



Unidad 5: Medidas de irradiancia solar

- Medidas de irradiancia de banda ancha
- Calibración de piranómetros (LES) y trazabilidad al patrón mundial
- Red de medidas continuas de radiación solar (RMCIS)
- algunas estrategias de control de calidad
- Productos: MSUv2, AMTUes, etc

Medidas de banda ancha de irradiancia solar

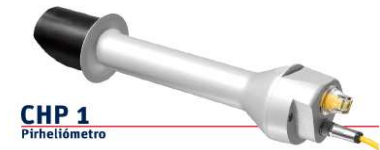
- **Irradiancia global (GHI o GTI):**
piranómetro o radiómetro fotovoltaico.



- **Irradiancia difusa (DHI):**
piranómetro con esfera de sombra
piranómetro o radiómetro con banda de sombra
radiómetro con banda móvil
piranómetro con máscara



- **Irradiancia directa (DNI):**
piranómetro con tubo colimador (pirheliómetro)
y mecanismo de seguimiento solar.



- **Heliofanía ("horas de sol"):**
heliógrafo (Campbell-Stokes)
heliógrafo electrónico



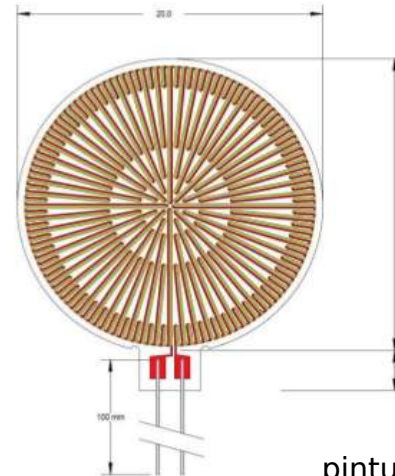
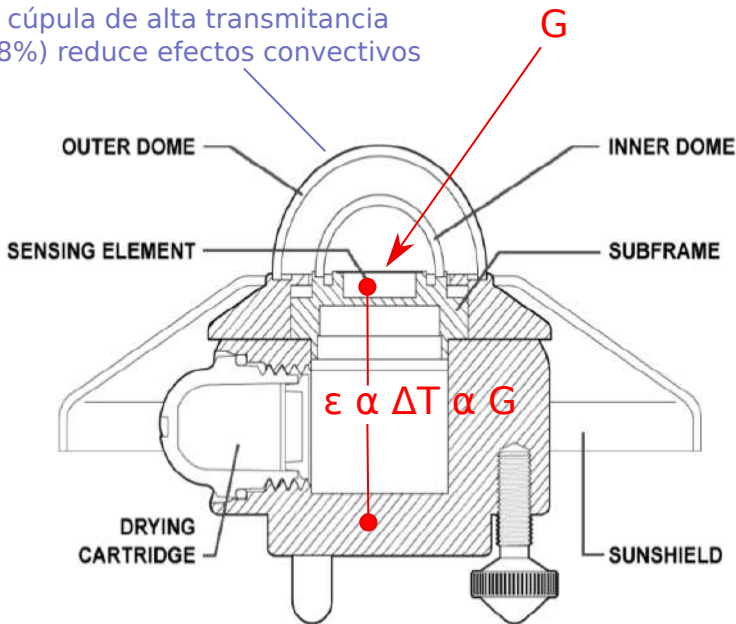
Piranómetro - funcionamiento

(o piranómetro térmico)

Principio físico: pila termoeléctrica (o termopila) de termopares bimetálicos (50 o 100 en serie). Diferencia de temperatura genera un voltaje (efecto termoeléctrico o efecto Seebeck).

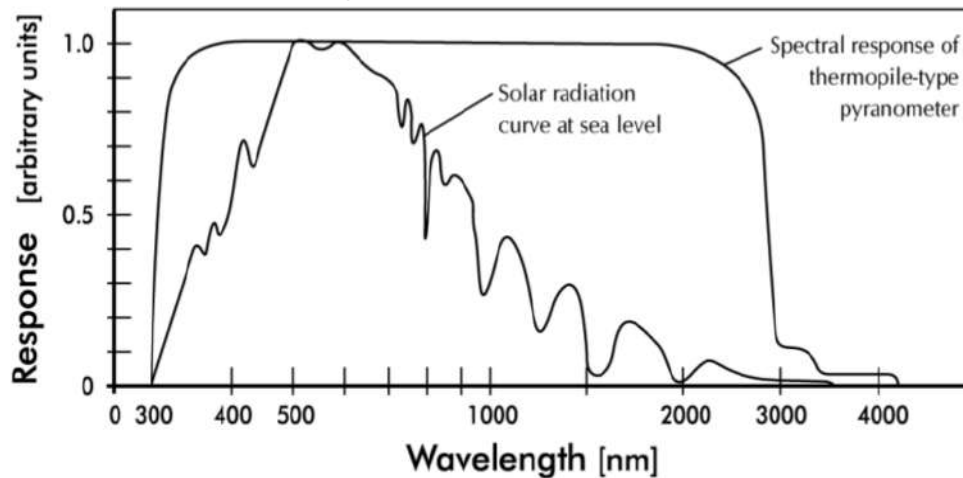
Se genera una fem ε proporcional a la radiación incidente con sensibilidad típica de $10 \mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$

doble cúpula de alta transmitancia (97-98%) reduce efectos convectivos





respuesta espectral uniforme
en rango de interés (0.3 - 3 micras),



Pros:

- no requiere alimentación eléctrica
- muy robusto y alta estabilidad
- respuesta espectral plana entre 0.3 y 3 micras
- buena respuesta coseno
- baja incertidumbre en la medida durante largos períodos (años)

Contras:

- alto costo (miles USD)
- respuesta lenta (15 s) frente a un radiómetro fotovoltaico (<10 μ s)
- requieren limpieza periódica de la cúpula (frecuencia diaria) o sistema de ventilación.

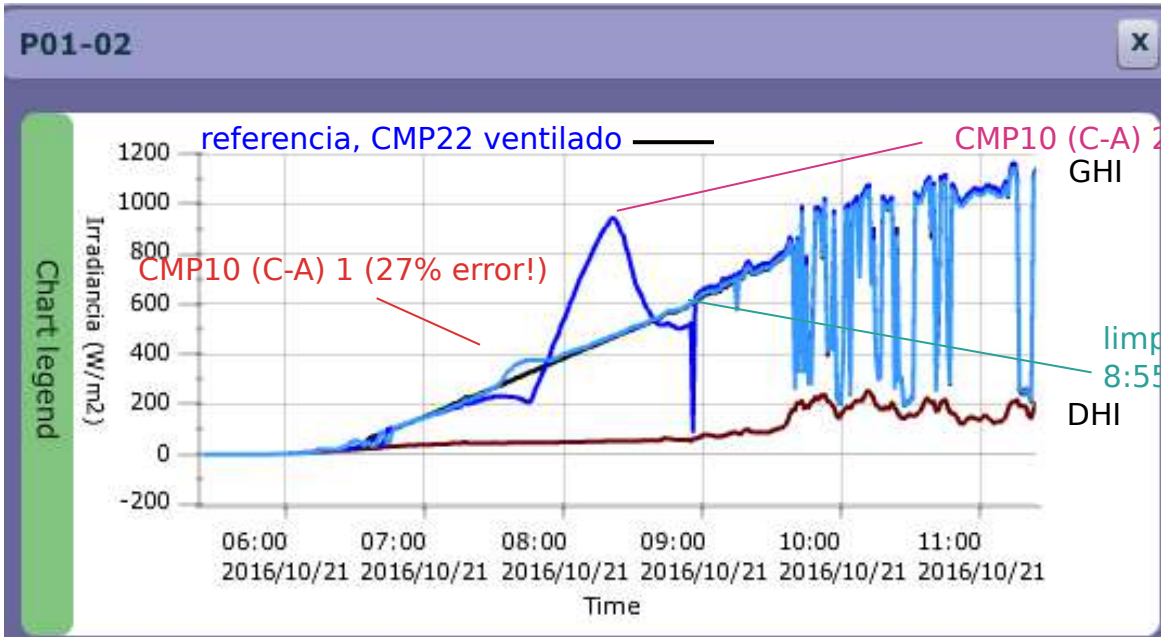


Ejemplo: efectos del polvo, lluvia y suciedad ambiente en cúpulas de piranómetros



Referencia: Exploring Sources of Uncertainties in Solar Resource Measurements, M. Sengupta, 2016. 6th PV Performance and Monitoring Workshop, Freiburg, Germany (October 24-25, 2016), NREL/PR-5D00-67320

Caso usual en Uruguay: efectos del **rocío matinal** (calibración CAL201610 en el LES)



