

LP PYRHE 16

1 Introducción

El pirheliómetro LP PYRHE 16 (pirheliómetro de primera clase según la clasificación de la norma ISO 9060) mide la radiación solar directa (Watt/m^2). La superficie de recepción debe ser colocada (a través de un sistema de seguimiento solar o de otra manera) perpendicular a los rayos del sol. Mediante el uso de diafragmas adecuados sólo la luz directa llega a la superficie del sensor. De conformidad con las directrices de la WMO (Séptima edición de 2008) y de la norma ISO 9060, el pirheliómetro tiene un campo de visión de 5° .

El pirheliómetro se produce en tres versiones:

LP PYRHE 16	PASIVO
LP PYRHE 16 AC	ACTIVO con salida en CORRIENTE 4..20 mA
LP PYRHE 16 AV	ACTIVO con salida en TENSIÓN 0..1V o 0..5V o 0..10 V que se determinará en el momento del pedido

2 Principio di Funcionamiento

El pirheliómetro LP PYRHE 16 se basa en un nuevo sensor pasivo de termopila. El área sensible de la termopila está cubierto con pintura negra que permite que el instrumento no sea selectivo en diferentes longitudes de onda. El rango espectral del pirheliómetro se determina mediante la transmisión de la ventana de cuarzo que tiene el deber de proteger el sensor contra el polvo y el agua. Un cuarzo especial permite una medición no selectiva de 250nm-4000nm.

El sensor usado permite tener un tiempo de respuesta inferior a los requisitos de la norma ISO9060 para la clasificación de los pirheliómetro de primera clase (el tiempo de respuesta es inferior a 9 segundos mientras que la norma requiere un tiempo de respuesta de menos de 20 segundos).

La energía radiante es absorbida por la superficie ennegrecida de la termopila, creando así una diferencia de temperatura entre la unión caliente y el cuerpo del pirheliómetro que, en este caso, sirve como unión fría. La diferencia de temperatura entre la unión caliente y la fría está convertida en una Diferencia de Potencial, gracias al efecto Seebeck.

Para reducir al mínimo las variaciones de sensibilidad en función de la temperatura y ajustarse a las especificaciones requeridas de un pirheliómetro secundario, el LP PYRHE 16 está equipado con un circuito pasivo de compensación. El gráfico 1 muestra la variación típica de la sensibilidad a diferentes temperaturas.

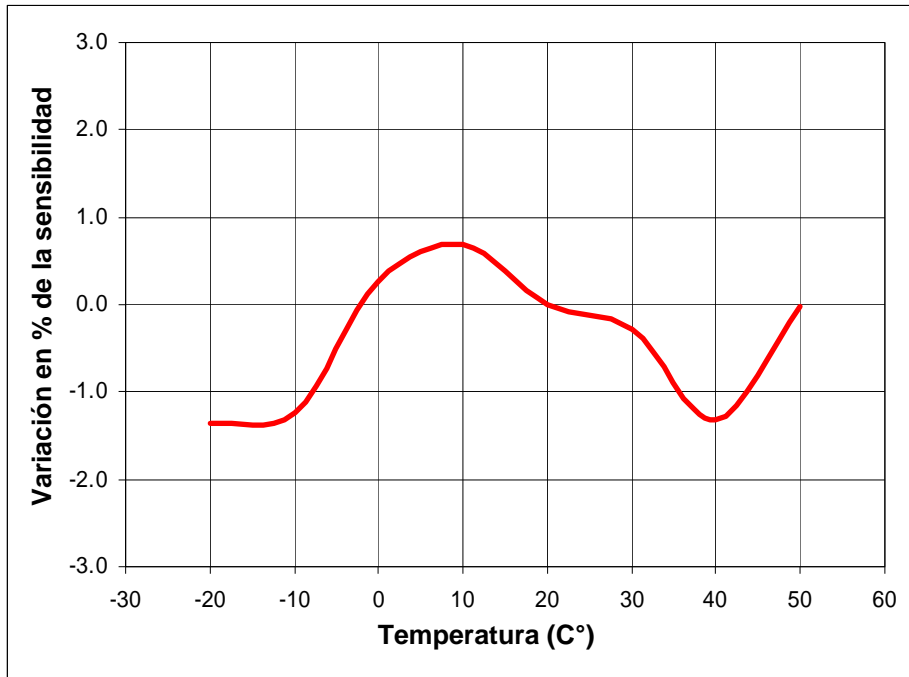


Gráfico 1: Variación en % de la sensibilidad del pirheliómetro LP PYRHE 16 con respecto a la sensibilidad a 20°C en el rango de temperatura entre -20°C y 50°C.

Las desviaciones se calculan a partir de la sensibilidad medida a 20°C. El LP PYRHE 16 es un instrumento sellado para evitar la condensación en el instrumento que se podría formar en la ventana de cuarzo, invalidando así las mediciones realizadas. Por esta razón, hay un cartucho de sales de gel de sílice que seca el aire en el interior del instrumento.

