

LP PIRG 01

1 Introducción

El pirgeómetro LP PIRG 01 se utiliza para la medición de la radiación infrarroja lejana (FIR). Su uso es principalmente en la meteorología. Las mediciones se refieren a la radiación con una longitud de onda mayor que 4,5 μm .

La radiación infrarroja lejana se deriva de la medición de la señal de salida de la termopila y del conocimiento de la temperatura del instrumento. La medición de temperatura se realiza por medio de un NTC de 10k Ω insertado en el cuerpo de pirgeómetro.

El pirgeómetro también se puede utilizar para los estudios de equilibrio de energía. En este caso, además de otro pirgeómetro que mide la radiación infrarroja hacia arriba, se necesita un albedómetro (LP PYRA 05 o LP PYRA 06) para la medición de la irradiación a longitudes de onda cortas (<3 μm) .

2 Principio de operación

El pirgeómetro LP PIRG 01 se basa en un sensor de termopila cuya superficie se cubre con pintura de color negro que permite que el instrumento no es selectivo en longitudes de onda diferentes. El sensor está cubierto con una ventana de silicio que tiene dos objetivos básicos:

- 1- proteger la termopila de la intemperie;
- 2- determinar el rango espectral del instrumento: el silicio es transparente a longitudes de onda mayores que 1.1 μm por lo tanto en el interior de la ventana se deposita un filtro para bloquear la radiación hasta 4.5-5.5 μm . La superficie exterior del silicio, que está expuesta a los agentes atmosféricos, se recubre con un recubrimiento resistente a los arañazos (DLC) para asegurar una resistencia y durabilidad en todas las condiciones meteorológicas. El recubrimiento anti-arañazos ofrece la ventaja de ser capaz de limpiar 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 el gráfico 1:

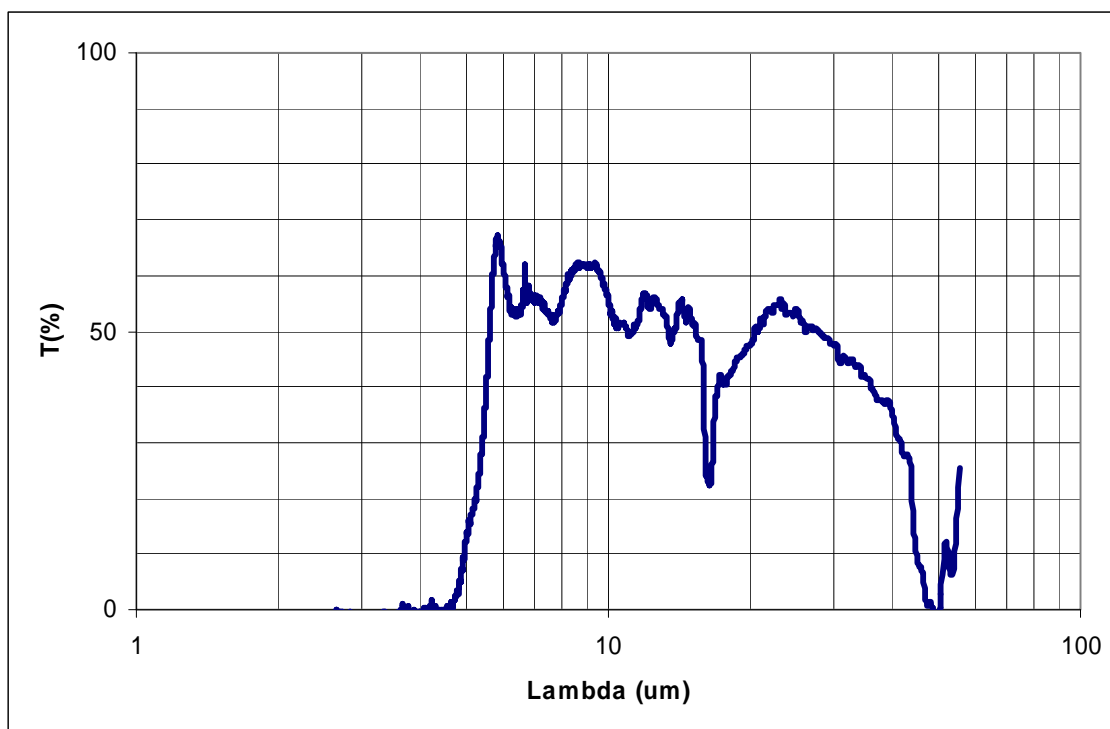


Gráfico 1: Transmisión de la ventana de silicio.

