



**LP NET 14  
MEDIDORES DE RADIACION NETA**

El LP NET 14 es un radiómetro neto de 4 componentes para medir la radiación neta entre 0,3 μm y 45 μm.

El radiómetro neto consiste en un par de piranómetros (uno para la medición de la radiación global  $E_{sw\downarrow}$  y el otro para la radiación reflejada  $E_{sw\uparrow}$ ) y un par de pirgeómetros (uno para medir la radiación infrarroja de arriba  $E_{FIR\downarrow}$  y el otro para la radiación infrarroja de la tierra  $E_{FIR\uparrow}$ ).

El LP NET 14 tiene un sensor de temperatura (NTC). La medición de la temperatura se necesita para medir con dos pirgeómetros. En efecto, la radiación infrarroja lejana que llega midiendo la señal de salida de la termopila y del conocimiento de la temperatura del instrumento.

El radiómetro neto es adecuado para un uso externo en cualquier condición y requiere poco mantenimiento.

**2 Principio de Funcionamiento**

Los piranómetros que componen el LP NET 14 miden la radiación para longitudes de onda entre 0,3 μm y 3,0 μm, mientras que los pirgeómetros miden la radiación en el rango espectral entre 5 μm y 45 μm.

Los piranómetros se basan en un sensor de termopila. La superficie sensible de la termopila está cubierta con pintura negro mate que permite al piranómetro no ser selectivo a diferentes longitudes de onda. El rango espectral del piranómetro está determinado por la transmisión de la cúpula de vidrio de tipo K5 (Figura 1).

La energía radiante es absorbida por la superficie ennegrecida de la termopila, creando así una diferencia de temperatura entre el centro de la termopila (unión caliente) y el cuerpo del piranómetro (unión fría). La diferencia de temperatura entre la unión caliente y la unión fría se convierte en una diferencia de potencial por efecto Seebeck.

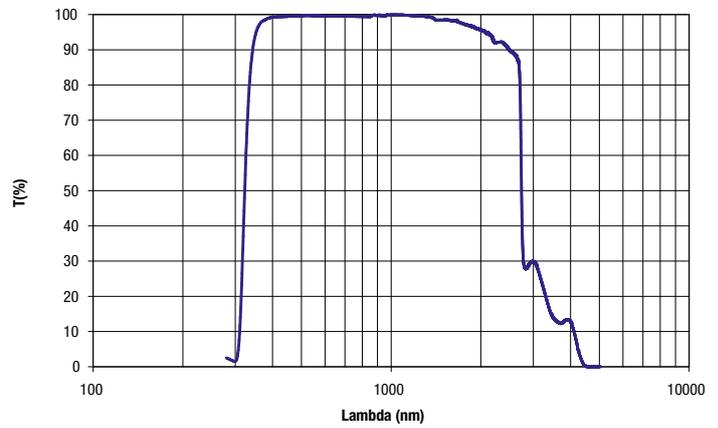


Figura 1: Respuesta espectral que se refiere al piranómetro DeltaOhm.

También los dos pirgeómetros se basan en un sensor de termopila. En este caso, para proteger la termopila, se utilizan discos de silicio. El silicio es transparente para longitudes de onda mayores que 1,1 μm, por lo tanto, en el interior de la ventana hay un filtro para bloquear la radiación de hasta 4,5- 5 μm. La superficie exterior del silicio, que es expuesta a la intemperie, se recubre con una capa resistente a los arañazos (DLC) para garantizar una resistencia y durabilidad en cualquier condición climática. El revestimiento resistente a los arañazos ofrece la ventaja de la limpieza de la superficie sin el peligro de rayar la ventana. La transmisión de la ventana de silicio en función de la longitud de onda se muestra en la Figura 2:

