

EL RECURSO SOLAR TEORICO Y EXPERIMENTAL EN LA CIUDAD DE CATAMARCA – ARGENTINA

Marcelo E. Watkins – watkinsmarcelo@gmail.com
Universidad Nacional de Catamarca, Centro de Energía
German A. Salazar – germansalazar.ar@gmail.com
Universidad Nacional de Salta - Departamento de Física

Resumen. El trabajo muestra datos de radiación solar global en plano horizontal, adquiridos empleando un equipo de mediciones ubicado en la Universidad Nacional de Catamarca y un estudio comparativo realizado con valores obtenidos de otras fuentes de información. El dispositivo de medición está constituido por un piranómetro LI-200 asociado a un LogBox - AA-32K-IP65 programado para almacenar automáticamente los datos cada diez minutos. La calibración del piranómetro se realiza en instalaciones del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Salta y la puesta en funcionamiento en la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. El equipo comienza a operar en agosto de 2014, y en la actualidad se cuenta con datos de un año de medición. Se mide radiación solar global en plano horizontal. El dispositivo trabaja correctamente, se encuentra ubicado en un lugar seguro y sin sombreados accidentales. Se muestran gráficas de resultados y algunas estadísticas preliminares.

Palabras clave: Energía solar, mediciones, recurso solar, Catamarca

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que encuentran los investigadores e ingenieros en el área de las Energías Renovables, es la ausencia o escases de datos del recurso solar. Teniendo en cuenta las características climáticas de Catamarca y los problemas energéticos que la afectan, se considera altamente relevante comenzar a medir sistemáticamente todos los posibles recursos energéticos renovables. El conocimiento del recurso solar y sus posteriores aplicaciones tanto térmicas como fotovoltaicas puede favorecer el desarrollo económico además de facilitar el acceso a otros recursos básicos tales como el agua potable.

Si bien existen antecedentes de mediciones sistematizadas en la región, los datos tienen, en algunos casos, veinte años de antigüedad. En noviembre de 1978 se instalan las primeras estaciones de medición de la Red Solarimétrica Argentina, proyecto financiado inicialmente por la Organización de los Estados Americanos (O.E.A.). Varios años después se publica el Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Grossi Gallegos y Righini; 2007) donde se presentan cartas con la distribución mensual de los promedios de la irradiación solar global y de las horas de brillo solar (heliofanía efectiva). Debido a diferentes circunstancias la red deja de funcionar en la década del 90, lo cual hace necesario y deseable continuar de alguna manera con la evaluación del recurso solar en forma continua a fin de contar con datos actualizados.

Una alternativa a los métodos de medición directa es la utilización de información de origen satelital publicada por organismos tales como Solar and Wind Energy Resources Assessment (SWERA, 2015). La precisión de los valores satelitales dependerá de su resolución espacial, es decir, del tamaño del pixel o unidad más pequeña que puede distinguirse en la imagen. El valor del parámetro asociado a cada pixel se obtiene promediando los valores de dicho parámetro en todos los puntos del pixel. Por lo tanto, para valores satelitales de irradiación solar asociados a pixeles de gran tamaño, una acentuada variabilidad climática y topográfica en la región puede significar niveles elevados de incerteza en la información suministrada.

Grossi Gallegos (1999) compara valores satelitales de irradiación solar global publicados libremente por NASA, correspondientes al Surface Solar Energy (SSE) Data SET versión 1.0, con datos de mediciones en distintas localidades de la República Argentina, obteniendo un error cuadrático medio relativo que va del 3,7% a 24,8% dependiendo del lugar. Se debe considerar además que dichas bases de datos proporcionan en general valores promedio mensuales para cada punto, pero no dan información detallada.

En trabajos anteriores se realiza la estimación de la irradiación global, directa horizontal y difusa media mensual, para la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca durante el año 2009, usando el Modelo Híbrido de Yang y datos meteorológicos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (Salazar y Watkins, 2010) y se analizan datos de irradiación solar, sobre superficie horizontal, recolectados en tres sitios a más de 1000 metros sobre el nivel del mar (Salazar *et al*, 2008).

2. DESARROLLO

2.1 Procedimiento de medición

La medición se lleva a cabo en la localidad de San Fernando del Valle de Catamarca, capital de la provincia de Catamarca, en la región Noroeste de Argentina (coordenadas · 28° 28' 00" S 65° 46' 50" O). La ciudad está ubicada en un valle delimitado por dos sierras, Ambato al oeste y Ancasti al este y se encuentra a una altura de 519 m.s.n.m.

