

RADIÓMETRO AUTÓNOMO PARA EL MONITOREO DEL RECURSO SOLAR

Alberto Montoya Portugal- almontoyap@hotmail.com

Ernesto Palo Tejada -jpalot@unsa.edu.pe

Alicia Puma Taco- alicia27_lili@hotmail.com

Wilson Cabana Hanco - wil10000@hotmail.com

Universidad Nacional de San Agustín, Departamento de Física, Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética

Resumen. Desarrollo de un Radiómetro de celda cuyo propósito es la evaluación del recurso solar en situaciones en las que es necesario un monitoreo continuo y autónomo en condiciones geográficas complicadas. El instrumento desarrollado usa una celda de GaAs (arseniuro de galio) y está basado en tecnología de micro controladores, tiene un rango de 0 a 1500 W/m² y una resolución de 1 W/m², funciona con una pila de litio que le da una autonomía de 1 año, los parámetros de calibración, sincronización, tasa de muestreo, intervalo de integración, etc. son programables por conexión USB y a través de una PC.

La respuesta del radiómetro se ha comparado y calibrado con un radiómetro marca Davis, obteniéndose una muy buena correlación.

Se muestran resultados de pruebas realizadas con el radiómetro en un periodo de 48 horas en el edificio de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de San Agustín- Arequipa

Palabras clave: Radiómetro, Micro controlador, Calibración, Instrumentación.

1. Características y principio de operación

El instrumento mide la potencia generada por una celda encapsulada de GaAs (arseniuro de galio), la radiación incidente en la celda atraviesa previamente un filtro que evita la radiación directa, la potencia producida por la celda esta relacionada con la radiación solar según la expresión.



Figura 1. Fotografía del radiómetro

La electrónica del instrumento mide la corriente que produce la celda cada 't' segundos, donde 't' es la tasa de muestreo del sistema y puede tomar valores entre 1s y 100 s, todos estos valores son almacenados temporalmente durante un intervalo 'a' donde 'a' es el intervalo de integración que puede tomar valores entre 1s y 9 horas. Se obtiene el valor medio de los datos almacenados temporalmente según la ecuación (1).

$$\bar{p} = \frac{1}{a_{i+1} - a_i} \int_{a_i}^{a_{i+1}} p(t) dt \quad (1)$$

Este dato se guarda en memoria según el valor que tome 'm', donde 'm' es la tasa de grabación de datos y puede tomar valores desde 1s a 9 horas.

2. El Hardware

Desarrollada alrededor del microcontrolador 12F675 cuyo consumo en operación es de apenas 100 μA . La base de tiempo es un cristal de 4Mhz con un error máximo de 10 ppm entre -20 y 70 °C.

El instrumento Incorpora una memoria EEPROM que a una tasa de registro de un dato por hora, puede almacenar 4 años de datos.

El Radiómetro es alimentado con una batería de Litio de 3 voltios CR2 DURACELL ULTRA. La autonomía máxima es de un año aunque esta depende de la tasa de muestreo y la frecuencia de grabado de datos. Pero en el peor de los casos, esto es, a una tasa de muestreo de 1s, se garantiza una autonomía de 1 mes.

Características físicas del Radiómetro

- o Altura: 111,0 mm.
- o Diámetro interno : 25,38 mm
- o Diámetro externo de la base: 90,60 mm.
- o Tres tornillos de nivelación
- o Nivel de burbuja (ojo de pollo)

3. El software

El radiómetro puede ser conectado a un computador por una conexión USB, y se puede interactuar con el sistema a través de una serie de comandos enviados como cadenas de caracteres ASCII desde la computadora. Cualquier Programa de computadora capaz de enviar y recibir cadenas de caracteres ASCII por un puerto puede ser usado, por ejemplo el Hyper Terminal de Windows. Figura 2

3.1 Modos de operación

El radiómetro puede trabajar en dos modos. Los cuales se configura enviando los comandos 'c' o 'w'

Modo de operación captura: este modo de operación esta activo por defecto e indica que el instrumento envía los datos directo al PC sin guardarlos en memoria

Modo de operación Escritura: este modo de operación se activa cuando se envía el comando 'w', indica que el instrumento guardara los datos tomados en memoria.