La energía radiante es absorbida / irradiada desde la superficie negrecida de la termopila, creando una diferencia de temperatura entre el centro de la termopila (junta caliente) y el cuerpo del pirgeómetro (unión fría). La diferencia de temperatura entre la junta caliente y fría se convierte en una diferencia de potencial a través del efecto Seebeck.

Si la temperatura del pirgeómetro es mayor que la temperatura radiante de la parte 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 del pirgeómetro es menor que la de la porción de cielo enmarcada, la señal será positiva (situación típica de cielo nublado).

Así que para el cálculo de la irradiación infrarroja en el suelo ($E_{FIR} \downarrow$), 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} = radiación neta (positiva o negativa), medida con la termopila [$W m^{-2}$], el valor se calcula por la sensibilidad del instrumento (C) [$\mu V / (W m^{-2})$] y la señal de salida (U_{emf}) por la fórmula 2 ;

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

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

T_B = temperatura del pirgeómetro (K), obtenida a partir de la lectura de la resistencia del NTC ($10\text{k}\Omega$). En (Tabla 1) manual se muestra el valor de la resistencia en función de la temperatura para un valor de entre -25°C y $+55^\circ\text{C}$.

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

3 Instalación y montaje del pirgeómetro para medir la radiación infrarroja

Antes de instalar el pirgeómetro, volver a llenar el cartucho que contiene los cristales de gel de sílice. El gel de sílice debe absorber la humedad dentro del instrumento. Esta humedad, en ciertas condiciones climáticas, puede conducir a la formación de condensación en la superficie interior de la ventana de silicio. Durante la carga de los cristales de gel de sílice, se debe evitar que se mojen ni se deben tocarlos con las manos.

Las operaciones a realizar en un lugar seco (cuando sea posible) son:

- 1- destornillar los tres tornillos que sujetan la pantalla blanca
- 2- destornillar la tapa del cartucho de gel de sílice con una moneda
- 3- quitar la tapa perforada del cartucho
- 4- abrir el sobre (suministrado con el pirgeómetro) que contiene el gel de sílice
- 5- llenar el cartucho con los cristales de gel de sílice
- 6- cerrar el cartucho con su propia tapa, asegurándose de que la junta tórica está colocada correctamente
- 7- enroscar el cartucho al cuerpo del pirgeómetro con una moneda
- 8- comprobar que el cartucho se atornilla con fuerza (de lo contrario la duración de los cristales de gel de sílice se reduce)
- 9- colocar la pantalla y fijarla con los tornillos
- 10- el pirgeómetro está listo para ser utilizado