CMP10 (C-A) 2 (90% error!)
GHI

CMP10 (C-A) 1 (27% error!)

limpieza de cúpulas
8:55 am

DHI





Licor 200R

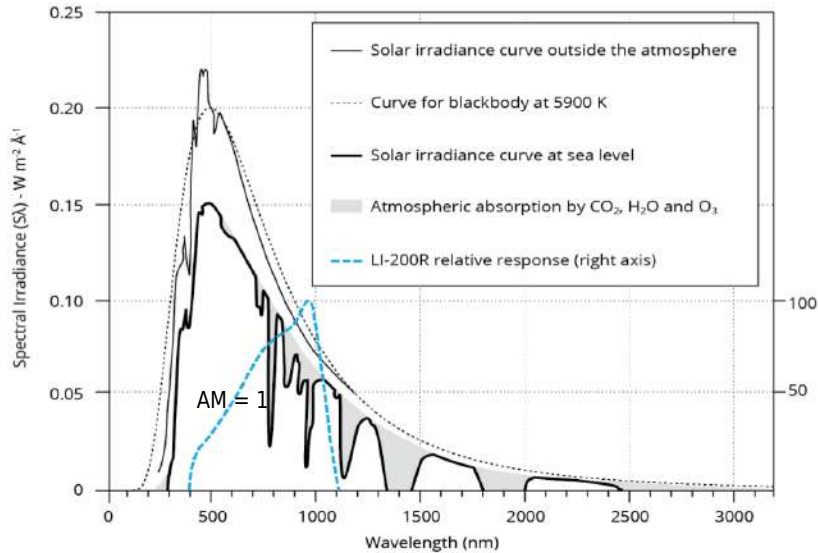
fotodiodo de Silicio



Li 200 SA

Se basa en el efecto fotoeléctrico:
fotones incidentes de algunas longitudes de onda son absorbidos en el sensor generan diferencia de potencial

Piranómetros fotovoltaico - pros y contras



respuesta espectral no-uniforme

en rango de interés (0.3 - 3 micras),
no detecta IR sobre 1100 nm

calibrado para cielo claro o indoor (AM 1.5),
puede tener mayor error para otras masas
de aire en condiciones de cielo cubierto.

Pros:

Alternativa de bajo costo para medida
de irradiación: (USD 400 / unidad)

Tiempo de respuesta rápido: $<10 \mu\text{s}$

Generan corriente ($\sim 90 \text{ nA/Wm}^{-2}$) lo cual
permite cables largos sin afectar medida

Los afecta menos el agua y nieve, requieren
menos mantenimiento en general

Contras:

- mismatch espectral
- sensibilidad a temperatura
- llegan con calibración genérica
- > mayor incertidumbre ($\pm 5\%$) que un buen
piranómetro de termopila ($\pm 3\%$)
- inestabilidad (en años)
- > requieren calibración anual



La celda de referencia viene calibrada en condiciones estándar (1000 W/m², 25°C, AM=1.5 - IEC60904)

Se utiliza para medidas de irradiancia en plantas fotovoltaicas, **para medir la eficiencia de los módulos y su degradación en el tiempo.**

Deben ser del mismo tipo que las celdas de los módulos PV!

Ventajas, **para este uso**, sobre un piranómetro: (NREL/JA-5200-54498, PV Magazine, 2012)

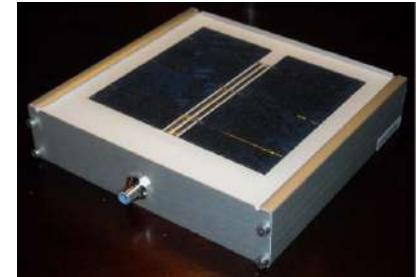
igual respuesta espectral que los módulos PV

igual tiempo de respuesta que los módulos PV

igual dependencia con la temperatura

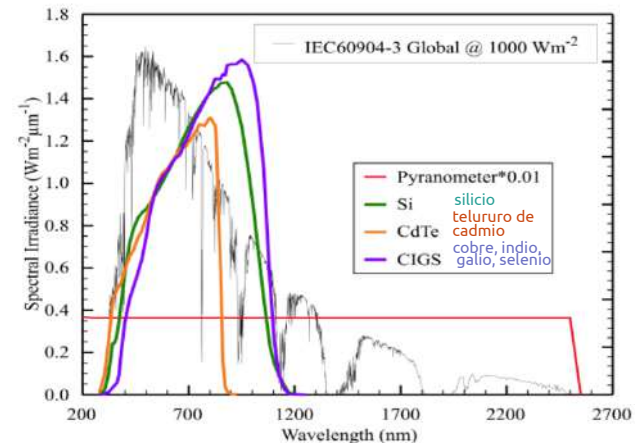
igual distorsión por reflectividad a altos ángulos

estos factores no generan incertidumbre en la medida de eficiencia.



Suntech reference cell
<http://www.suntech-power.com>

(Para una estimación on-site del recurso solar, los piranómetros clase A son mas confiables!)





Medidas de irradiancia difusa

¿Porqué interesa medir DHI?

- La medida de las tres componentes (GHI, DHI, DNI) permite chequeos de consistencia.
- La fracción difusa (DHI/GHI) es necesaria para los modelos de transporte de irradiancia de plano horizontal a plano inclinado.
- Midiendo DHI, podemos calcular la irradiancia directa en incidencia normal (DNI), la magnitud de interés para aplicaciones de concentración solar

$$DNI = \frac{GHI - DHI}{\cos \theta_z}$$

Métodos de medida de DHI:

- en esencia, se mide con un piranómetro, al cual se le bloquea la irradiancia directa.

$$GHI = \cancel{DNI} \cos \theta_z + DHI = DHI$$

0

Local: Laboratorio de Energía Solar - Salto



Sistema de medida basado en seguidor automático SOLYS2 (Kipp & Zonen) con dos medidas de GHI, dos medidas de DNI y una medida de DHI.

Las medidas ventiladas son con incertidumbre de 2% y DNI se mide al 1 %.



- uno de los métodos mas usados
- requiere ajustes periódicos (semanales)
- requiere corrección posterior para compensar franja

En la mesa de calibraciones del LES se monitorea DHI por este método.

resultado es preciso, dependiendo de la calidad del piranómetro utilizado, puede llegar a medir DHI con incertidumbre de 3%.



Banda de sombra CM121 de Kipp & Zonen



Piranómetro Delta T SPN1

mantenido a 20 °C
amplificación y procesamiento interno
mide GHI, DHI y Heliofanía (calculada)

Medida

GHI - Clase B

DHI - Clase C

7 sensores de termopila;
siempre uno expuesto a DNI
y al menos uno cubierto (DHI)



Solución efectiva para medidas de campo
con bajo mantenimiento.

El LES cuenta con 3 instrumentos midiendo DHI desde hace años.



Mide GHI y DHI con un Licor 200 (por su respuesta rápida)

Medidas auxiliares: Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad viento y Presión Atmosférica
Adquisidor Campbell Scientific CR1000 pre-programado, controla la banda rotante en función del estado del cielo.

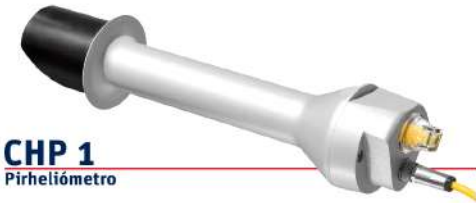




Para medir DNI se usa un pirheliómetro, esencialmente un piranómetro de alta calidad (Estándar Secundario) con un tubo colimador.

El sistema se monta en un seguidor solar de precisión (tolerancia: 0.75°).

Bien alineado, puede medir DNI con incertidumbre máxima del 1 % para totales horarios.



