



Servicio
Meteorológico
Nacional

Calibración de piranómetros s/n 163812, 830285 y 120928

Nota Técnica SMN 2021-94

Fernando Nollas¹

¹*Dirección Central de Monitoreo del Clima, DNCIPS, SMN*

Junio 2021



Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

Para poder asegurar calidad y confiabilidad en los datos de radiación solar de cualquier tipo, los sensores que la miden deben ser calibrados regularmente contra sensores patrones que posean trazabilidad con el Centro Mundial de Radiación (PMOD/WRC) de Davos. Una vez que han sido contrastados contra sensores patrones, las mediciones obtenidas por los sensores serán comparables a nivel local y global.

En este trabajo se presenta los procedimientos y resultados de las dos intercomparaciones “outdoor” llevadas a cabo por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) durante el primer semestre del 2021 con la finalidad de calibrar los piranómetros marca Kipp&Zonen (K&Z) con número de serie 830285, 163812 y 120928. Ambas intercomparaciones fueron llevadas a cabo en el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA) del SMN. Luego de cada intercomparación se obtuvo el factor de calibración de los sensores participantes, así como la incerteza relativa asociada hallando diferencias de hasta 2.2% respecto de su última calibración.

Abstract

In order to ensure quality and reliability in solar radiation data of any type, the sensors that measure it must be regularly calibrated against reference sensors that have traceability with the World Radiation Center (PMOD / WRC) in Davos. Once they have been contrasted against reference sensors, the measurements obtained by the sensors will be comparable locally and globally.

This work presents the procedures and results of the two outdoor intercomparisons carried out by the National Meteorological Service (SMN) during the first semester of 2021 with the purpose of calibrate the Kipp & Zonen (K&Z) brand pyranometers with serial number 830285, 163812 and 120928. Both intercomparisons were carried out at the Central Observatory of Buenos Aires (OCBA) of the SMN. After each intercomparison, the calibration factor of the participating sensors was obtained, as well as the associated relative uncertainty, finding differences of up to 2.2% with respect to their last calibration.

Palabras clave: Calibración, piranómetros, trazabilidad

Citar como:

Nollas, F., 2021: Calibración de Piranómetros s/n 163812, 830285 y 120928. Nota Técnica SMN 2021-94.

1. INTRODUCCIÓN

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) mantiene una red de estaciones en las cuales se mide de forma continua distintos parámetros de la radiación solar como la radiación global horizontal (GHI), radiación difusa horizontal (DHI) y radiación ultravioleta (UV). Para mantener calibrados sus piranómetros, el SMN participa cada 5 años en la “International Pyrheliometer Comparison” organizada por el PMOD/WRC en Davos. En dicho evento participan todos los países, empresas e instituciones interesados en calibrar sus pirheliómetros y poder otorgar a sus instrumentos la trazabilidad correspondiente. Mayor información acerca de esta intercomparación puede ser encontrada en el siguiente link <https://www.pmodwrc.ch/>.

Una vez en destino, el pirheliómetro absoluto de cavidad puede calibrar otros pirheliómetros a través de la norma ISO 9059 (1990) o también calibrar piranómetros según la norma ISO 9846 (1993). Asimismo, piranómetros calibrados y con trazabilidad al PMOD/WRC pueden ser utilizados como patrones secundarios para calibrar otros piranómetros utilizando la norma ISO 9847 (1992).

En esta nota técnica se presentan los procedimientos y resultados de las intercomparaciones llevadas adelante en el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA) del SMN para calibrar los piranómetros marca Kipp&Zonen (K&Z) con número de serie 830285, 163812 y 120928. El OCBA se encuentra en las siguientes coordenadas: LAT: 34°35'24" S, LONG: 58°29'00" O, y 24 msnm.

Las mediciones para determinar el factor de calibración de los sensores s/n 830285 y 163812 se realizaron desde 14 al 25 de enero de 2021. Por otro lado, las mediciones para determinar el factor de calibración del sensor s/n 120928 fueron realizadas entre el 18 de marzo y el 19 de abril de 2021. Si bien los sensores no fueron calibrados todos al mismo tiempo, los procedimientos utilizados para realizar las intercomparaciones fueron los mismos y por ello se presentan en esta nota técnica.

El objetivo principal de las intercomparaciones fue comprobar el estado de funcionamiento de los sensores y determinar el factor de calibración por el cual deben ser divididos los valores crudos para obtener valores en unidades radiométricas ($W \cdot m^{-2}$).