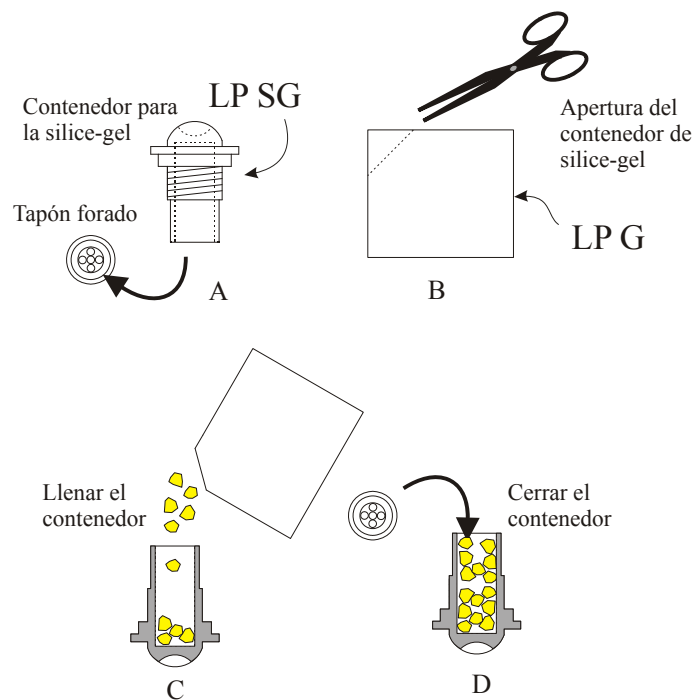


Fig. 1

La Figura 1 muestra las operaciones necesarias para llenar el cartucho con los cristales de gel de sílice.

- El LP PIRG 01 se debe instalar en un lugar de fácil acceso para la limpieza periódica de la ventana de silicio. Al mismo tiempo, se deben evitar edificios, árboles u obstáculos de cualquier tipo que excedan el plano horizontal sobre el que se encuentra el pirgeómetro. En caso de que esto no sea posible, se recomienda elegir una ubicación donde los obstáculos son menores de 10° .
- La posición usual es posicionar el instrumento de modo que el cable de alimentación salga del lado del Polo Norte, si usted lo usa en el hemisferio norte, desde el polo Sur, si usted lo usa en el hemisferio sur de acuerdo con la norma ISO TR9901 y las recomendaciones de WMO. En cualquier caso, es mejor seguir esta recomendación, incluso cuando se utiliza la pantalla.
- Para un posicionamiento horizontal exacto, el pirgeómetro LP PIRG 01 tiene un nivel; el ajuste se realiza por medio de los dos tornillos con tuerca de grabación que le permiten variar el ángulo de inclinación del pirgeómetro. La fijación sobre un plano se puede realizar utilizando los dos agujeros de 6 mm de diámetro y el espaciamiento de 65 mm. Para acceder a los agujeros y extraer la pantalla y volver a colocarlo después del montaje, ver la Figura 2.
- El soporte LP S1 (Figura 3), suministrado, si pedido, como accesorio, permite un fácil montaje del pirgeómetro en un mástil. El diámetro máximo del poste al que se puede fijar el soporte es de 50 mm. Para fijar el pirgeómetro al soporte, quitar la pantalla, desatornillando los tres tornillos, fijar el pirgeómetro y después de la instalación, volver a a colocar la pantalla blanca.