El rango de visión angular de acuerdo a las disposiciones de la WMO es de 5° y el *slope angle* es de 1° (figura 1).

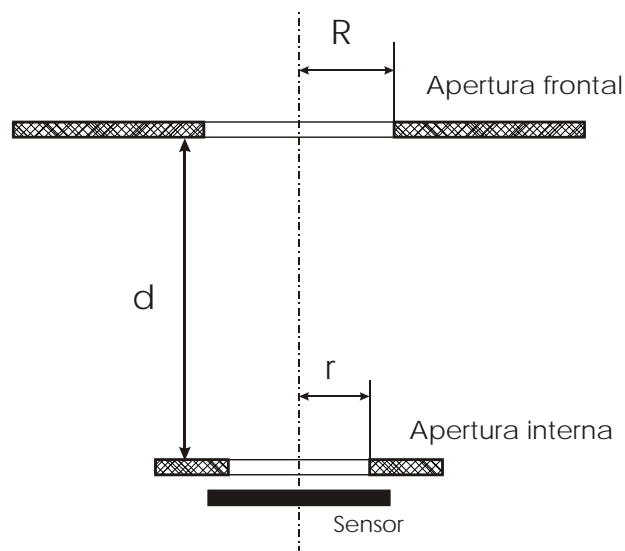


Fig.1: Rango de visión = $2 * \arctan (R/d)$
 Slope angle = $\arctan ([R-r]/d)$

Con el fin de minimizar la contribución de la luz difusa a la lectura del pirheliómetro, se puede insertar el paraluz.

Para las mediciones espectrales de la radiación solar directa, útiles para determinar el grueso óptico en la atmósfera, es posible dotar al pirheliómetro LP PYRHE 16 con el conjunto que incluye un paraluz específico (que permite el montaje de la rueda portafiltros) y una rueda giratoria del portafiltros. La rueda portafiltros tiene los filtros siguientes:

Tipo Filtro	Longitudes de onda de corte [nm]		Coeficiente de transmisión promedio
	Lambda cortas	Lambda largas	
OG 530	526	2900	0.92
RG 630	630	2900	0.92
RG 695	695	2900	0.92

Se puede pedir por separado como accesorio.

El tamaño del pirheliómetro se muestra en la figura 2:

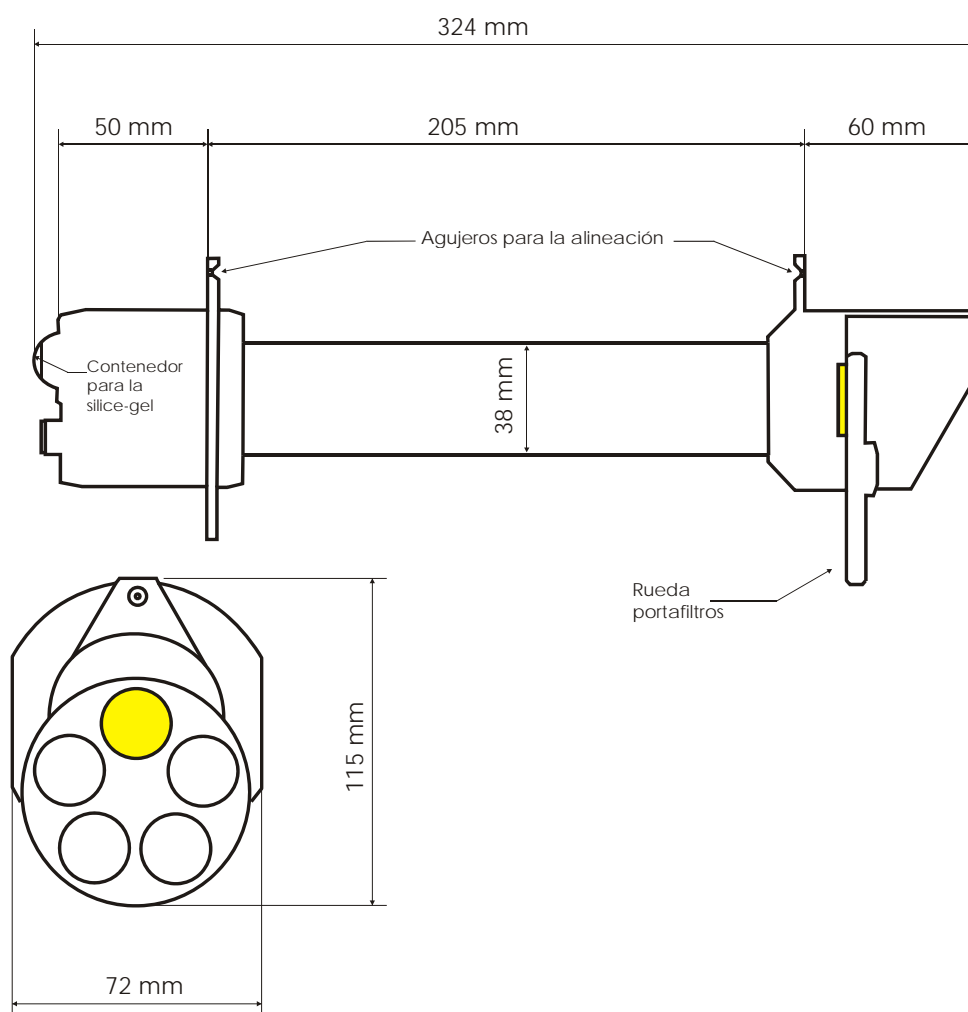


Fig. 2

3 Instalación y configuración del pirheliómetro para medir la radiación solar directa:

Antes de la instalación del pirheliómetro, se debe cargar el cartucho que tiene los cristales de sílice-gel. El sílice gel tiene que absorber la humedad dentro del instrumento; humedad que en particulares condiciones climáticas puede determinar la formación de condensación en la pared interna de la ventana de cuarzo, alternando así la medida. Durante la carga de los cristales de sílice-gel, se debe evitar mojarlo o tocarlo con las manos. Las operaciones a realizar en un lugar seco (por lo que sea posible son):

- 1- destornillar el cartucho portasílice-gel con una moneda;
- 2- quitar el tapón forado del cartucho;
- 3- abrir el sobre (suministrado con el pirheliómetro) que contiene el sílice-gel;
- 4- llenar el cartucho con los cristales de sílice-gel;
- 5- cerrar de nuevo el cartucho con su tapón, teniendo en cuenta que el retén de sujeción esté puesto correctamente;
- 6- atornillar el cartucho al cuerpo del pirheliómetro con una moneda;
- 7- asegurarse de que el cartucho esté bien atornillado (en contra, la duración de los cristales de sílice-gel se reduce);
- 8- el pirheliómetro está listo para ser usado.

En la figura 3 se muestran brevemente las operaciones necesarias para cargar el cartucho con los cristales de sílice gel.

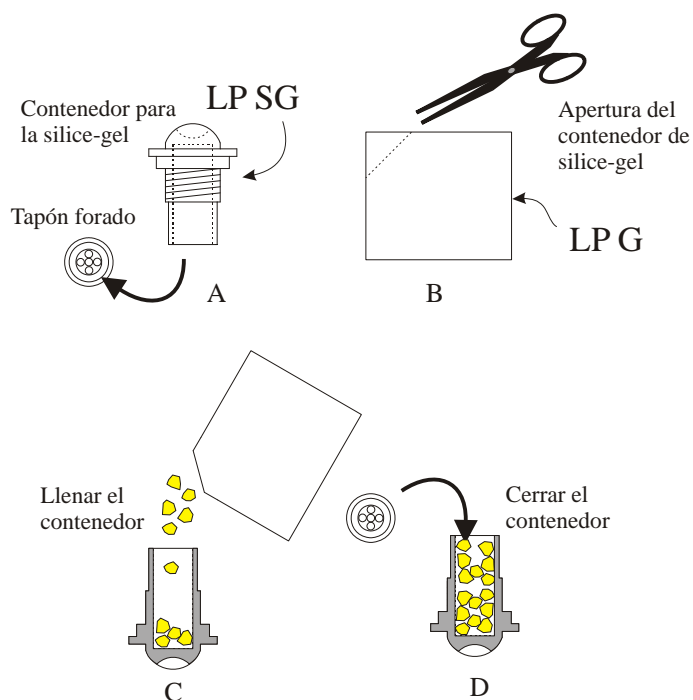


Fig. 3

- El LP PYRHE 16 debe ser instalado en una posición que se pueda llegar fácilmente para una periódica limpieza de la ventana de cuarzo y para el mantenimiento. Al mismo tiempo se debe evitar que edificios, árboles u obstáculos de cualquier tipo intercepten la trayectoria del sol durante el día y durante todo el año.
- Para el apuntamiento del pirheliómetro, se pueden utilizar los dos agujeros en la brida delantera y trasera del reborde. Para alinear correctamente el instrumento, es suficiente garantizar que los rayos del sol que pasan por el primer agujero (en la brida delantera del pirheliómetro) lleguen en el segundo agujero (en la brida trasera).

4 Conexiones eléctricas y requisitos de la electrónica de lectura:

El LP PYRHE 16 se produce en tres versiones: LP PYRHE 16, LP PYRHE 16 AC y LP PYRHE 16 AV.