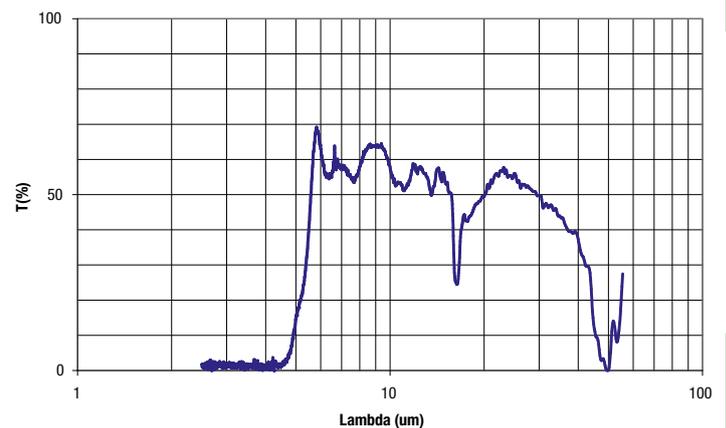


Figura 2: Transmisión de la ventana de silicio

La energía radiante es absorbida / emitida por la superficie ennegrecida de la termopila, creando así una diferencia de temperatura entre el centro de la termopila (unión caliente) y el cuerpo de pirgeómetro (unión fría). La diferencia de temperatura entre la unión caliente y la unión fría se convierte en una diferencia de potencial por efecto Seebeck.

Si la temperatura del pirgeómetro es mayor que la temperatura radiante de la porción de cielo enmarcada por el pirgeómetro, la termopila emitirá energía y la señal de salida será negativa (situación típica de cielo despejado) Viceversa, si la temperatura es más baja que la porción de cielo enmarcada, la señal será positiva (situación típica del cielo nublado).

Así que para calcular la radiación infrarroja en tierra ( $E_{FIR\downarrow}$ ), además de la señal de salida de la termopila, es necesario conocer la temperatura T del pirgeómetro como se muestra en la fórmula 1:

$$E_{FIR\downarrow} = E_{term.} + \sigma T_B^4 \quad 1$$

Donde :

$E_{term}$  = irradiancia neta (positiva o negativa) medida con la termopila [ $W m^{-2}$ ], el valor se va a calcular una vez conocida la sensibilidad del instrumento C [ $\mu V / (W m^{-2})$ ] y la señal de salida ( $U_{emf}$ ) según la fórmula:

$$E_{term.} = \frac{U_{emf}}{C} \quad 2$$

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann ( $5.6704 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$ );

$T_B$  = temperatura del pirgeómetro (K), obtenida leyendo la resistencia del NTC (10k $\Omega$ ). En el (Tabla 1) manual se indica el valor de resistencia según la temperatura para valores entre -25°C y +55°C.

El primer término de la fórmula 1 representa la radiación neta, es decir, la diferencia entre la radiación infrarroja que llega del piranómetro y la emisión del pirgeómetro, mientras que el segundo término es la radiación emitida por un objeto (se toma como sumisión  $\epsilon = 1$ ) a temperatura  $T_B$ .

### 3 Instalación y montaje del Net-Radiómetro para medir la radiación infrarroja:

Antes de instalar el net-radiómetro, se necesita cargar el compartimento inferior con dos cartuchos de sales secadas (sílice-gel). El sílice-gel tiene la función de absorber la humedad en el interior del instrumento, humedad que en particulares condiciones climáticas puede conducir a la condensación en la superficie interna de la ventana de silicio y de las cúpulas de vidrio. Durante la carga de cristales de sílice-gel se debe evitar tocarlo con las manos o mojarlo. Las operaciones a realizar en un lugar seco (si es posible) son los siguientes:

- 1- destornillar los seis tornillos que fijan el tapón inferior del net-radiómetro (Figura 3);
- 2- quitar (si están) los viejos cartuchos de sales y el marcador;
- 3- abrir el sobre que contiene los cartuchos y el marcador, cortar el marcador en correspondencia del indicador de HR 10% (asegurarse de que las dimensiones permitan acceder al compartimento puerta sales);
- 4- insertar los cartuchos en el compartimento puerta sales;
- 5- insertar el marcador para que sea fácilmente controlable sin tener que abrir el compartimento puerta sales;
- 6- atornillar los seis tornillos del tapón haciendo cuidado que la junta esté montada correctamente;
- 7- el net-radiómetro está listo para ser usado.