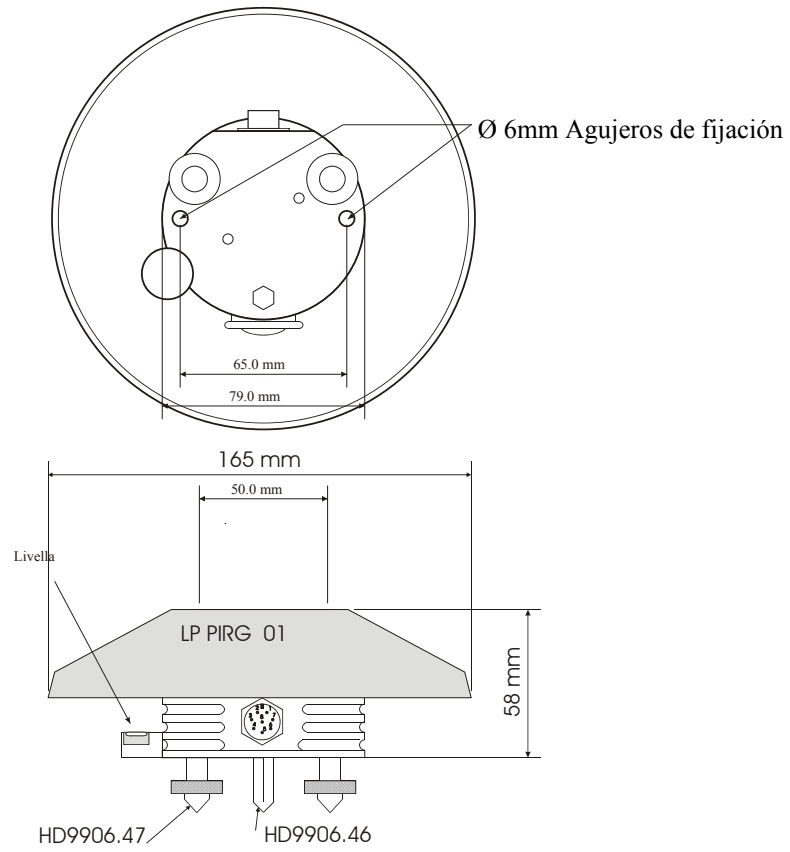


Figura 2

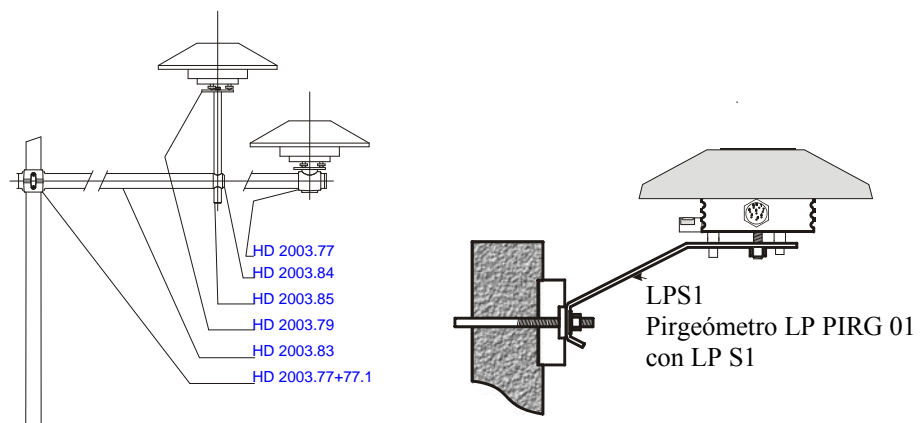


Figura 3

4 Conexiones eléctricas y requisitos para la electrónica de lectura electrónica

- El pirgeómetro LP PIRG 01 no necesita ninguna fuente de alimentación.
- El instrumento tiene un conector de salida M12 de 8 polos.
- El cable opcional está terminado en un extremo con el conector de PTFE, resistente a los UV y tiene 7 alambres más el escudo (pantalla); la correspondencia entre los colores de los cables y los polos del conector es como sigue (Figura 4):

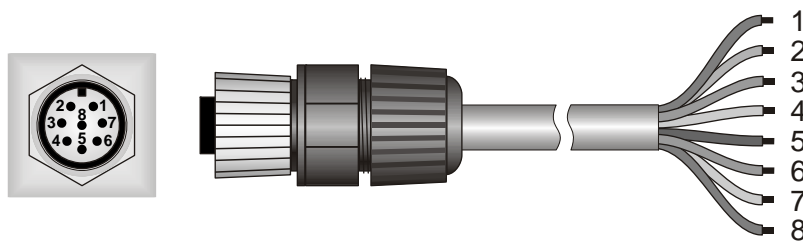


Figura 4

Conector	Función	Color
1	$V_{out} (+)$	Rojo
2	$V_{in} (-)$	Azul
3	Contenedor	Blanco
4	NTC	Verde
8		Negro
5	Pantalla (\oplus)	Marrón
6		
7	NO conectados	

Figura 4: correspondencia pin-función

Para medir la señal en salida de la termopila (extremos 1-2), el pirgeómetro se debe conectar a un milivoltímetro o a un sistema de adquisición de datos. Típicamente la señal de salida del pirgeómetro es $|U_{emf}| < 4$ mV. La resolución del instrumento de lectura recomendada, con el fin de aprovechar al máximo las características del piranómetro, es $1\mu V$

Además, se debe leer la resistencia del NTC para determinar la temperatura del pirgeómetro.

La Figura 5 muestra las conexiones eléctricas dentro del pirgeómetro.

