

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



CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. OBJETIVOS
3. CONFIGURACION EXPERIMENTAL
4. RESULTADOS
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCION

- Spectral range (50% points) 305 - 2800 nm
- Sensitivity ($\mu\text{V} / \text{W m}^2$) 4 - 6
- Response Time (95 %) 12 seconds
- Zero offset temperature change (5 K / hr) $\pm 2 \text{ W/m}^2$
- Zero offset thermal radiation (200 W/m^2) $\pm 7 \text{ W/m}^2$
- Directional error (at 80° with 1000 W/m^2 beam) $\pm 10 \text{ W/m}^2$
- Non-linearity(0 - 1000 W/m^2) $\pm 0.6 \%$
- Non-stability (change / year) $\pm 0.5 \%$
- Temperature dependency of sensitivity $\pm 1 \%$ (-10 to + 40 $^\circ\text{C}$)
- Tilt response (at 1000 W/m^2) $\pm 0.2 \%$



- Operating Temperature . . . -40° to $+150^{\circ}$ F (-40° to $+65^{\circ}$ C)
- Storage Temperature -50° to $+158^{\circ}$ F (-45° to $+70^{\circ}$ C)
- Transducer Silicon photodiode
- Spectral Response (10% points) . . . 400 to 1100 nanometers
- Cosine Response
Percent of Reading . $\pm 3\%$ (0° to $\pm 70^{\circ}$ incident angle); $\pm 10\%$ ($\pm 70^{\circ}$ to $\pm 85^{\circ}$ incident angle)
Percent of Full Scale . $\pm 2\%$ (0° to $\pm 90^{\circ}$)



2. OBJETIVOS

- *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.*

3. CONFIGURACION EXPERIMENTAL

Características físicas del Radiómetro

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



principio de operación

- Las características como densidad de Corriente-Voltaje con un mecanismo de transporte de corriente simple puede ser representada de la forma:

$$J = J_0 \left(\exp \left(\frac{qV}{KT} \right) - 1 \right) - J_L$$

principio de operación

- 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. 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.

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

El Hardware

- Desarrollada alrededor del microcontrolador 12F675 cuyo consumo en operación es de apenas 100 .
- 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.

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.

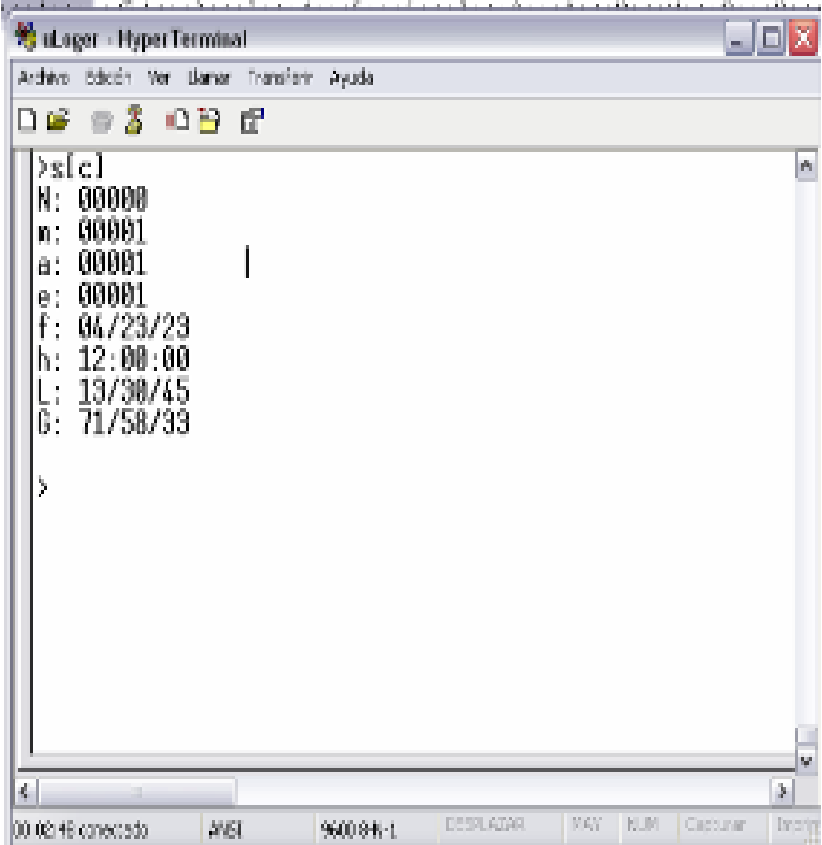
El radiómetro puede trabajar en dos modos. Los cuales se configura enviando los comandos 'c' o 'w'

- ***Modo de operación captura:*** este modo de operación está 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.