2. SENSORES

2.1 Sensor patrón

El instrumento considerado como referencia para calibrar los piranómetros fue el piranómetro termoelectrico marca Kipp&Zonen modelo CMP21 con número de serie 140455 el cual posee trazabilidad al PMOD/WRC a través del pirheliómetro absoluto TMI MK VI 67605. El piranómetro de referencia es termoelectrico y, de acuerdo a la norma ISO 9060 (2018) entra dentro de la categoría de “Spectrally Flat Class A”.

Este sensor fue calibrado en julio de 2020 y especificaciones técnicas sobre el mismo pueden ser consultadas en la página oficial de la empresa Kipp&Zonen <http://www.kippzonen.com/>.

2.2 Sensores a calibrar

En la Tabla I se muestran algunos datos de los piranómetros calibrados como el modelo de los instrumentos calibrados, su número de serie y el sitio en el que miden de manera cotidiana.

Tabla I. Piranómetros calibrados: modelo, numero de serie y sitio en el que realiza las mediciones.

Modelo	N. Serie	Sitio de medición
CMP11	163812	OCBA
CM11	830285	OCBA
CMP21	120928	Bariloche

Los piranómetros s/n 163812 y 830285 se utilizan para monitorear la irradiancia solar global y difusa respectivamente en el OCBA, mientras que el piranómetro s/n 120928 monitorea la irradiancia solar global en Bariloche.

3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1 Calibración

La calibración de los piranómetros se llevó a cabo de manera “outdoor”, lo que implica que todos los piranómetros fueron instalados en condiciones normales de funcionamiento con el sol como fuente de emitancia. Antes de comenzar con las mediciones, los sensores a calibrar y el sensor patrón fueron colocados sobre la misma mesada para asegurar que la radiación solar recibida por ellos fuera la misma. Una vez fijados a la plataforma, los piranómetros fueron conectados a un datalogger Campbell Scientific CR1000 y desde allí vinculados a una computadora para análisis de datos. El datalogger fue seteado para adquirir datos cada 1 segundo, los cuales fueron promediados cada 30 segundos teniendo en cuenta el tiempo de respuesta de los instrumentos, obteniendo entonces 2 datos por minuto. Tanto los piranómetros a calibrar como el patrón midieron sobre la horizontal y en unidades de voltaje (debido a su principio de funcionamiento) obteniendo valores en mV.

Para evitar las oscilaciones que la nubosidad produce en los datos de radiación solar sólo los días despejados fueron tenidos en cuenta para los cálculos del factor de calibración. Si bien la norma ISO 9847 (1992) sugiere utilizar horarios diversos a fin de obtener un factor de contraste que sea representativo de la respuesta de cada sensor con la posición solar, esto no fue posible durante la presente calibración debido a las características del predio con la presencia de obstáculos que sombrearon los sensores en horas de la mañana y de la tarde. A su vez, debe ser tenido en cuenta que, a medida que aumenta el ángulo cenital (SZA), el error direccional de los instrumentos aumenta por lo que el factor de calibración de los piranómetros s/n 163812 y 830285 se obtuvo considerando SZA menores a 40°. En el caso del piranómetro s/n 120928 se utilizaron SZA menores a 50° debido a que, por la época en la que se realizó la calibración, no se contó con la suficiente cantidad de valores angulares menores a 40°.

Los días de cielo claro que se utilizaron para la calibración de los piranómetros s/n 163812 y 830285 fueron: 18, 21, 22, 23 y 24 de enero de 2021. Por otra parte, los días de cielo claro que se utilizaron para la calibración del piranómetro s/n 120928 fueron 23 y 30 de marzo, así como 3,12,13 y 19 de abril de 2021. Luego de determinar los días despejados se siguieron los lineamientos planteados en la norma ISO 9847 a fin de determinar el factor de calibración de cada uno de los sensores y una vez obtenido el mismo se realizó una estimación de su incerteza.

3.2 Análisis de Incertezas

Dado que las mediciones se llevaron a cabo de manera “outdoor” entonces no se encontraron en condiciones controladas y la incerteza relativa del factor de calibración se obtuvo teniendo en cuenta distintas fuentes de error como:

- Incerteza en el factor de calibración del instrumento patrón obtenido del certificado de calibración.
- Diferencias en la salida cruda debido a diferencias de temperatura.
- Desviaciones en las medidas debido a la no linealidad de la respuesta.
- Incerteza estadística proveniente de la dispersión que existe en los factores de contraste para los distintos ángulos cenitales durante el día.
- Errores asociados a la medición y adquisición de los datos en el datalogger.