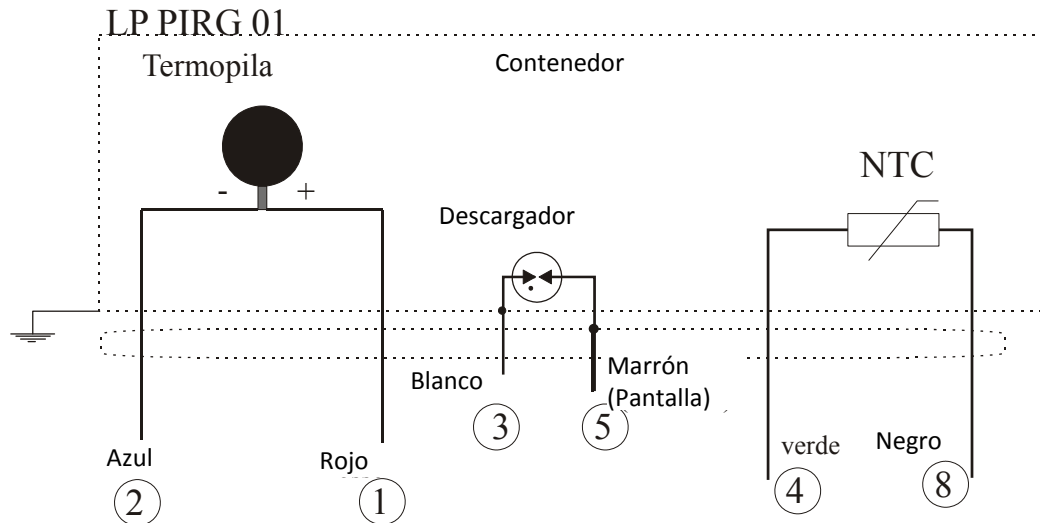


Figura 5

La Figura 6 muestra un típico ejemplo de conexión:

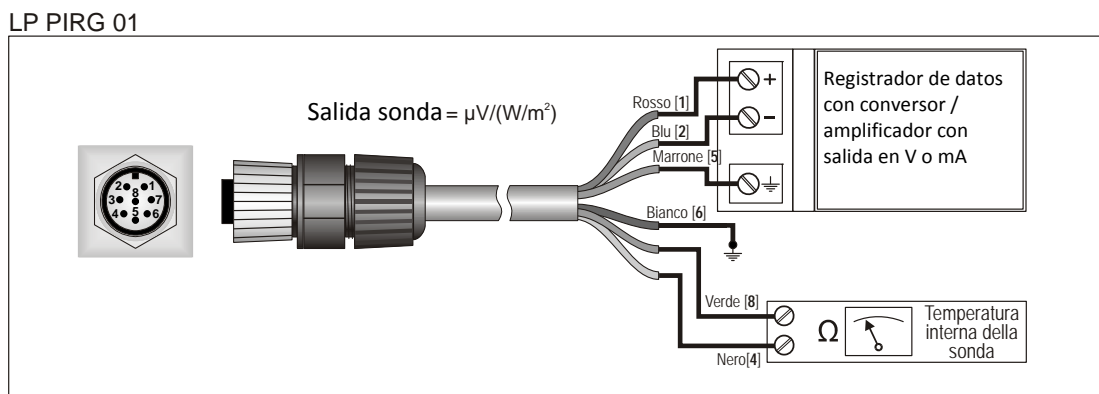


Figura 6: ejemplo de conexión del pirgeómetro

5 Mantenimiento

A fin de garantizar una alta precisión de las mediciones, es necesario que la ventana de silicio se mantiene siempre limpia, por lo que más alta es la frecuencia de limpieza, mejor será la precisión de las mediciones. La limpieza puede realizarse con papeles normales para la limpieza de lentes y agua, si no es necesario el uso de alcohol etílico puro. Después de la limpieza con alcohol, es necesario limpiar la ventana de nuevo de silicio con agua solamente.