Comandos de configuración

- 'a' Comando que configura el intervalo de integración, puede tomar valores desde 1 s hasta 9 horas
- 'm' comando que configura la tasa de grabado de datos en la memoria, puede tomar valores desde 1 s hasta 9 horas
- 't' Comando que configura la tasa de muestreo y puede tomar valores entre 1 y 100 s
- 'e' Comando que indica cuanto tiempo esperara el instrumento antes de empezar a registrar los datos y puede tomar valores desde 1s a 9 horas
- 'h' Comando que configura la hora, también inicia la operación en uno de los dos modos de operación.
- 'f' Configura la fecha
- 'L' Configura la latitud
- 'G' Configura la longitud
- 'd' Configura el numero de identificación
- 'r' Comando para descargar la memoria
- 'b' Comando para borrar la memoria
- 's' Muestra la configuración actual del sistema.
- 'N' Muestra el estado de la memoria

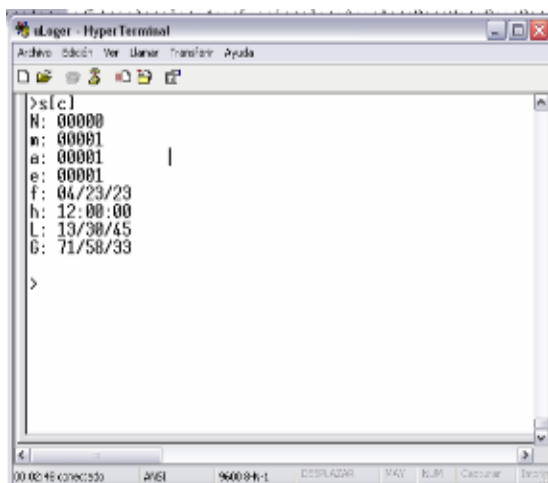


Figura 2: Configuración del radiómetro

4. Calibración y comparación

Se estudio el desempeño del radiómetro comparándolo con el radiómetro de celda instalado en una estación Davis, la estación Davis se encuentra en el edificio de la escuela de Física UNSA– Arequipa. El radiómetro se instalo a 10 cm. del radiómetro de la estación Davis y a la misma altura.

Tanto el radiómetro Davis como el radiómetro-Unsa se programaron para empezar a registrar los datos a las 6 AM. Del día 24-02-2010 y a una tasa de muestreo de 1 dato por minuto. Previamente se sincronizaron los relojes de ambos radiómetros. La medición se realizo durante 13 horas y los resultados se muestran en la figura 3.

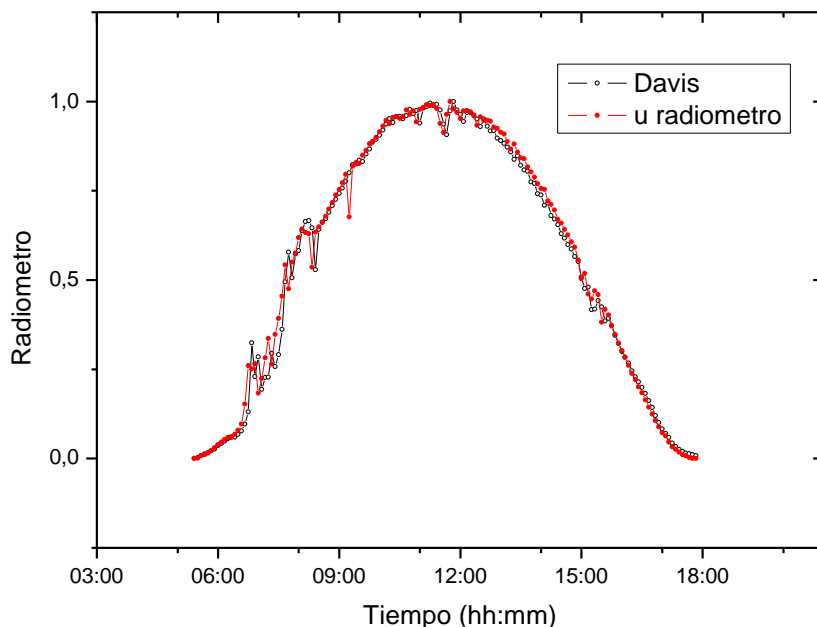


Figura 3: respuesta del radiómetro Davis y radiómetro Unsa (curva normalizada)

En la figura 3. se muestra los resultados tanto del radiómetro Unsa y del radiómetro Davis se observa una alta correlación tanto en los datos de potencia como en la sincronización del tiempo. De la grafica podemos concluir que estos instrumentos son comparables.

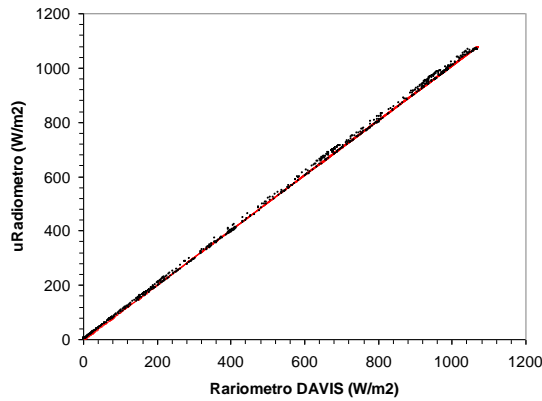


Figura 4.: Comparación del radiómetro Davis con el radiómetro Unsa

Esto es posible por la flexibilidad de la configuración del radiómetro Unsa, pues este puede ser programado con una configuración idéntica al radiómetro Davis.