Finalmente, la incerteza relativa en el factor de calibración se calculó como:

$$Incerteza\ relativa = \sqrt{\sigma_{estadístico}^2 + \sigma_{calib\ patr}^2 + \sigma_{lin\ patr}^2 + \sigma_{temp\ patr}^2 + \sigma_{temp\ test}^2 + \sigma_{lin\ test}^2 + \sigma_{datalog}^2}$$

donde *test* hace referencia al sensor que se desea calibrar.

4. RESULTADOS

En la Tabla II se presenta el factor de calibración obtenido para los sensores calibrados junto con su incerteza relativa y, a modo de comparación, el factor de calibración obtenido en su última calibración.

Tabla II. Resultados obtenidos de la calibración de los piranómetros

SENSOR	Factor de calibración 2021 (V/Wm ⁻²)	Incerteza Relativa (%)	Factor de calibración anterior (V/Wm ⁻²)	Variación relativa del factor de calibración (%)	Cantidad de series utilizadas
CMP11 163812	9.85 E-06	2.1	9.79 E-06	0.7	135
CM11 830285	5.03 E-06	2.3	5.03 E-06	0	135
CMP21 120928	8.80 E-06	2.3	8.61 E-06	2.2	112

De la Tabla II se desprende que la variación del factor de calibración obtenida para los piranómetros calibrados está dentro de los límites esperables teniendo en cuenta el valor de no-estabilidad que presentan los modelos en cuestión. Es llamativa la nula variación, dentro del error experimental, que presentó el piranómetro s/n 830285 teniendo en cuenta que su última calibración fue en 2015.

Las Figuras 1 y 2 muestran una comparación directa entre los valores obtenidos por el piranómetro de referencia contra las mediciones corregidas con el factor de calibración de cada sensor. Se puede ver que hay una excelente correlación entre las mediciones en todos los casos.

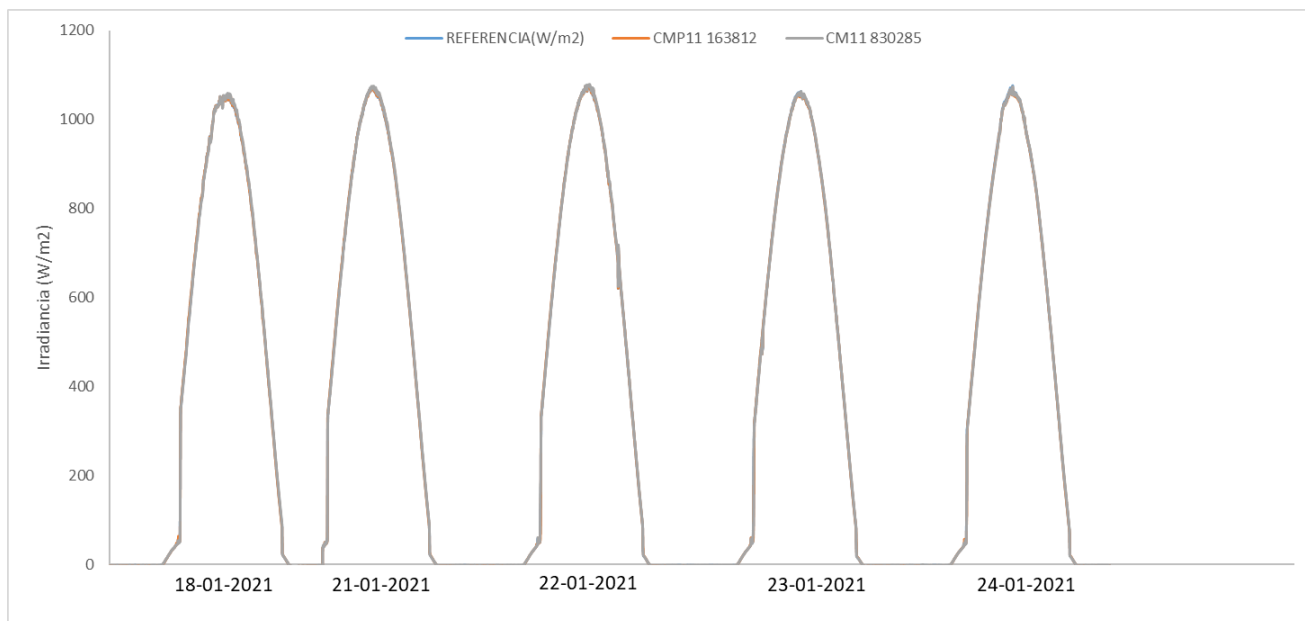


Fig. 1. Comparación de las mediciones obtenidas por el piranómetro de referencia contra la irradiancia medida por los piranómetros s/n 163812 y 830285 utilizando el factor de calibración obtenido.