CHP 1
Pirheliómetro



respuesta plana en 0.3 - 3.5 micras

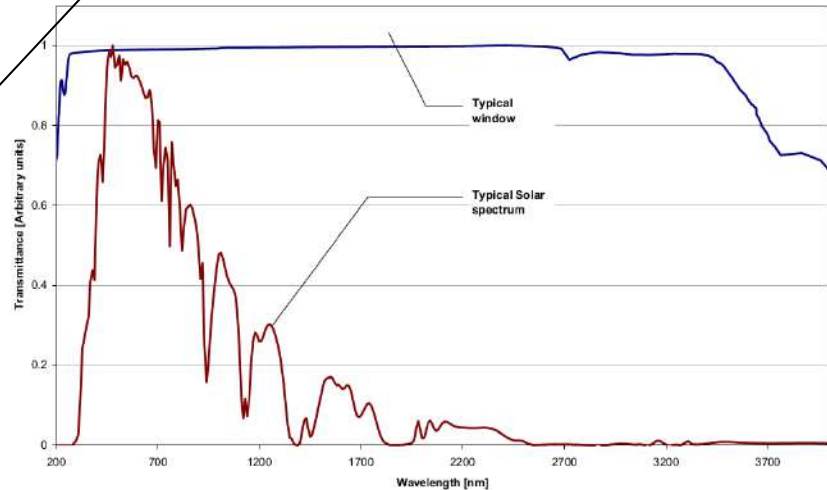


Figure 3: Solar irradiance spectrum at the Earth's surface and pyrheliometer response

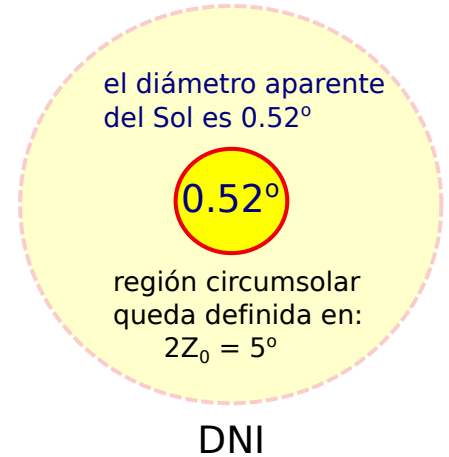
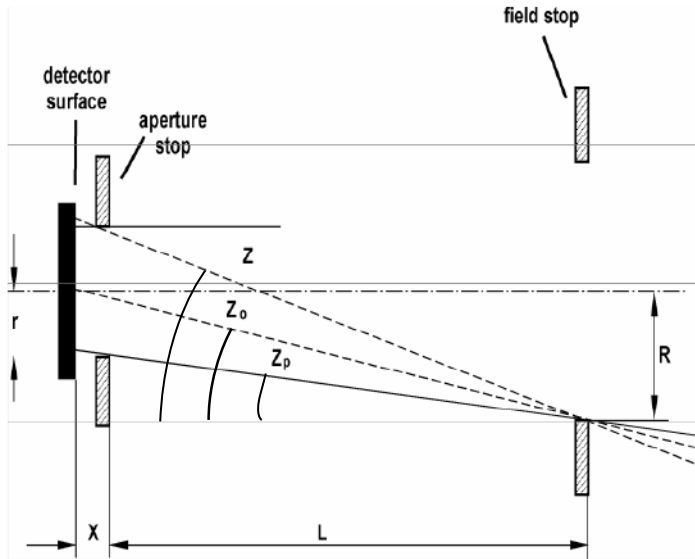


Geometría de un pirheliómetro Kipp & Zonen CHP1

$$\text{apertura: } \tan Z_0 = \frac{R}{L} \simeq 2.5^\circ$$

$$\text{pendiente: } \tan Z_p = \frac{R-r}{L} \simeq 1.0^\circ$$

$$\text{límite: } \tan Z = \frac{R+r}{L} \simeq 4.0^\circ$$



Tolerancia a desvíos de seguimiento:

Una respuesta al 100 % requiere que el Sol este completamente dentro del ángulo $2Z_p$.

Para esto, el **máximo desvío del seguimiento ideal** es $Z_{\max} = Z_p - 0.52^\circ/2 = 0.74^\circ\dots$



nuevos dispositivos (~2018)...

Sensor DNI EKO MS-90

No requiere seguidor solar

Estructura fija

espejo rotante (interno)

sensor de termopila iluminado por espejo

Medida:

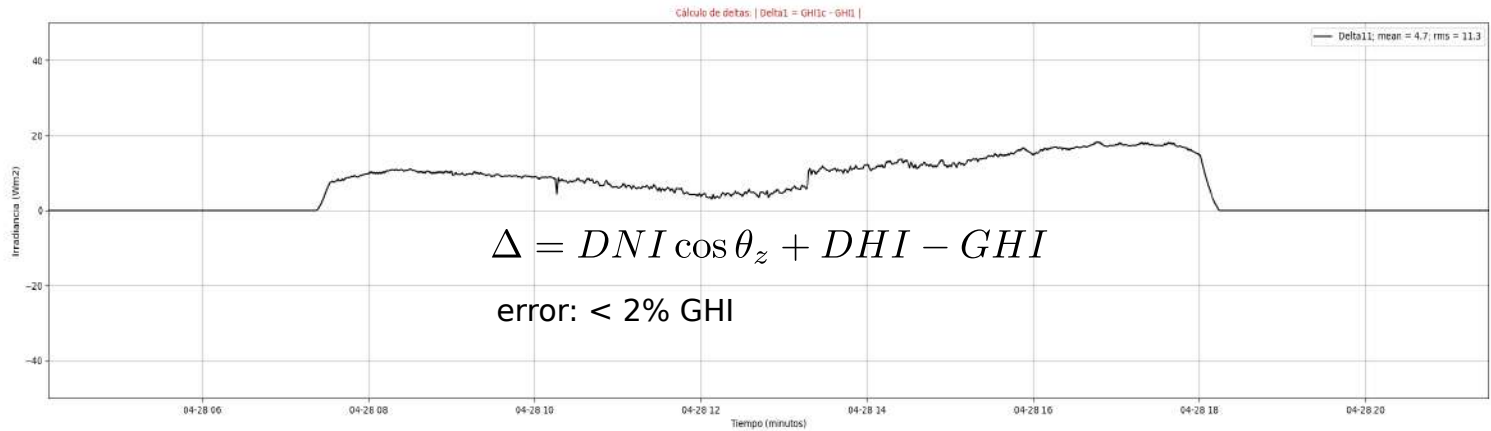
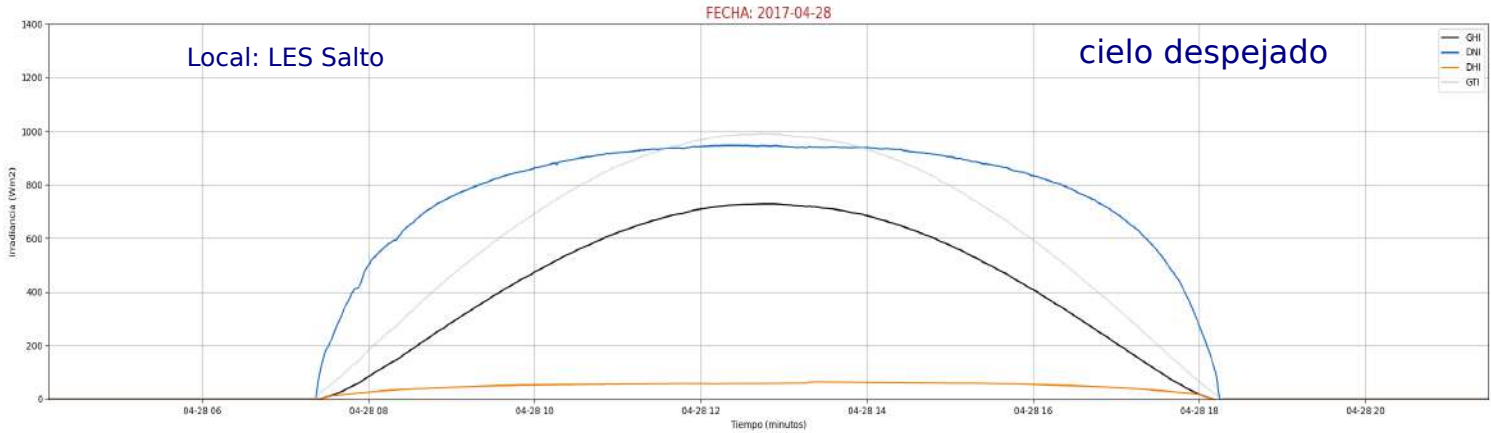
DNI - Clase C (incertidumbre <10%)