Se grafico la respuesta del radiómetro en función de la Respuesta del radiómetro Davis, los resultados se muestran en la figura 4, un ajuste de mínimos cuadrados de esta relación se muestra en la ecuación 2:

$$I(uR) = 1.0093074 \cdot I(Rd) - 0.4425849 \quad (2)$$

El ajuste muestra un offset del radiómetro de: $-0.44(W/m^2)$

La figura 5. Muestra la respuesta del radiómetro Davis y el radiómetro Unsa para intensidades que van de $0(W/m^2)$ a $1000(W/m^2)$, para intensidades altas se observa una desviación que es como máximo el 0.95 % de valor real.

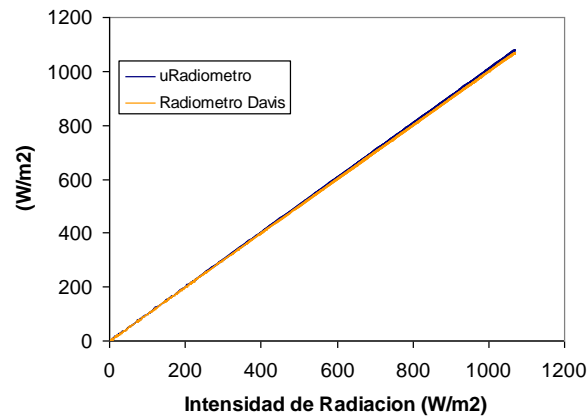


Figura 5.: Linealidad del radiómetro Unsa y del radiómetro Davis

Se realizaron pruebas con el radiómetro durante 49 horas en el edificio de la Escuela de Física de la Universidad nacional de San Agustín- Arequipa, los resultados se muestran en la figura 6

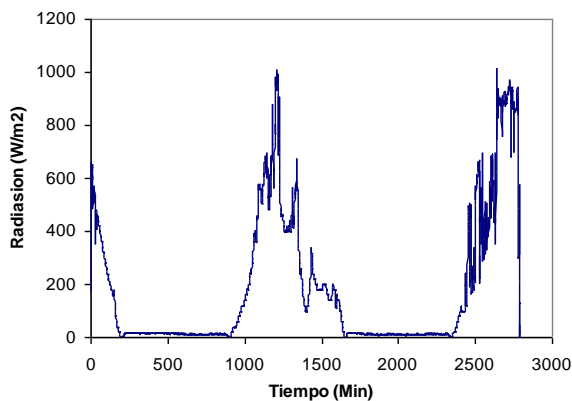


Figura 6.: Datos de radiación solar de 3 días tomados con el radiómetro.

Conclusiones

- De los resultados se observa una buena correlación en los datos del radiómetro con el de la estación Davis
- El radiómetro Unsa es un instrumento portátil de fácil instalación y con autonomía en el registro de datos y energía de alimentación.
- Las pruebas realizadas han mostrado que el radiómetro Unsa es un instrumento versátil de bajo costo y comparable con instrumentos comerciales equivalentes.
- La versatilidad del instrumento y su bajo costo son adecuadas para distribuirlos en una región y realizar mapeos de radiación solar
- Falta realizar pruebas de permeabilidad del instrumento para climas con alta precipitación pluvial

REFERENCIAS

- Bird, R. (1984) A simple solar spectral model for direct normal and diffuse horizontal Irradiance, *Solar Energy* 32, 461- 471.
- Carr, A. and Pryor L. (2004) A comparison of the performance of different PV module types in temperate climates, *Solar Energy* 76, 285–294.
- Chivelet, N. M. (2000) Estudios de la influencia de la reflexión, el ángulo de incidencia y la distribución espectral de la radiación solar en los generadores fotovoltaicos. 1ª edición, pp. 82-94. Editorial Ciemat. España.
- Durisch W. Struss O. Robert K. (2000) Efficiency of selected photovoltaic modules under varying climatic conditions. WREC 2000 Brighton UK.
- Hoyos, D; Montero, M; Bárcena1, H; Cadena, C; Farfán, R (2006). Sistema de medida automatizado y de bajo costo para caracterización de módulos fotovoltaicos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 10. 04-47 a 04-51.
- Instituto Argentino de Normalización (1998). IRAM 210013-2 - Módulos fotovoltaicos. Características eléctricas en condiciones normalizadas. Photovoltaic modules. Method for determining current-voltage characteristics.
- International Electrotechnical Commission (1993) -IEC 61215 (1993-04) Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval.
- King D.L., Kratochvil J.A., Boyson W.E., and Bower W.I. (1998) Field experience with a new performance characterization procedure for photovoltaic arrays. 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, 6-10 July 1998, Vienna, Austria.