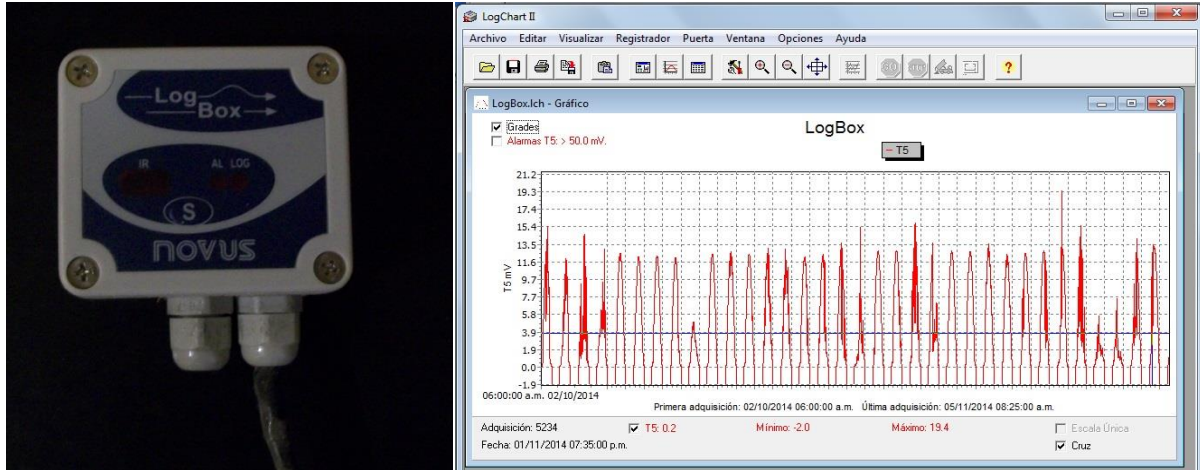


Figura 1. LogBox - AA-32K-IP65 e imagen generada por LogChart II, durante la descarga de datos.

El equipo de medición se instala en la terraza de un edificio de la Universidad Nacional de Catamarca, seleccionando el sitio de modo que no existan árboles u otras edificaciones que puedan sombrear el sensor accidentalmente. El dispositivo de medición está constituido por un piranómetro LI-200 asociado a un LogBox - AA-32K-IP65 programado para almacenar automáticamente los datos cada cinco minutos. Debido a que el sensor es de tamaño pequeño, se monta sobre una plataforma de chapa pintada color negro mate, a un metro de altura respecto de la superficie del techo. La calibración del piranómetro se realiza en instalaciones del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Salta.

2.2 Resultados

La Fig.1 muestra una imagen del Data Logger y de la pantalla de descarga de datos generada por el software LogChart II. La colecta de datos se realiza aproximadamente una vez al mes y se importa a una planilla Excel, a fin de procesar la información.

La Fig.2 muestra algunas de las curvas obtenidas luego de promediar los datos. Se muestran solamente cuatro de los doce meses estudiados. A fin de mostrar regularidades y diferencias, se grafica también la curva de la irradiación global en plano horizontal estimada con el software ARG-P (Salazar, 2012). Dicho software realiza los cálculos en base al método del día claro desarrollado por J.K. Page y descrito por Rigollier et al. (2000) aplicable solamente a los días sin nubosidad.

Para determinar la curva de irradiación diaria promedio (IDP) para un mes en particular, es necesario realizar los cálculos que se muestran en la Ec. (1) y Ec. (2) para cada uno de los datos tomados a lo largo del día:

$$IDP = \sum_{di}^{df} \frac{I(t)}{n} \quad (1)$$

$$n = (df - di) \quad (2)$$

Donde di y df son el primer y último día juliano del mes, n es el número de días del mismo mes e $I(t)$ es el dato tomado en el instante t . Este cálculo se repite para cada uno de los momentos del día en que se programó el data logger para almacenar una lectura del piranómetro.

La curva correspondiente al Método de día claro de J.K. Page se construye con datos de irradiación estimada, suponiendo que todos los días del mes en cuestión son días sin nubes u otro fenómeno atmosférico que pueda provocar dispersión de la radiación directa.