Debido a los cambios de alta temperatura entre el día y la noche, es posible que en el interior del pirgeómetro (en particular, en la ventana de silicio) se produce condensación; en este caso, la lectura que se realiza es incorrecta. Para minimizar la

formación de condensación, dentro del pirgeómetro está provisto un cartucho con material absorbente: gel de sílice. La eficiencia de los cristales de gel de sílice disminuye con el tiempo, con la absorción de la humedad. Cuando los cristales de gel de sílice son de color **amarillo** son eficaces, mientras que, cuando, poco a poco, pierden su eficiencia el color cambia a **transparente**. Para reemplazarlos, consultar las instrucciones en el apartado **3**. Típicamente, la duración del gel de sílice varía de 2 a 6 meses dependiendo de las condiciones ambientales en las que opera el instrumento. Lluvia con granizo de especial intensidad / tamaño puede dañar la ventana de silicio, por lo que se recomienda después de un fenómeno de tormentas intensas con granizo comprobar el estado de la ventana.

6 Calibración y mediciones

De la medición de la resistencia R_{NTC} [ohm] del NTC, se puede obtener la temperatura del pirgeómetro (T_b) usando la fórmula 3:

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

Donde:

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

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

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

La temperatura se expresa en grados Kelvin.

NOTA: La tabla 1 muestra los valores entre -25°C y $+58^{\circ}\text{C}$, para obtener el valor en grados Kelvin. Es necesario sumar 273.15 al valor leído en grados Celsius.

T [C]°	R_NTC [Ω]	T [C]°	R_NTC [Ω]	T [C]°	R_NTC [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 1: valores de resistencia del NTC según la temperatura

Una vez conocida la temperatura en grados Kelvin del pirgeómetro y la señal de salida de la termopila U_{emf} [μV], la irradiancia $E_{FIR\downarrow}$ [W/m^2] se consigue con la fórmula 1:

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

Donde:

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

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

Cada pirgeómetro se calibra individualmente en fábrica y tiene su propio factor de calibración.

La calibración del pirgeómetro se realiza en externa, por comparación con un pirgeómetro muestra calibrado en la World Radiation Center (WRC).

Los dos instrumentos se tienen al aire libre durante al menos una noche en presencia de cielo claro. Los datos adquiridos con un registrador de datos se procesan entonces para obtener el factor de calibración.

Para aprovechar todas las características del LP PIRG 01, es recomendable comprobar su calibración después de cada uno o dos años (la selección del intervalo de calibración depende de la precisión que se logra y el lugar de instalación).

7 Características técnicas

Sensibilidad típica:	5 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impedancia:	33 $\Omega \div 45 \Omega$
Rango de medición:	-300;+300 W/m^2
Rango de visión:	160°
Rango espectral: (transmisión de la ventana de silicio)	5.5 $\mu\text{m} \div 45 \mu\text{m}$ (50%)
Temperatura de trabajo:	-40 °C \div 80 °C
Dimensiones:	Figura 1
Peso:	0.90 Kg

Características técnicas según ISO 9060

Tiempo de respuesta: (95%)	<28 seg.
Off-set de cero (tipo B): respuesta a la variación de la temperatura ambiente de 5K/h:	< ±4 W/m ²
Inestabilidad a largo plazo: (1 año)	< ±1.5 %
No linealidad:	< ±1 %
Selectividad espectral:	< ±5 %
Respuesta según la: temperatura	<3 %
Respuesta según el Tilt:	< ±2 %

8 Códigos para realizar el pedido

Códigos para realizar el pedido

LP PIRG 01	Pirgeómetro. Completo con: protección, cartucho para los cristales de gel de sílice, 2 recargas, nivel para nivelar, enchufe M12 de 8 polos e informe de calibración.
LP S1	Kit que se compone por soporte para la fijación del pirgeómetro LP PIRG 01 a un poste de 50 mm de diámetro
LP SP1	Pantalla de protección de plástico, resistente a los UV. LURAN S777K fabricado por BASF
LP SG	Cartucho para contener los cristales de gel de sílice con junta tórica y tapa
HD2003.77	Brújula para el posicionamiento del pirgeómetro en tubo de ϕ 40mm
HD2003.85K	Kit de fijación, con altura ajustable, pirgeómetro en poste ϕ 40mm (HD2003.84 – HD2003.85 – HD2003.79)
LP G	Paquete de 5 recargas de cristales gel de sílice.