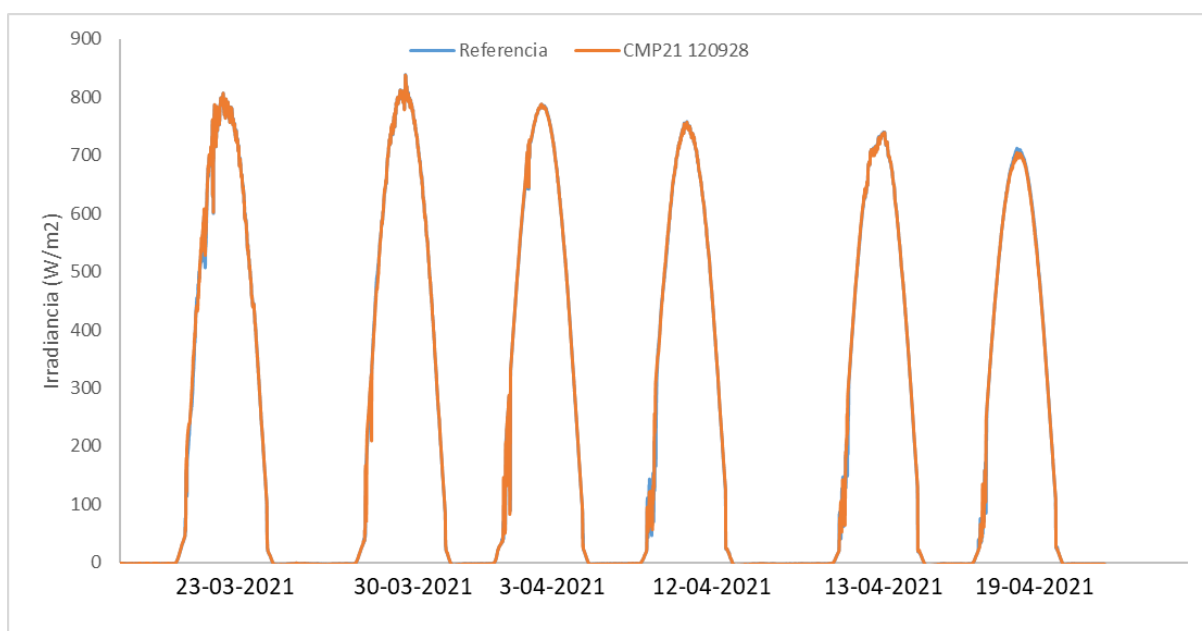


Fig. 2. Comparación de las mediciones obtenidas por el piranómetro de referencia contra la irradiancia medida por el piranómetro s/n 120928 utilizando el factor de calibración obtenido.

5. CONCLUSIONES

Durante el primer semestre de 2021 se realizaron dos intercomparaciones para calibrar los piranómetros s/n 830285, 163812 and 120928. En este trabajo se presentaron los procedimientos y resultados de dichas intercomparaciones.

Se obtuvo una variación relativa máxima de 2.2% en los factores de calibración respecto de la última calibración a la que fue sometida cada instrumento.

Se recomienda recalibrar los piranómetros cada 2 años.

6. REFERENCIAS

ISO 9059, 1990: Solar energy- Calibration of field pyrheliometers by comparison to a reference pyrheliometer.

ISO 9846, 1993: Solar energy- Calibration of a pyranometer using a pyrheliometer.

ISO 9847, 1992: Solar energy- Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.

ISO 9060, 2018: Solar energy- Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation.

Nollas F., E. Luccini, G. Carbajal, F. Orte, E. Wolfram, G. Hülsen, J. Gröbner, 2018: Report of the Fifth Erythema UV Radiometers Intercomparison (Buenos Aires, Argentina, 2018). GAW report No. 243. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20791#.XN6kuyBKgdV

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).