Lógicamente, al comparar la curva de una estimación realizada para un mes con todos días claros y las mediciones realizadas con condiciones climáticas reales, encontramos diferencias importantes. Dichas diferencias se ponen de manifiesto en la Fig. 3 y Fig. 4.

Se observa que el mes con mayores diferencias es Noviembre de 2014, mientras que se presenta la menor desviación es Junio de 2015. En general podemos destacar que los meses de las estaciones frías muestran una menor

diferencia que aquellos que corresponden a estaciones con temperaturas más altas y una mayor humedad relativa en la atmósfera. La Tab. 1 muestra los valores obtenidos y las diferencias, para cada mes expresadas en MJ/m².dia.

Finalmente, se comparan los resultados de las mediciones con valores homónimos obtenidos en la base de datos de SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment). La Tab. 2 muestra dichos valores. En la Fig. 5 están representadas en un diagrama de barras las dos fuentes de información, ambas expresadas en kW.h/m².dia.

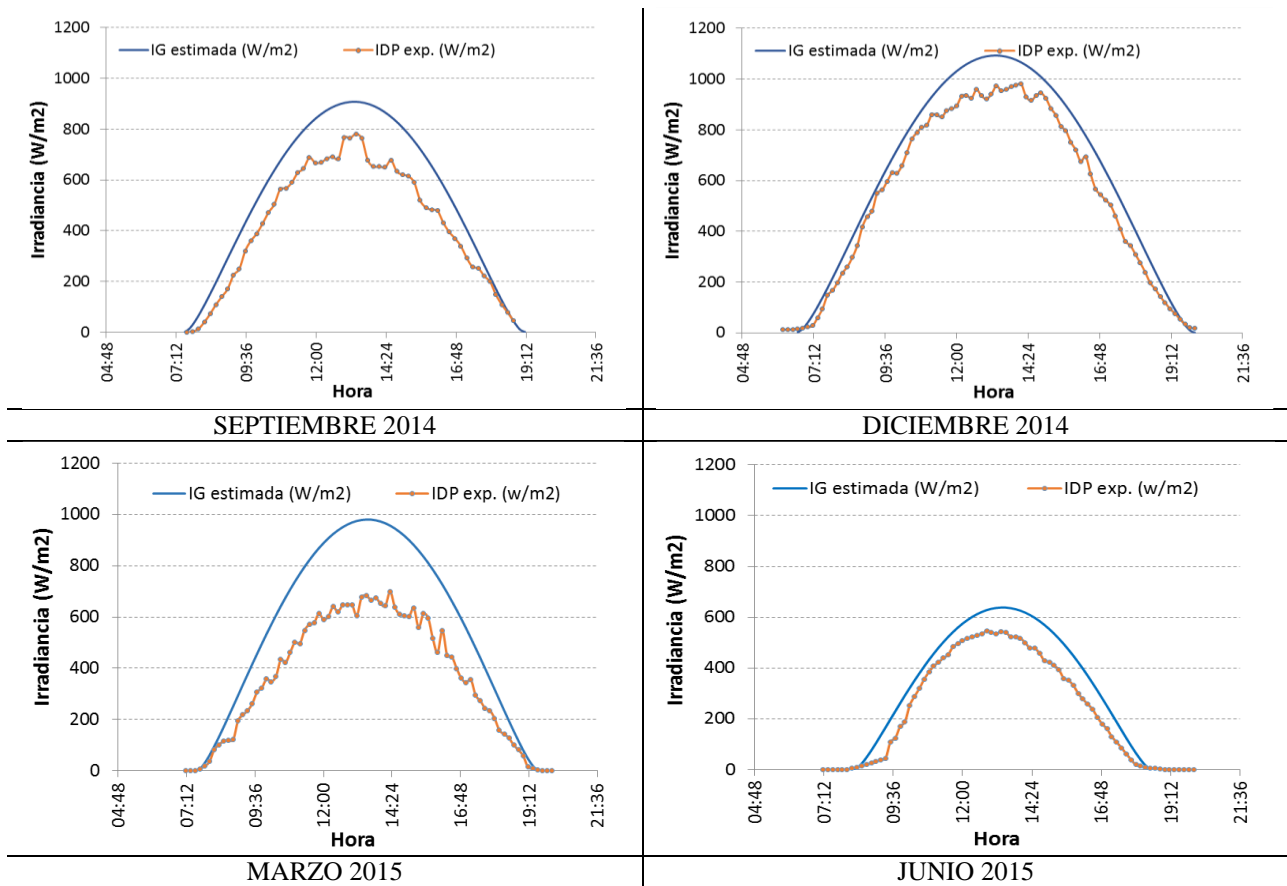


Figura 2. Curvas de IG comparadas con la IDP experimental en los meses estacionales.