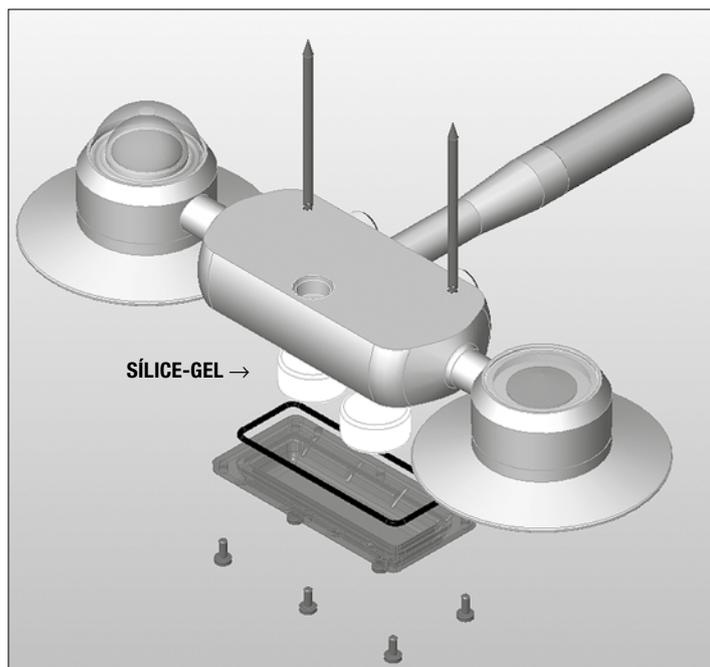


FIG. 3

- El LP NET 14 debe ser instalado en un lugar de fácil acceso para la limpieza periódica de las cúpulas y de las ventanas de silicio. Al mismo tiempo, usted debe evitar que construcciones, árboles u obstáculos de cualquier tipo superasen el plano horizontal sobre el que está el instrumento. En caso de que esto no es posible, es aconsejable elegir un lugar donde los obstáculos son inferiores a 10°.
- Se debe poner el instrumento de manera que el cable eléctrico salga del Polo NORTE, si se utiliza en el hemisferio NORTE, desde el polo SUR cuando se utiliza en el hemisferio SUR, de conformidad con la norma ISO TR9901 y las recomendaciones de WMO. En cualquier caso, es preferible respetar estas recomendaciones, incluso cuando se usa la pantalla.
- Para un montaje horizontal exacto, el LP NET 14 debe ser fijado a un mástil a través del asta de fijación. Figura 4

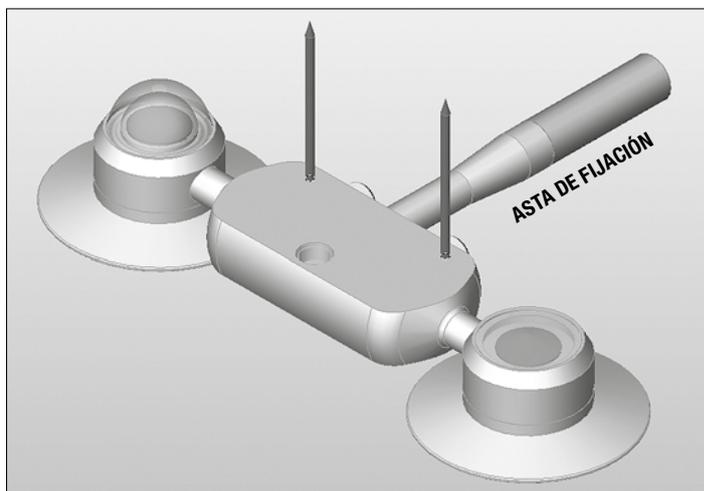
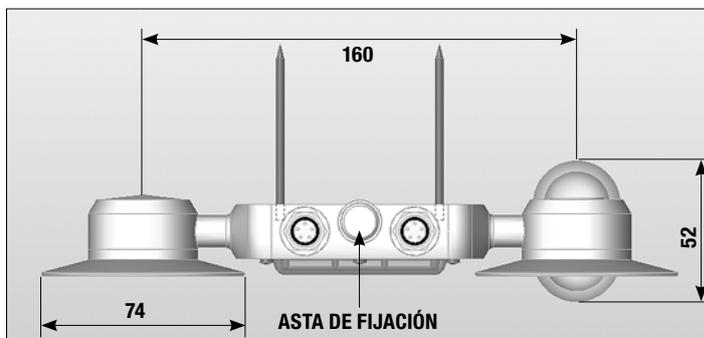