espejo rotante

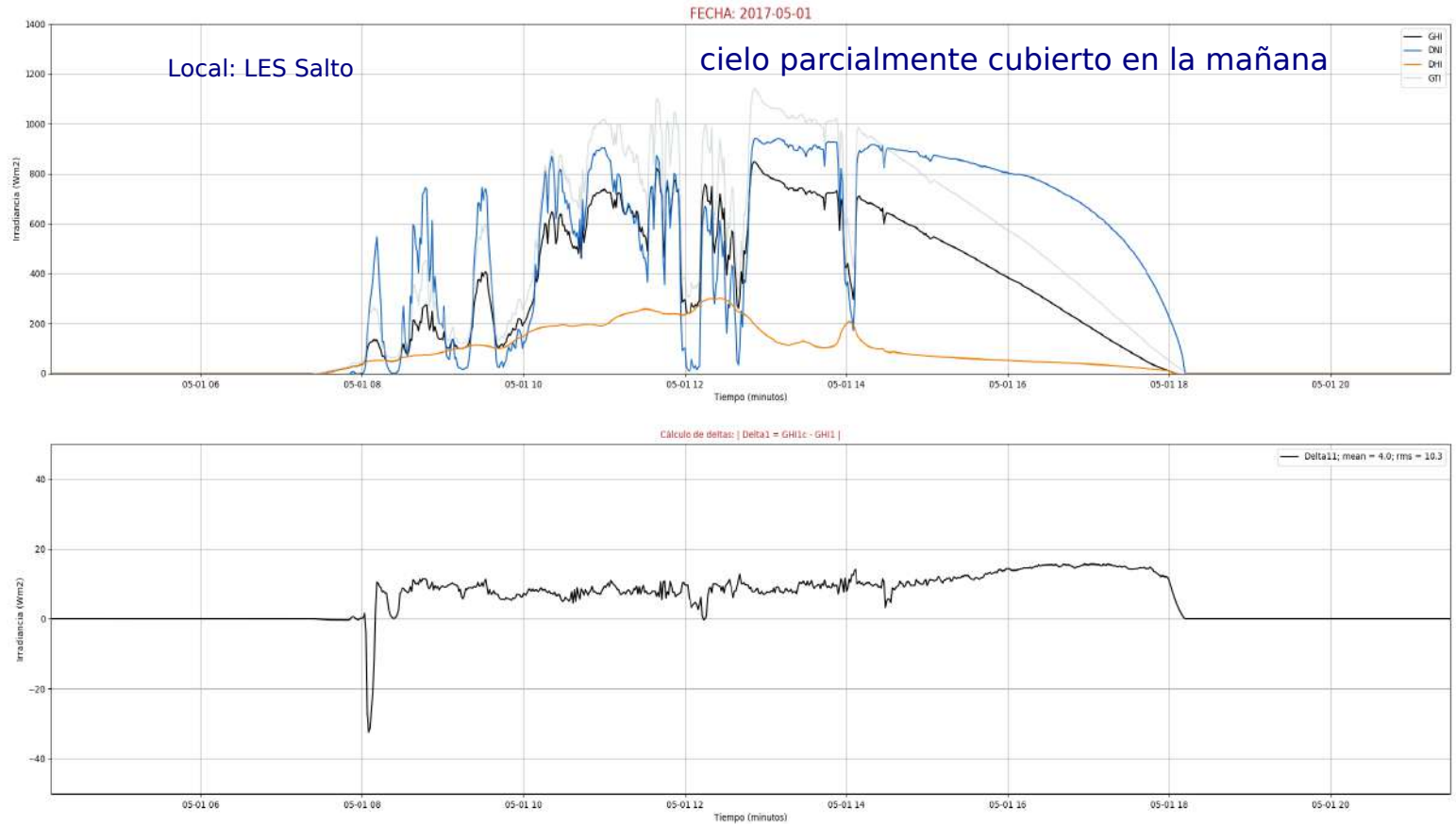


Se gradúa con la latitud del observador

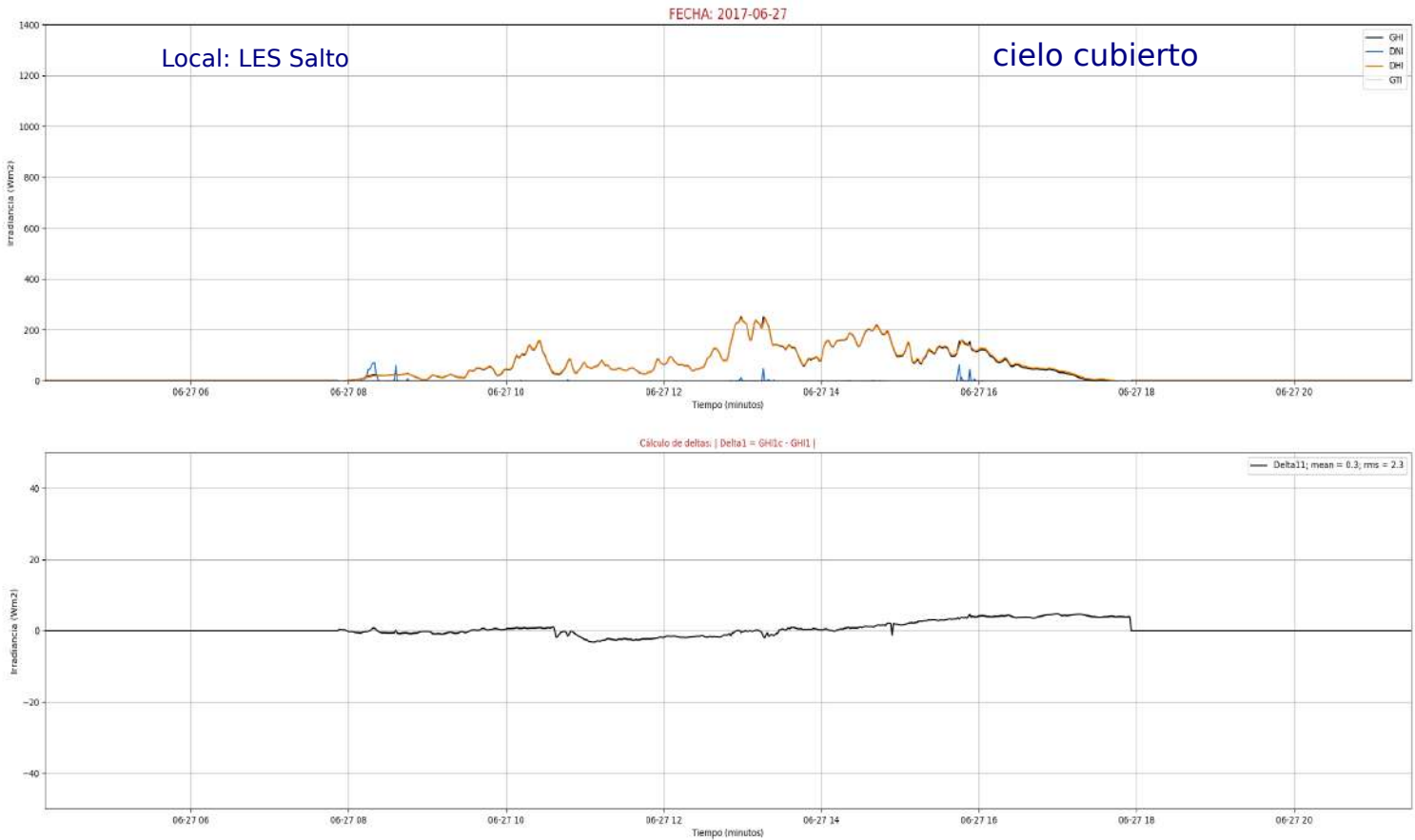
Ejemplo: medidas de GHI, DHI y DNI (cielo claro)



crédito fig. Andrés Monetta (LES)



crédito fig. Andrés Monetta (LES)



crédito fig. Andrés Monetta (LES)