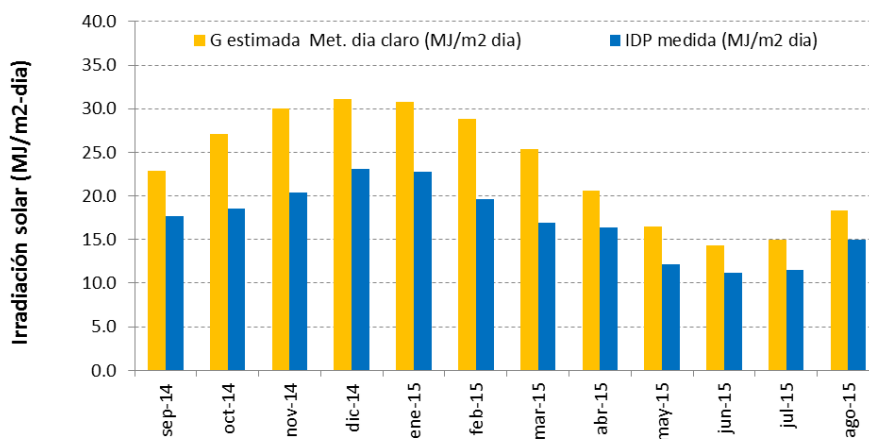


Figura 3. Cuadro comparativo de valores de Irradiación Global estimada e Irradiación promedio diaria experimental.

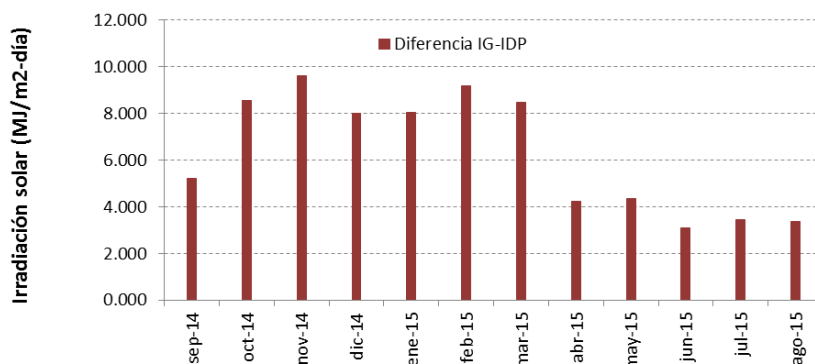


Figura 4. Diferencias entre Irradiación Global estimada e Irradiación promedio diaria experimental.

Tabla 1. Valores de IG estimada, IDP experimental y sus correspondientes diferencias.

	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15
IG estimada Met. dia claro (MJ/m2 dia)	22.902	27.100	29.990	31.140	30.838	28.835	25.415	20.622	16.481	14.307	15.005	18.293
IDP medida (MJ/m2 dia)	17.699	18.54	20.378	23.12	22.770	19.630	16.947	16.403	12.137	11.222	11.547	14.930
Diferencia IG-IDP	5.203	8.560	9.612	8.020	8.068	9.205	8.467	4.218	4.344	3.086	3.458	3.363

Resulta interesante destacar que es también en los meses de invierno cuando las diferencias son menores, particularmente en Julio y Agosto de 2015 cuando la nubosidad del cielo tiene menor incidencia. Por el contrario, las diferencias más importantes se encuentran en los meses de Octubre y Noviembre de 2014.