Configuración del radiómetro

Comandos de configuración

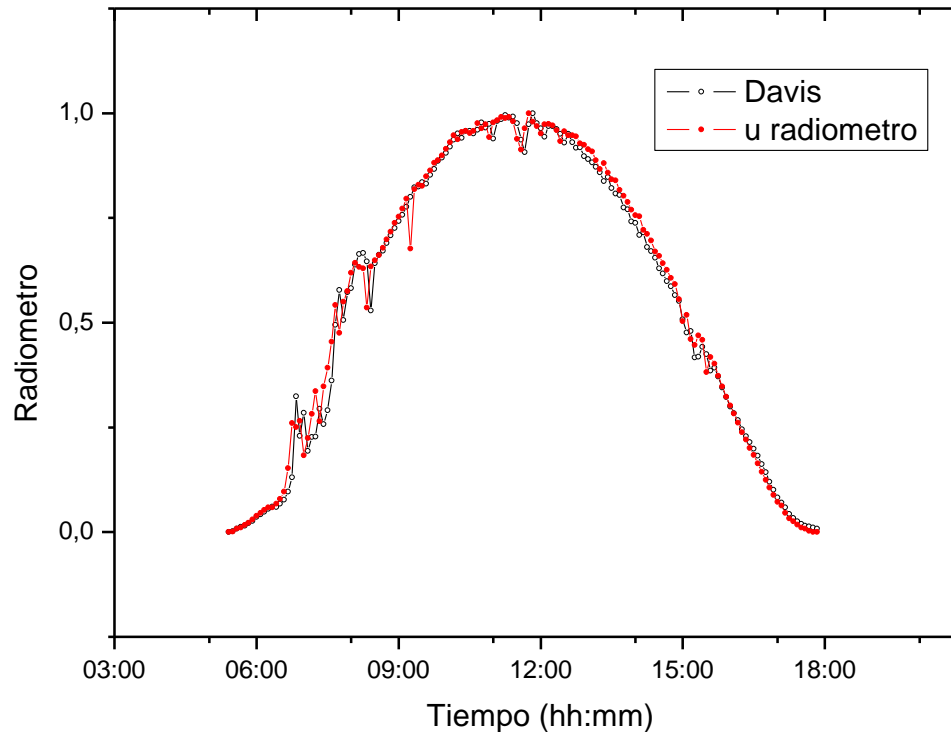
- 'a' configura el intervalo de integración, puede tomar valores desde 1 s hasta 9 horas
- 'm' configura la tasa de grabado de datos en la memoria, puede tomar valores desde 1 s hasta 9 horas
- 't' configura la tasa de muestreo y puede tomar valores entre 1 y 100 s
- 'e' indica cuanto tiempo esperara el instrumento antes de empezar a registrar los datos y puede tomar valores desde 1s a 9 horas
- 'h' 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



```
> s[c]
N: 00000
n: 00001
a: 00001
e: 00001
f: 06/23/23
h: 12:00:00
L: 19/00/45
G: 71/58/33
>
```