Heliofanía

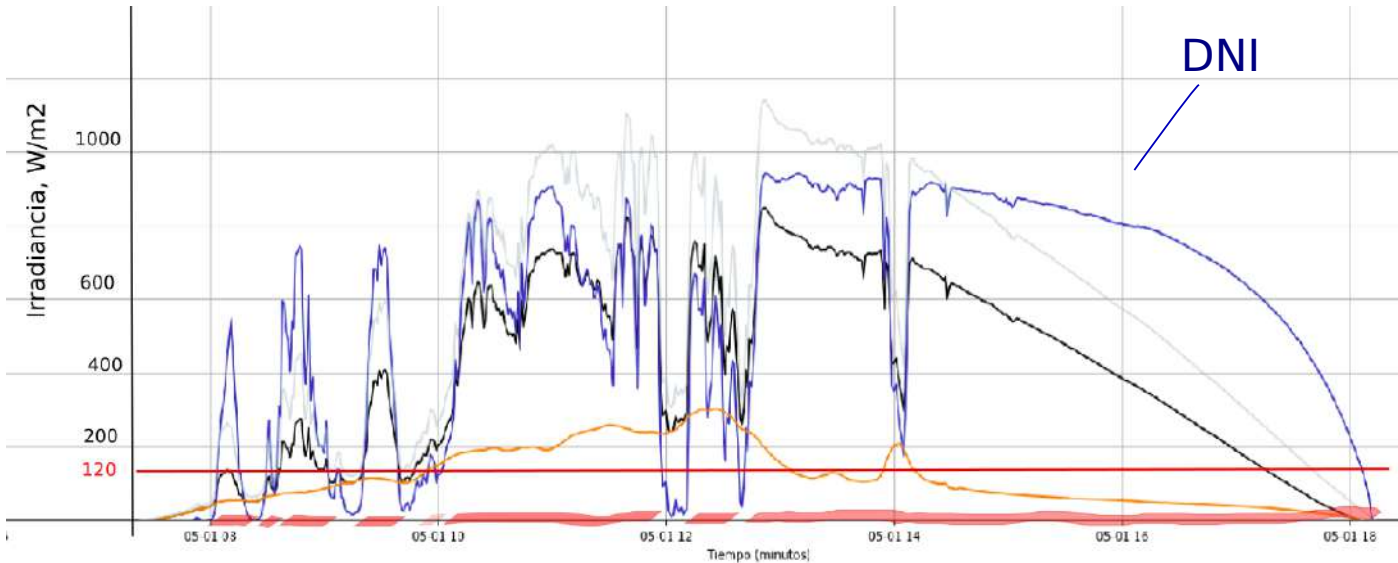
Sinónimo: horas de Sol, insolación

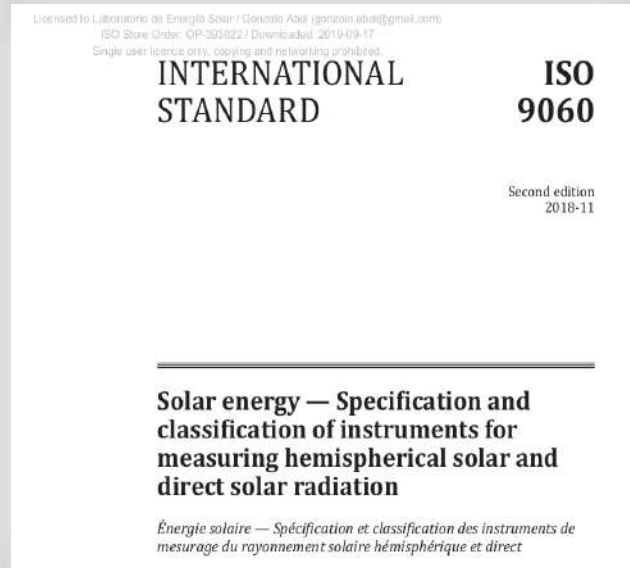
Definición (WMO, 2003):
período de tiempo diario durante
el cual la irradiancia solar directa
supera los 120 W/m^2



Heliógrafo de Campbell-Stokes:
registra heliofanía quemando
un trazo sobre una banda de
papel especial.

Registros históricos en Uruguay:
relevada a diario por INUMET (DNM)
desde hace ~50 años...
base del Mapa Solar del Uruguay v1





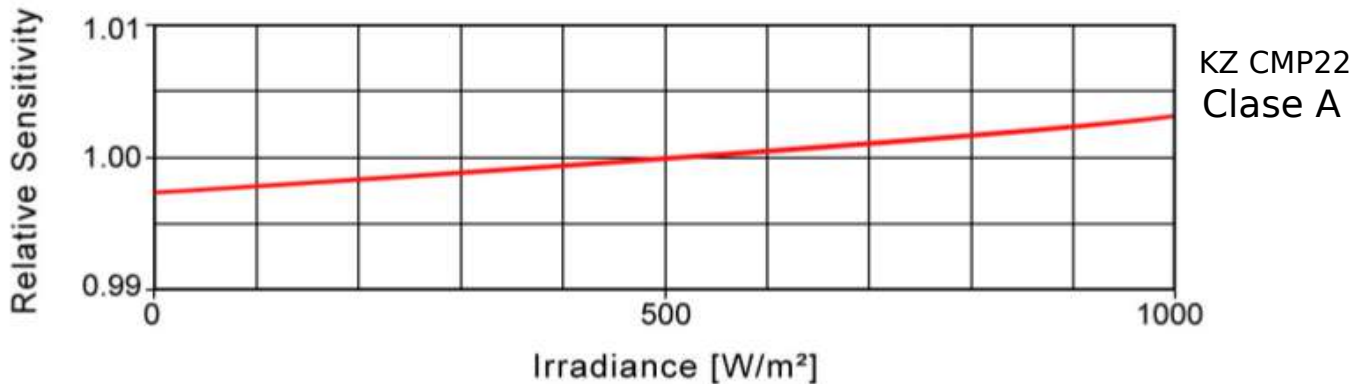
cuantifica errores sistemáticos en los instrumentos y define tres clases: A, B, C.

- A - investigación científica, medidas de calidad para proyectos, estándar secundario, ...
- B - medidas de campo, estaciones meteorológicas, medidas auxiliares en ensayos de eficiencia, etc.
- C - estaciones meteorológicas automáticas, medidas de bajo costo y bajo mantenimiento



La respuesta del instrumento no es perfectamente proporcional a la irradiancia

No linealidad. desvío % en sensibilidad entre 0 y 1000 W/m² en relación a la sensibilidad a 500 W/m²



KZ CMP22
Clase A

Tipo:

Error sistemático.

Corrección a posteriori si el instrumento está caracterizado.

Max. magnitud (ISO9060:2018)

Clase A: ± 0.5 %

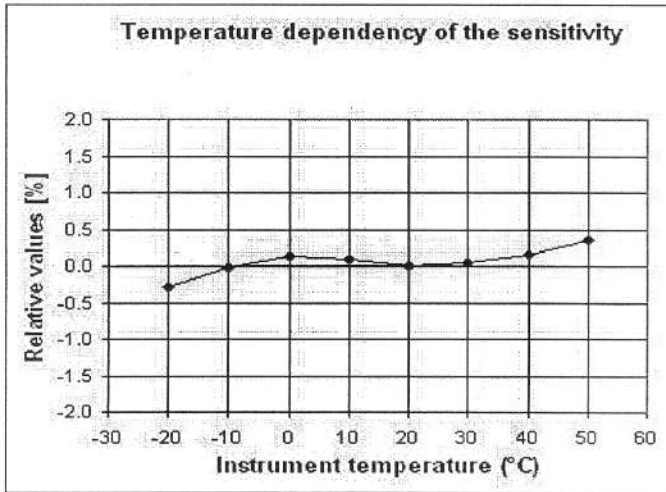
Clase B: ± 1 %

Clase C: ± 3%



La sensibilidad depende de la temperatura del instrumento.

Dependencia de la sensibilidad con la temperatura ambiente. desvío % de de la sensibilidad entre -10°C y 40°C con respecto a la sensibilidad calibrada a 20 °C



T [°C]	deviation [%]
50	0.35
40	0.15
30	0.04
20	0.00
10	0.09
0	0.13
-10	-0.03
-20	-0.28

KZ CMP22
ns 110282

estándar secundario
para Uruguay (LES)

Max. magnitud (ISO9060:2018)
Clase A: $\pm 1\%$
Clase B: $\pm 2\%$
Clase C: $\pm 4\%$

Tipo: Error sistemático. Admite corrección a posteriori

- 1) Medir la temperatura ambiente y realizar la corrección a posteriori
- o
- 2) Compensar eléctricamente para mantener el instrumento a 20 °C

Piranómetros - fuentes de error: offset

Offset: error sistemático de tipo aditivo

En la noche, un piranómetro no mide cero, sino negativo.

- **Error de offset - tipo A.** El enfriamiento por radiación a la atmósfera (más fría) del sensor del instrumento causa una pequeña señal negativa a la salida. Esto depende de las condiciones del cielo, (menor cuando esta cubierto).

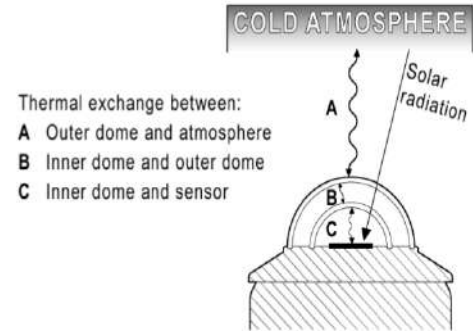
Tipo: Error sistemático, corregible en principio.
(no es sencillo, por depender del instrumento y las condiciones del cielo).

Variaciones rápidas en temperatura ambiente pueden afectar la medida.

- **Error de offset - tipo B.** Al cambiar su temperatura por factores ambientales, se generan en el instrumento gradientes de temperatura y flujos de calor residuales que afectan la medida.

Tipo: Depende de factores ambientales. Puede minimizarse con instrumentos mantenidos a temperatura controlada.

- **Error de offset - tipo C.** Error offset total, combina el A el B y el de cualquier otra fuente.