FIG. 4

### 4 Conexiones eléctricas y requisitos de la electrónica de lectura

- El net-radiómetro LP NET 14 no debe ser alimentado.
- El instrumento tiene 2 conectores M12 de 8 polos.
- Los cables opcionales, que acaban por una extremidad con el conector de 8 polos y por la otra con los alambres abiertos. El cable es en PTFE resistente a los UV. Tiene 7 alambres más la unión (pantalla). La correspondencia entre los colores del cable y los polos de los conectores es la que sigue (Figura 5):

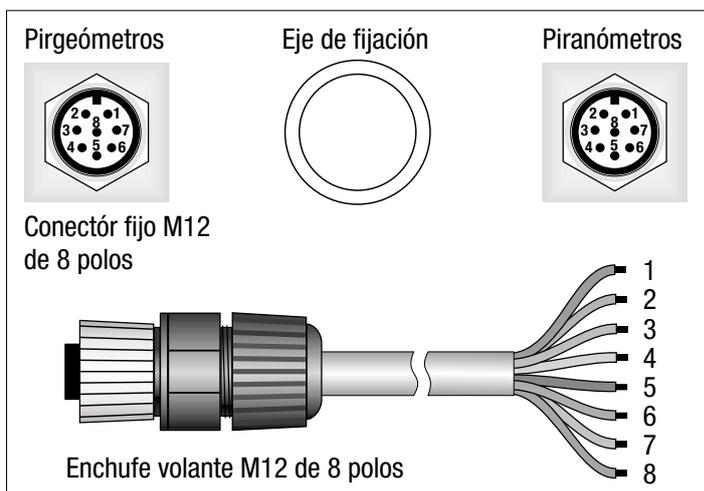


FIG. 5

Conector	Función		Color
	Pirgeómetros	Piranómetros	
1	$V_{out} (+) E_{FIR} \downarrow$	$V_{out} (+) E_{SW} \downarrow$	Rojo
2	$V_{in} (-) E_{FIR} \downarrow$	$V_{in} (-) E_{SW} \downarrow$	Azul
3	Pantalla ( $\perp$ )	Pantalla ( $\perp$ )	Pantalla
4	NO CONECTADO		
5	$V_{out} (-) E_{FIR} \uparrow$	$V_{out} (-) E_{SW} \uparrow$	Castaña
8	$V_{in} (+) E_{FIR} \uparrow$	$V_{in} (+) E_{SW} \uparrow$	Verde
6	NTC	NO CONECTADO	Blanco
7	NTC	Pantalla ( $\perp$ )	Negro

Tabla1: correspondencia pin-función

Para medir, es necesario adquirir simultáneamente las señales de las 4 termopilas y del NTC.

Para medir las señales de las termopilas, es necesario conectar los 4 canales a un milivoltímetro o a un registrador de datos. Normalmente, la señal de salida del pirgeómetro  $|U_{emf}| < 4 \text{ mV}$ . La resolución recomendada del instrumento de lectura con el fin de aprovechar al máximo la características del piranómetro, es de  $1 \mu\text{V}$ . Se debe también leer la resistencia del NTC para poder determinar la temperatura de los dos pirgeómetros.

La Figura 6 muestra las conexiones eléctricas necesarias para poder leer las señales de las 4 termopilas y del NTC.

