicadas en zonas no urbanizadas, incluso cuando las condiciones ambientales no son las ideales. Además es fácilmente adaptable para instalaciones de generación fotovoltaica conectadas a red, dependiendo solamente de la tensión colector emisor de los transistores elegidos.

## REFERENCIAS

- ASTM (1985) Norma ASTM E1036 – 85. Standard Test Methods for Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells.
- Bello C., Jiménez V., Toranzos V., Busso A., Vera L., Cadena C. (2009) Relevador portátil de curvas I-V de paneles fotovoltaicos como herramienta de diagnóstico in situ de sistemas de generación fotovoltaica. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. ASADES.
- Celik A. y Acikgoz N. (2007) Modelling and experimental verification of the operating current of mono-crystalline photovoltaic modules using four and five parameter models. Applied Energy 84. pp. 1–15.
- CREarray, (2006) Disponible on-line en: <http://www.solar.ufrgs.br>, 01/08/2010.
- De Bernardez L., Buitrago R.H., Battioni M., Cutrera M., Risso G. (2005) Estudio de la curva I-V de celdas individuales en paneles fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. ASADES.
- IRAM (1998) Norma IRAM 210013-2. Módulos fotovoltaicos. Características eléctricas en condiciones normalizadas.
- Kuai Y. y Yuvarajan S. (2006) An electronic load for testing photovoltaic panels. Journal of Power Sources 154. pp. 308–313.
- Millman J. y Halkias C. (1972) Analog and digital circuits and systems. McGraw-Hill Kogakusha Tokyo pp 911.
- Muñoz J. y Lorenzo E. (2005) Diseño de una carga capacitiva para medir generadores fotovoltaicos. Era solar: Energías renovables, ISSN 0212-4157, N°. 127, pp. 38-49.
- NB (1991) Norma NB-1386, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Dispositivos fotovoltaicos – Correção das curvas características corrente versus tensão ( $I_xV$ ), em função da temperatura e radiação.
- On-Semi (2010) Datasheet MJ15003 (NPN), MJ15004 (PNP), Complementary Silicon Power Transistors, disponible on-line: [http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/MJ15003-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MJ15003-D.PDF).
- Ordóñez M., Bartolomeo M., Barrera D. (2007) Diseño de dispositivo para la caracterización de módulos fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 11. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184 ASADES.
- Sandrolini L., Artioli M., Reggiani U. (2010) Numerical method for the extraction of photovoltaic module double-diode model parameters through cluster analysis. Applied Energy 87. pp. 442–451.
- Toranzos V., Busso A., Vera L., Cadena C. (2009) Relevador portátil de curvas I-V para arreglos de paneles fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. ASADES.

**ABSTRACT:** This paper presents the first results of the use of a technology, called by the authors "hybrid" for the electrical characterization of photovoltaic devices, combining traditional methods of capacitive and active loads. The hybrid load developed makes the polarization of a photovoltaic array to determine his characteristic curve. This is accomplished through the use of a bipolar transistor controlled by a few microfarads capacitor charged by the current base. This gets low levels of noise in the acquisition and his construction is easy. An analysis of the results to conclude that this new system is a appropriate tool to acquire  $IV$  curves of photovoltaic devices, with the advantage of lower cost and reduced size in relation to conventional tracers of the same power.

**Keywords:** Curve IV, photovoltaic generation, solar energy.