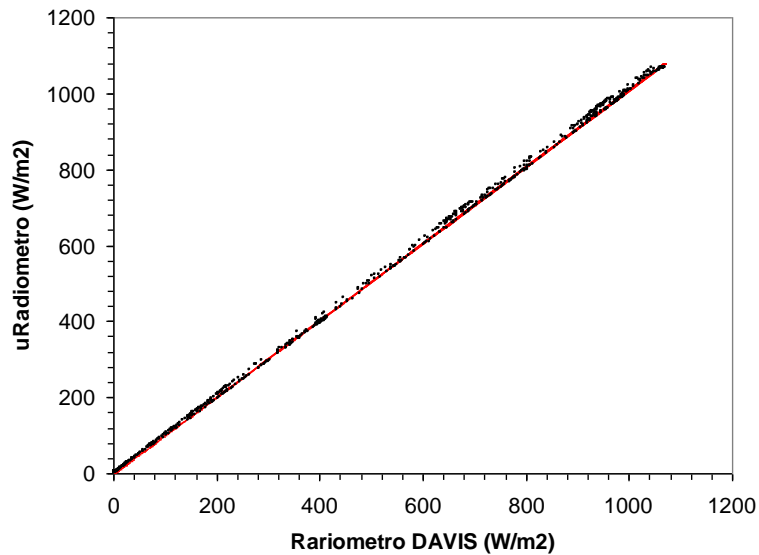
4. RESULTADOS

respuesta del radiómetro Davis y radiómetro Unsa (curva normalizada)



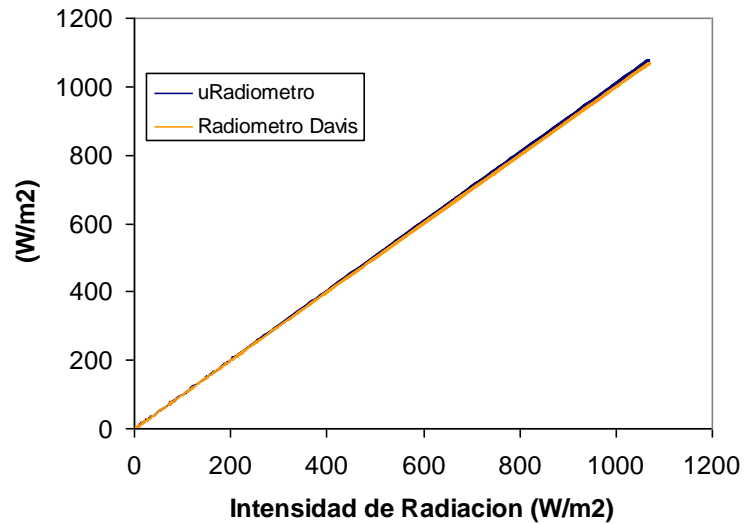
4. RESULTADOS

Comparación del radiómetro Davis con el radiómetro Unsa



4. RESULTADOS

Linealidad del radiómetro Unsa y del radiómetro Davis

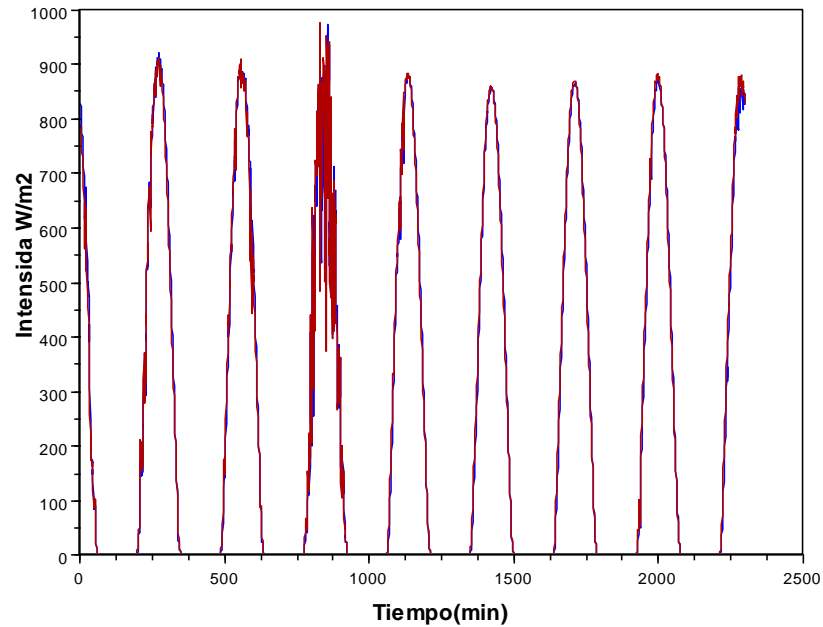


$$I(uR) = 1.0093074 \cdot I(Rd) - 0.4425849$$

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

4. RESULTADOS

Datos de radiación solar de los radiómetros Unsa y Davis durante 8 días.



5. 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

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Alberto Montoya Portugal- almontoyap@hotmail.com
Ernesto Palo Tejada -ipalot@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