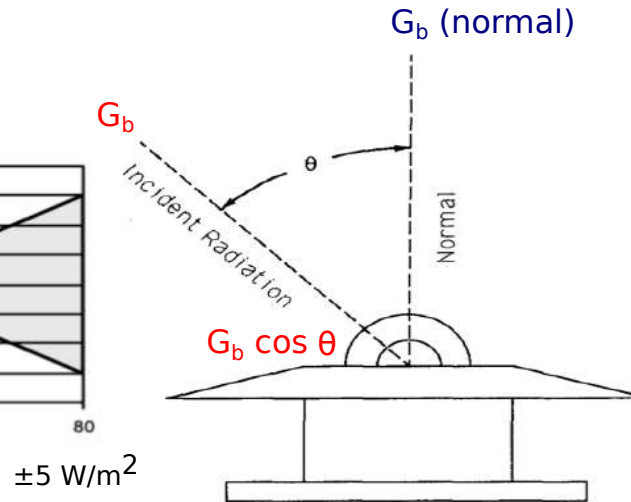
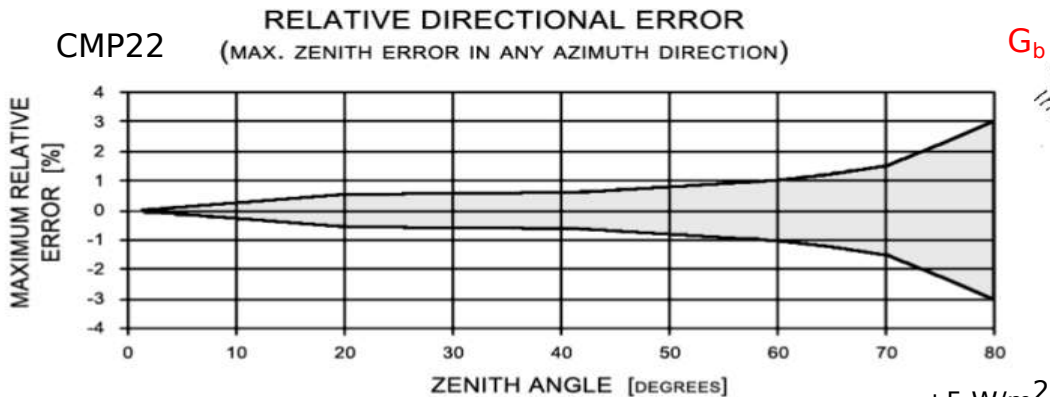
Límites establecidos por la ISO 9060:2018

Tipo	Clase	máximo	Condición
Offset A	A	$\pm 7 \text{ W/m}^2$	$G = -200 \text{ W/m}^2$
Offset A	B	$\pm 15 \text{ W/m}^2$	
Offset A	C	$\pm 30 \text{ W/m}^2$	
Offset B	A	$\pm 2 \text{ W/m}^2$	$dT_a/dt = 5 \text{ }^\circ\text{C/h}$
Offset B	B	$\pm 4 \text{ W/m}^2$	
Offset B	C	$\pm 8 \text{ W/m}^2$	
Offset C	A	$\pm 10 \text{ W/m}^2$	Total
Offset C	B	$\pm 21 \text{ W/m}^2$	
Offset C	C	$\pm 41 \text{ W/m}^2$	

Piranómetros - fuentes de error: error coseno

● Error direccional (Radiación Directa)

Apartamiento de la respuesta del instrumento de la ley del coseno. La desviación máxima de la respuesta coseno ideal del piranómetro con respecto a una irradiancia directa de 1000 W/m^2 en incidencia normal.



Tipo: Sistemático

Puede corregirse si el instrumento esta caracterizado.

Max. magnitud (ISO9060:2018)

Clase A: $\pm 10 \text{ W/m}^2$

Clase B: $\pm 20 \text{ W/m}^2$

Clase C: $\pm 30 \text{ W/m}^2$



En instrumentos expuestos a la intemperie, la sensibilidad cambia en escala de años.

No estabilidad. Cambio % en la sensibilidad del piranómetro en un año.

La no estabilidad proviene principalmente del producto $\tau\alpha$ de la cúpula y el elemento absorbedor del radiómetro. La pintura absorbente se degrada lentamente y en el caso de difusores plásticos, su transmitancia también se degrada.

En la práctica, un piranómetro de buena calidad es extremadamente estable, presentando variaciones inferiores a 5% en su sensibilidad en 20 años de exposición permanente.

Tipo: sistemático

Se controla con la calibración periódica del instrumento. Para un piranómetro se recomienda una calibración cada dos años. Para un radiómetro fotovoltaico, se recomienda calibrarlo anualmente.

Max. magnitud (ISO9060:2018)

Clase A: $\pm 0.8 \%$

Clase B: $\pm 1.5 \%$

Clase C: $\pm 3.0 \%$



Table 1 — Pyranometer classification list

Specification parameter No. (see 4.3.2)	Parameter	Name of the classes, acceptance intervals and width of the guard bands (in brackets)		
	Name of the class	A	B	C
	<i>Roughly corresponding class from ISO 9060:19901</i>	<i>Secondary standard</i>	<i>First class</i>	<i>Second class</i>
a	Response time (see also 4.3.3 on fast response pyranometers): time for 95 % response	< 10 s (1 s)	< 20 s (1 s)	< 30 s (1 s)
b	Zero off-set: a) response to $-200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ net thermal radiation b) response to $5 \text{ K}\cdot\text{h}^{-1}$ change in ambient temperature c) total zero off-set including the effects a), b) and other sources	$\pm 7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)	$\pm 15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 21 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)	$\pm 30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) $\pm 41 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)
c1	Non-stability: percentage change in responsivity per year	$\pm 0,8 \%$ ($0,25 \%$)	$\pm 1,5 \%$ ($0,25 \%$)	$\pm 3 \%$ ($0,5 \%$)
c2	Nonlinearity: percentage deviation from the responsivity at $500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ due to the change in irradiance within $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ to $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\pm 0,5 \%$ ($0,2 \%$)	$\pm 1 \%$ ($0,2 \%$)	$\pm 3 \%$ ($0,5 \%$)
c3	Directional response (for beam radiation): the range of errors caused by assuming that the normal incidence responsivity is valid for all directions when measuring from any direction (with an incidence angle of up to 90° or even from below the sensor) a beam radiation whose normal incidence irradiance is $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\pm 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)	$\pm 20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)	$\pm 30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)

Piranómetros - clasificación ISO 9060:2018

Specification parameter No. (see 4.3.2)	Parameter	Name of the classes, acceptance intervals and width of the guard bands (in brackets)		
	Name of the class	A	B	C
	<i>Roughly corresponding class from ISO 9060:1990¹</i>	<i>Secondary standard</i>	<i>First class</i>	<i>Second class</i>
c4	Clear sky global horizontal irradiance spectral error: maximum spectral error observed for a set of global horizontal irradiance clear sky spectra defined in this document (see A.7 related to the calculation of the spectral error; see 4.3.3 on spectrally flat pyranometers)	±0,5 % (0,1 %)	±1 % (0,5 %)	±5 % (1 %)
c5	Temperature response: percentage deviation due to change in ambient temperature within the interval from -10 °C to 40 °C relative to the signal at 20 °C	±1 % (0,2 %)	±2 % (0,2 %)	±4 % (0,5 %)
c6	Tilt response: percentage deviation from the responsivity at 0° tilt (horizontal) due to change in tilt from 0° to 180° at 1 000 W·m ⁻² irradiance	±0,5 % (0,2 %)	±2 % (0,5 %)	±5 % (0,5 %)
c7	Additional signal processing errors	±2 W·m ⁻² (2 W·m ⁻²)	±5 W·m ⁻² (2 W·m ⁻²)	±10 W·m ⁻² (2 W·m ⁻²)

hay una clasificación similar para pirheliómetros

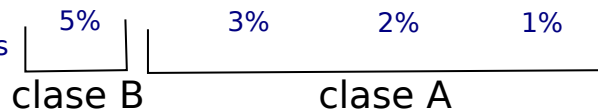


Los fabricantes informan las características de sus instrumentos.
Por ejemplo para Kipp & Zonen:

6.5 Especificaciones de funcionamiento de la serie CMP / CMA

Specification	Unit	CMP 6/ CMA 6	CMP 11 / CMA 11	CMP 21	CMP 22	Definition
Spectral range	nm	285 - 2800	285 - 2800	285 - 2800	200 - 3600	50 % response point
Sensitivity	$\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	5 to 20	7 to 14	7 to 14	7 to 14	Signal output for 1 W/m^2 irradiance
Impedance	Ω	20 to 200	10 to 100	10 to 100	10 to 100	At instrument housing connector
Response time	s	< 18	< 5	< 5	< 5	95% of final value
		< 6	< 1.7	< 1.7	< 1.7	63 % of final value
Non-linearity	%	< 1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	From 0 to 1000 W/m^2 irradiance
Temperature dependence of sensitivity	%	< 4	< 1	< 1*	< 0.5*	Variation in range - 10 °C to + 40 °C from value at + 20 °C *(- 20 °C to + 50 °C)
Tilt error	%	< 1	< 0.2	< 0.2	< 0.2	Deviation when facing downwards
Zero offset A	W/m^2	< 15	< 7	< 7	< 3	At 0 to - 200 W/m^2 of IR net radiation
Zero offset B	W/m^2	< 4	< 2	< 2	< 1	At 5 K/h temperature change rate
Operating temperature	°C	-40 to +80	-40 to +80	-40 to +80	-40 to +80	Storage temperature is the same
Field of view		180°	180°	180°	180°	Hemispherical
Directional error	W/m^2	< 20	< 10	< 10	< 5	At 80° with 1000 W/m^2 irradiance
Maximum irradiance	W/m^2	2000	4000	4000	4000	Level above which damage may occur
Non-stability	%	< 1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	Variation in sensitivity per year
Humidity	% RH	0 - 100	0 - 100	0 - 100	0 - 100	Relative Humidity
Uncertainty in daily total	%	< 5	< 2	< 2	< 1	95 % confidence level

incertidumbre P95 típica asignada (LES) a medidas de irradiación horaria





Unidad 5: Medidas de irradiancia solar

- Medidas de irradiancia de banda ancha
- Calibración de piranómetros (LES) y trazabilidad al patrón mundial
- Red de medidas continuas de radiación solar (RMCIS)
- algunas estrategias de control de calidad
- Productos: MSUv2, AMTUes, etc

Piranómetros - calibración

En Uruguay el LES calibra piranómetros y otros radiómetros bajo norma ISO 9847:1992.

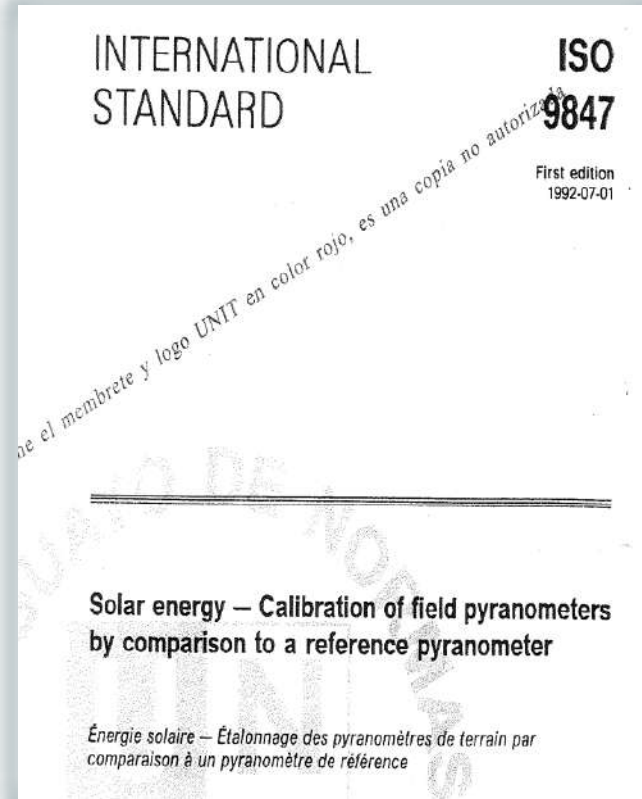
El Estándar Secundario es un piranómetro Kipp & Zonen CMP22, calibrado periódicamente en el WRR con trazabilidad a la referencia radiométrica mundial.

Se calibra **al aire libre**, seleccionando automáticamente las condiciones de cielo claro.



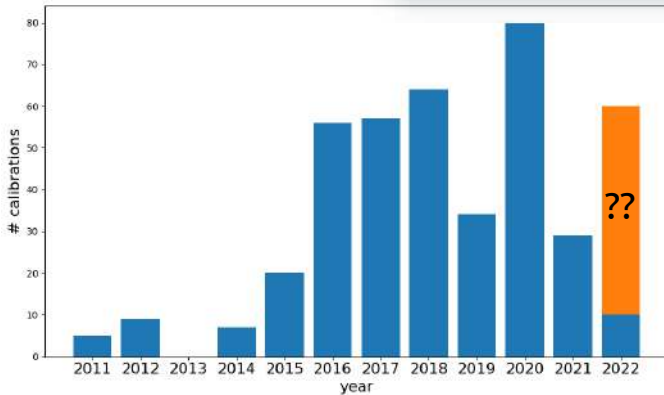
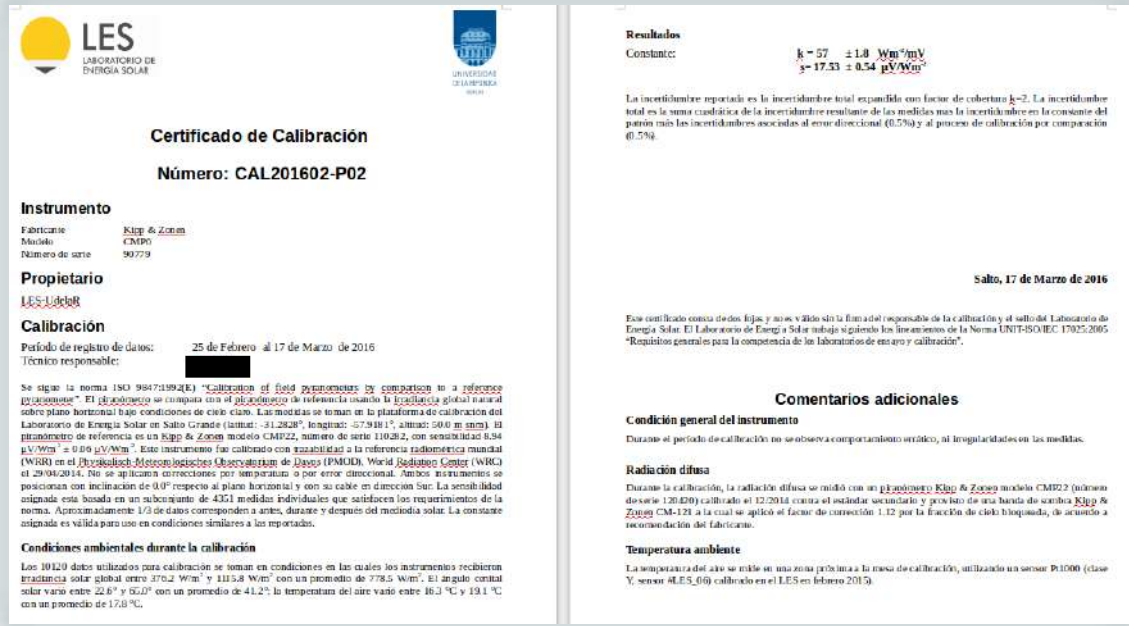
Se reporta la sensibilidad (en $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$) con su incertidumbre (factor de cobertura $k=2$) y las condiciones típicas de la calibración.

La norma actualizada (ISO 9847:2022) se encuentra en circulación desde 02/2022 esperando la última instancia de aprobación



Piranómetros - calibración en el LES

Ejemplo: certificado de calibración (instrumento clase B)



Calibraciones desde 2011.

demanda: 50 radiómetros/año

Más de 350 calibrados hasta 2022





Patrón mundial (WRR) en el PMOD-WRC (Davos, Suiza)

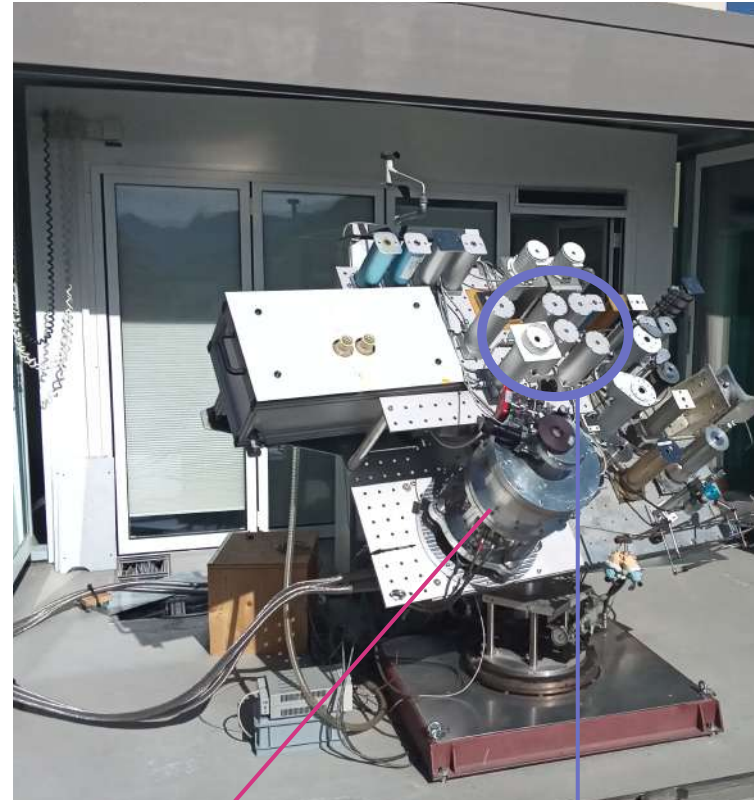
Las calibraciones periódicas son necesarias para la consistencia entre series de medidas en UY y a nivel internacional dan trazabilidad técnica a un único estándar mundial (WRR).