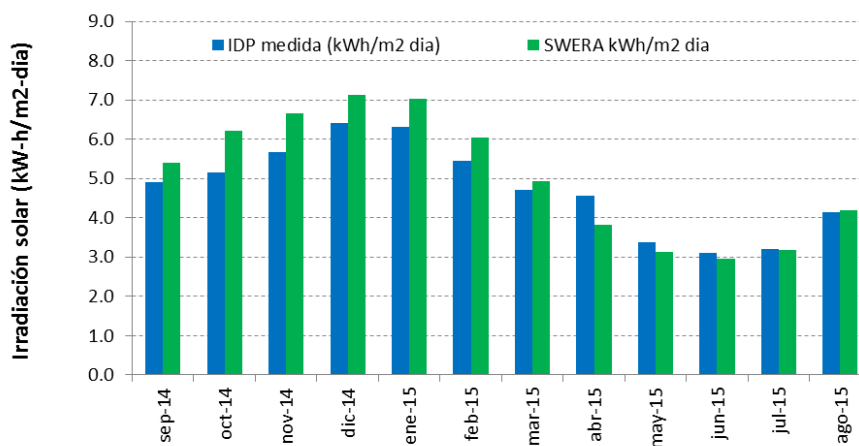


Figura 5. Cuadro comparativo de valores de la base de datos de SWERA e Irradiación promedio diaria experimental.

Tabla 2. Valores de IDP experimental, IDP de la base de datos de SWERA y sus diferencias porcentuales.

	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15
IDP medida (kWh/m2 dia)	4.916	5.150	5.661	6.422	6.325	5.453	4.708	4.557	3.371	3.117	3.207	4.147
SWERA kWh/m2 dia	5.411	6.215	6.649	7.115	7.037	6.041	4.941	3.829	3.119	2.95	3.178	4.196
Diferencia porcentual	10%	21%	17%	11%	11%	11%	5%	-16%	-7%	-5%	-1%	1%

3. CONCLUSIONES

Se muestran resultados preliminares de un procedimiento de medición para determinar la irradiación solar en un sitio de nuestro país que no cuenta con datos actualizados y detallados. Se infiere que, a pesar de los errores y diferencias mostrados, el procedimiento está correctamente ajustado.

Es relevante destacar que se trata de una medición que se encuentra en una fase inicial y por lo tanto resulta difícil presentar estadísticas válidas con solo un año de datos. Se presentan solo resultados preliminares que podrán ser mejorados cuando se cuente con al menos tres años de muestreo.

La sistematización del proceso de medición y su posterior procesamiento y análisis permitirá determinar en el futuro las curvas que caractericen con más precisión el recurso solar en nuestra ciudad.

REFERENCIAS

- Grossi Gallegos, H., 1999. Comparación de los valores satelitales del “Surface Solar Energy (SSE) data set versión 1.0” con datos de tierra de la Red Solarimétrica. Energías Renovables y Medio Ambiente Vol.6, pp 1-6.
- Grossi Gallegos, H., Righini, R., 2007. Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 74 páginas ISBN 978-987-9285-36-7, Registro de la Propiedad Intelectual Nro. 554247.
- Rigollier C., Bauer O., Wald L., 2000. On the clear sky model of the ESRA-European Solar Radiation Atlas with respect to the Heliosat method. Solar Energy 68, 1, pp 33-48.
- Salazar G. A., (2012) - ARG-P, Modelo de radiación solar de día claro para sitios de altura – INENCO, Salta Argentina.
- Salazar G. A., Watkins M. E., 2010. Estimación de la Irradiación Global, Directa Horizontal y Difusa Media Mensual, para la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, Usando el Modelo Híbrido de Yang. Actas de CIACVI 2010 – pp 200
- Salazar G. A., Hernandez A., Cadena C., Saravia L., Romero G., 2008. Caracterización de valores de radiación solar global para día claro en sitios de altura en el noroeste de la República Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol.12, pp 11-33.
- SWERA, 2015. Solar and Wind Energy Resource Assessment. Descargado de la página:
<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=-28.46454389615909%2C-65.77475089999997&zL=13>

THEORYCAL AND EXPERIMENTAL SOLAR RESOURCE IN CATAMARCA CITY – ARGENTINA

Abstract. *The work shows results of measurements of global solar radiation data on horizontal plane, using equipment located at the National University of Catamarca and a comparative study with values obtained from other sources. The measuring device is constituted by a LI-200 associated with a pyranometer LogBox - AA-32K-IP65 programmed to automatically store data every ten minutes. Calibration of the Pyranometer is performed in the Department of Physics at National University of Salta and installed in the city of San Fernando del Valle de Catamarca. The equipment began operations in August 2014, and now we have data from a year. The device works properly and it is located in a safe place without accidental shaded. It shows some preliminary results and graphics.*

Key words: *Solar energy, measurements, solar resource, Catamarca.*