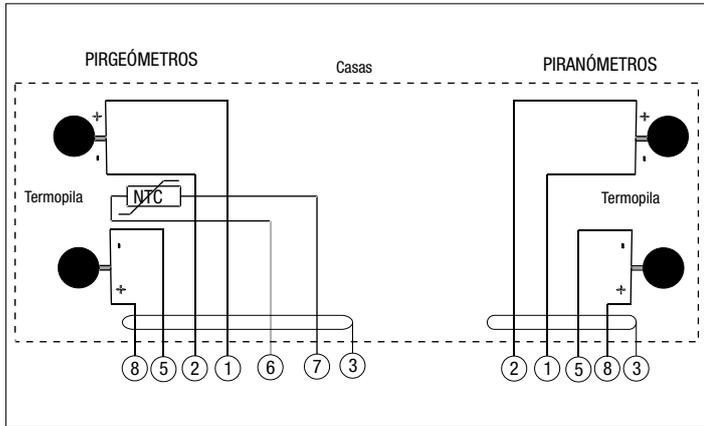


FIG. 6

### 5 Mantenimiento:

Para garantizar una alta precisión de la medición, es necesario que la ventana de silicio y las cúpulas del net-radiómetro se mantengan siempre limpias, por lo que cuanto mayor es la frecuencia de limpieza, mejor será la precisión de la medición. La limpieza puede hacerse con papeles normales para la limpieza de lentes y con agua. Si no fuese suficiente, usar alcohol etílico puro. Después de la limpieza con alcohol, es necesario limpiar la cúpula otra vez sólo con agua. Debido a los altos cambios de temperatura entre el día y la noche, es posible que dentro de los piranómetros y de los pirgeómetros (especialmente en la ventana de silicio) se forme condensación. En este caso la lectura realizada tiene

errores. Para minimizar la condensación, en el interior del instrumento hay dos cartuchos con material absorbente: sílice-gel. La eficiencia de los cristales de sílice-gel disminuye a través del tiempo con la absorción de la humedad. Por lo general, la duración de la sílice-gel varía de 4 a 12 meses, dependiendo de las condiciones ambientales en que opera el instrumento. Para poder fácilmente evaluar el estado de eficiencia de los sales, dentro de cada recarga hay un marcador a poner abajo del compartó puerta sales para que se lo pueda ver. Cuando indica humedad, es necesario remplazar los sales.

Granizada de especial intensidad podría dañar la ventana de silicio, entonces se recomienda después de una intensa tormenta con granizo, comprobar el estado de la ventana.

### 6 Calibración y realización de las medidas

Cada piranómetro y pirgeómetro que compone el instrumento está calibrado singularmente.

El factor de calibración  $S$  es expresado en  $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$ .

• Medida la diferencia de potencial (DDP) a las extremidades de la sonda, la irradiancia  $E_g$  se obtiene por la fórmula siguiente:

$$E_g = \text{DDP}/S$$

Donde,;

$E_g$ : es la irradiancia expresada en  $\text{W}/\text{m}^2$ ,

DDP: es la diferencia de potencial expresada en  $\mu\text{V}$  medida por multímetro;

$S$ : es el factor de calibración indicado en la etiqueta de cada piranómetro (y en el informe de calibración) en  $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ .

Cada piranómetro está calibrado individualmente en fábrica y está marcado por su factor de calibración.

La medida con dos pirgeómetros debe ser realizada como sigue.

De la medida de resistencia  $R_{\text{NTC}}$  [ohm] del NTC, se puede detectar la temperatura del pirgeómetro ( $T_p$ ) utilizando la fórmula 3:

$$\frac{1}{T_p} = a + b \cdot \log(R_{\text{NTC}}) + c \cdot (R_{\text{NTC}})^3 \quad 3$$

Donde:

$a = 10297.2 \times 10^{-7}$ ;

$b = 2390.6 \times 10^{-7}$ ;

$c = 1.5677 \times 10^{-7}$ .

La temperatura está expresada en grados Kelvin.

NOTA: En la tabla 2 se muestran los valores entre  $-25^\circ\text{C}$  y  $+58^\circ\text{C}$ , para obtener el valor en grados Kelvin se debe usar la conversión oportuna.