El WSG (World Standard Group) se compone de seis pirheliómetros de cavidad y su promedio define la Referencia Radiométrica Mundial (WRR) desde 1977 (WMO).

El WSG se usa como la referencia primaria aceptada mundialmente para la calibración de radiómetros solares en el SI (W/m^2).

La estabilidad del grupo al 0.1% se monitorea continuamente en el PMOD-WRC y en intercomparaciones internacionales cada cinco años.

La compatibilidad con el SI (W/m^2) se asegura por comparación con radiómetros criogénicos en los institutos metrologicos nacionales de Suiza (METAS), UK (NPL) y USA (NIST).



CSAR

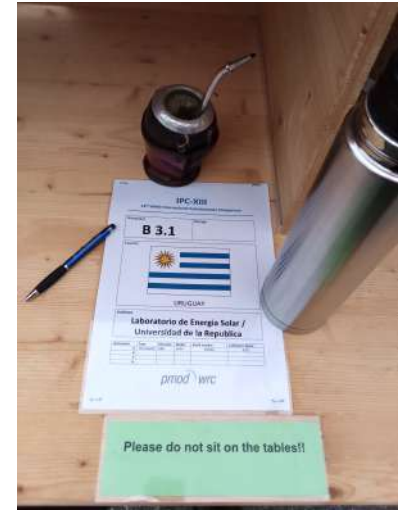
WSG





International Pirheliometer Comparison (IPC) es realizado cada 5 años en el PMOD/WRC.

IPC-XIII (octubre de 2021)
Primer participación presencial del LES



Se calibraron 3 equipos del LES:

Brand	Model	sn	Instrument	sensitivity ($\mu\text{V/Wm}^{-2}$)	P95 uncertainty ($\mu\text{V/Wm}^{-2}$)(k=2)	u(s)/s (%)	date	source	comments
K&Z	CMP22	110282	Pyranometer	8.93	0.09	1.0	12/09/11	Kipp & Zonen	in storage
				8.94	0.06	0.7	29/04/14	WRC/PMOD	secondary standard
				8.93	0.07	0.8	03/09/18	IPC (Chile)	for Uruguay (GHI)
K&Z	CHP1	150261	Pyrheliometer	8.30	0.12	1.5	06/02/15	Kipp & Zonen	in storage
				8.29	0.07	0.8	03/09/18	IPC (Chile)	secondary standard for Uruguay (DNI)
K&Z	CGR3	110460	Pyrgometer	11.83	0.66	5.6	27/10/11 (!)	Kipp & Zonen	in storage used sporadically for specific purposes

referencias del LES





Unidad 5: Medidas de irradiancia solar

- Medidas de irradiancia de banda ancha
- Calibración de piranómetros (LES) y trazabilidad al patrón mundial
- Red de medidas continuas de radiación solar (RMCIS)
- algunas estrategias de control de calidad
- Productos: MSUv2, AMTUes, etc



Se mide desde 2010 en varios puntos del territorio GHI y Temp. Ambiente.

En algunos puntos, se mide además DHI y heliofanía o DHI y DNI.

En algunos puntos se mide además GTI, irradiancia sobre un plano inclinado.

GHI: Piranómetros Clase A o B (ISO9060) en el LES cada 24 meses.

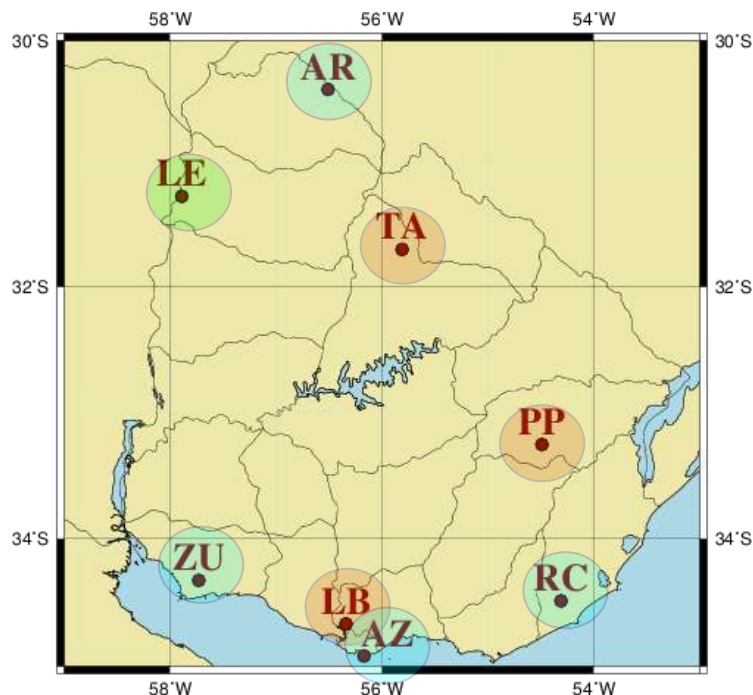
DHI: Piranómetros SPN1 (con máscara, Clase B) calibrados en el LES cada 24 meses

DNI: Pirheliómetro con seguimiento (solo en LES)

T_{AMB} : Resistencia de platino Pt1000 clase Y calibrada en LES cada 5 años.

Más detalles (metadatos): <http://les.edu.uy/rmcis/>
Acceso gráfico a los datos: Sistema de Gestión de Datos (SGD): <http://les.edu.uy/datos/sgd>

- DNI, DHI, GHI: (K&Z Class A ventilated, SOLYS2, BSRN standards (2 sites)
- GHI, DHI, HEL: (SPN1 Delta-T at 3 sites)
- GHI (K&Z Class A or B, 3 sites)





estaciones autónomas, envían datos diariamente al servidor del LES por medio de red 3G de ANTEL.

Se registra a cada minuto el promedio de 6 medidas (c/10 segs).



Tacuarembó, INIA La Magnolia
GHI CMP11
GHI redundante Licor 200
GTI Licor 200
TA (Pt1000)




Artigas (INUMET; Aeropuerto)
GHI (KZ CMP10)
GHI redundante (SPN1)
DHI (SPN1)
GTI Licor 200
TA (Pt 1000)

Mantenimiento:
diario, semanal o mensual






Sistema de gestión de datos LES/UdelaR



Estaciones disponibles



Estación del LES ubicada en la estación INUMET (Aeropuerto de Artigas).

Parámetros

Estación:

Tipo de Medida:

Escala:

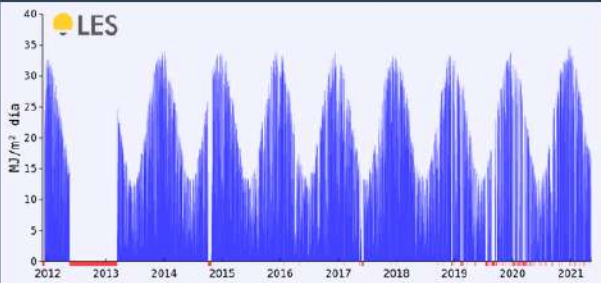
Fecha de Inicio:

Fecha de Fin:

El rango de datos es: 2011/12/1 hasta 2021/5/9

Enviar Consulta

Gráfica



Estación: AR. Tipo de Medida: GHI. Escala: D01. ■ Días sin medidas.

Tabla con los datos

año	día			índice de tiempo	control de calidad	m de in
	Juliano	mes	día			
2011	335	12	1	0	4352	1
2011	336	12	2	0	4353	1
2011	337	12	3	0	4354	1
2011	338	12	4	0	4355	1
2011	339	12	5	0	4356	1

Información

Descargar datos

<http://les.edu.uy/datos/sgd>





Fin