T [C]°	R <sub>-NTC</sub> [Ω]	T [C]°	R <sub>-NTC</sub> [Ω]	T [C]°	R <sub>-NTC</sub> [Ω]
-25	103700	3	25740	31	7880
-24	98240	4	24590	32	7579
-23	93110	5	23500	33	7291
-22	88280	6	22470	34	7016
-21	83730	7	21480	35	6752
-20	79440	8	20550	36	6499
-19	75390	9	19660	37	6258
-18	71580	10	18810	38	6026
-17	67970	11	18000	39	5804
-16	64570	12	17240	40	5592
-15	61360	13	16500	41	5388
-14	58320	14	15810	42	5193
-13	55450	15	15150	43	5006
-12	52740	16	14520	44	4827
-11	50180	17	13910	45	4655
-10	47750	18	13340	46	4489
-9	45460	19	12790	47	4331
-8	43290	20	12270	48	4179
-7	41230	21	11770	49	4033
-6	39290	22	11300	50	3893
-5	37440	23	10850	51	3758
-4	35690	24	10410	52	3629
-3	34040	25	10000	53	3505
-2	32470	26	9605	54	3386
-1	30980	27	9228	55	3386
0	29560	28	8868	56	3271
1	28220	29	8524	57	3161
2	26950	30	8195	58	3055

Tabla 2: valores de resistencia del NTC según la temperatura

Una vez conocida la temperatura en grados Kelvin (=Temperatura en °C + 273.15) del pirgeómetro y la señal de salida de la termopila  $U_{emf}$  [ $\mu V$ ], la irradiancia  $E_{FIR \downarrow}$  [ $W/m^2$ ] se consigue con la fórmula 4:

$$E_{FIR \downarrow} = \frac{U_{emf}}{C} + \sigma \cdot T_B^4 \quad 4$$

Donde:

**C** = factor de calibración [ $\mu V / (W/m^2)$ ] del pirgeómetro mostrado en el informe de calibración;

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann ( $5.6704 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$ ).

Cada pirgeómetro se calibra individualmente en fábrica y se distingue por su factor de calibración.

La calibración del pirgeómetro se realiza al aire libre, para la comparación con

un pirgeómetro muestra calibrado por el Word Radiation Center (WRC). Los dos instrumentos se llevan al aire libre por unos días y noches en la presencia de cielo despejado. Los datos adquiridos por un registrador de datos se procesan para obtener el factor de calibración.

Para aprovechar al máximo de las características de la sonda LP NET 14, se recomienda ejecutar una verificación de la calibración cada uno, dos años (la elección del intervalo de calibración depende de la precisión que se quiere obtener, la presencia de polución, etc.).

## 7 Características técnicas

### PIRANÓMETROS

Piranómetro de Segunda Clase según ISO 9060

Sensibilidad típica:	10 $\mu V/(W/m^2)$
Impedancia:	33 $\Omega \pm 45 \Omega$
Campo de medida:	0-2000 $W/m^2$
Campo de vista:	2 $\pi$ sr
Campo espectral:	305 nm $\pm$ 2800 nm (50%)
(trasmisión de la cúpula)	335 nm $\pm$ 2200 nm (95%)
Temperatura de trabajo:	-40 °C $\pm$ 80 °C

### PIRGEÓMETROS

Sensibilidad típica:	5-10 $\mu V/(W/m^2)$
Impedancia:	33 $\Omega \pm 45 \Omega$
Campo de medida:	-300+300 $W/m^2$
Campo de vista:	160°
Campo espectral:	5.5 $\mu m \pm 45 \mu m$ (50%)
(trasmisión de la ventana de silicio)	
Temperatura de trabajo:	-40 °C $\pm$ 80 °C

## CÓDIGOS DE PEDIDO

**LP NET 14:** Net-radiómetro completo de:

asta  $\phi=16$  mm larga 400 mm, 2 protecciones contra los volátiles, 2 recargas de material secado (compuestas por 2 cartuchos da 2 de sílice gel más un marcador), nivel para la puesta en llano, 2 enchufes volantes M12 de 8 poles e Informe de Calibración.

## ACCESSORI

**LPG2:** 2 recargas compuestas por 2 cartuchos de sílice gel

**CPM12AA8.5:** Cable con conector M12 de 8 pole de 5 metros

**CPM12AA8.10:** Cable con conector M12 de 8 pole de 10 metros