- La versión LP PYRHE 16 es pasiva y no necesita ningún suministro.
- Las versiones LP PYRHE 16 AC, AV son activas y necesitan suministro. La tensión requerida es de:
8-30 VDC para las versiones LP PYRHE 16 AC y LP PYRHE 16 AV con salida 0..1V y 0..5 V.
14-30 VDC para la versión LP PYRHE 16 AV con salida 0..10V.
- Todas las versiones tienen un conector de salida M12 de 4 polos.
- El cable opcional, terminado por un lado con el conector, es PTFE resistente a los UV, tiene 3 cables, el escudo (blindaje), la correspondencia entre los colores de los cables y los polos del conector es como sigue (figura 4):

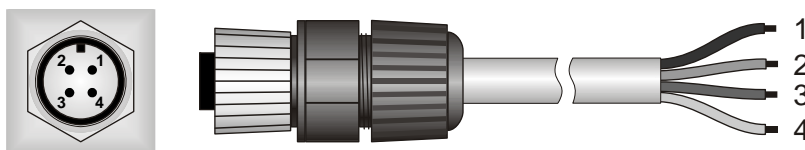


Fig. 4

LP PYRHE 16

Conector	Función	Color
4	Pantalla ($\frac{1}{\mu}$)	Negro
1	Positivo (+)	Rojo
2	Negativo (-)	Azul
3	Contenedor ($\frac{1}{\mu}$)	Blanco

LP PYRHE 16 AC

Conector	Función	Color
4	Pantalla ($\frac{1}{\mu}$)	Negro
1	Positivo (+)	Rojo
2	Negativo (-)	Azul
3	Contenedor ($\frac{1}{\mu}$)	Blanco

LP PYRHE 16 AV

Conector	Función	Color
4	Pantalla ($\frac{1}{\mu}$)	Negro
1	(+) Vout	Rojo
2	(-) Vout y (-) Vcc	Azul
3	(+) Vcc	Blanco

- El LP PYRHE 16 debe ser conectado a un milivoltímetro o a un sistema de adquisición de datos. Usualmente, la señal en salida del pirheliómetro no supera los 20 mV. La resolución aconsejada del instrumento de lectura para poder disfrutar las características del pirheliómetro es de $1\mu\text{V}$.

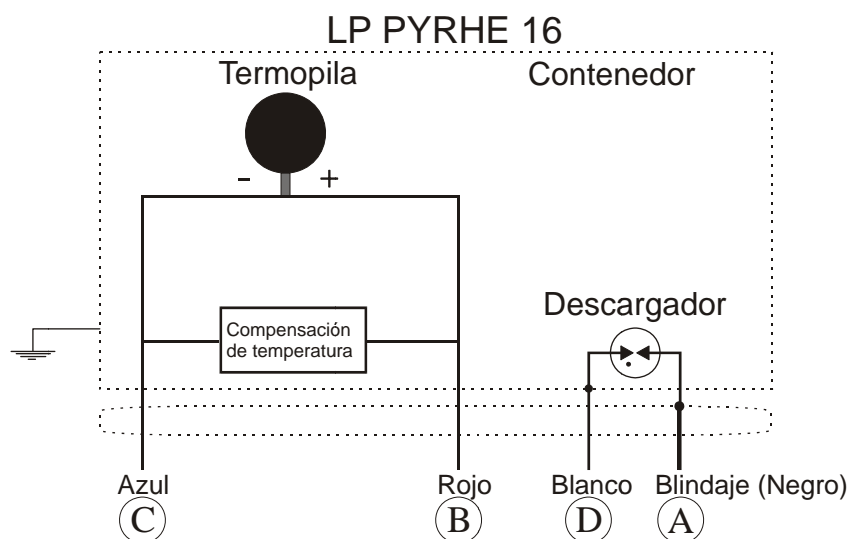


Fig. 5

Un ejemplo de conexión con el sistema de lectura se muestra en la figura 6.

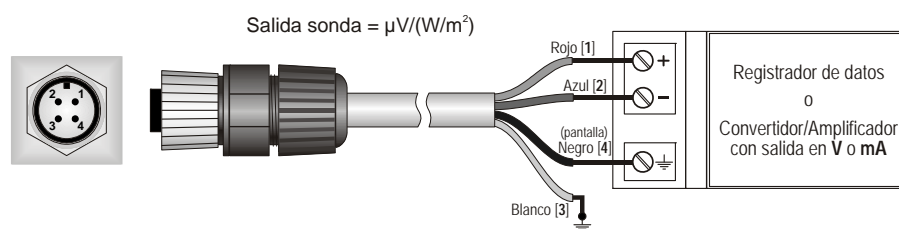


Fig.6

- El LP PYRHE 16 AC debe ser conectado en conjunto con un alimentador y un multímetro según el diagrama siguiente (figura 7); la resistencia de carga para la lectura de la señal debe ser $\leq 500 \Omega$:

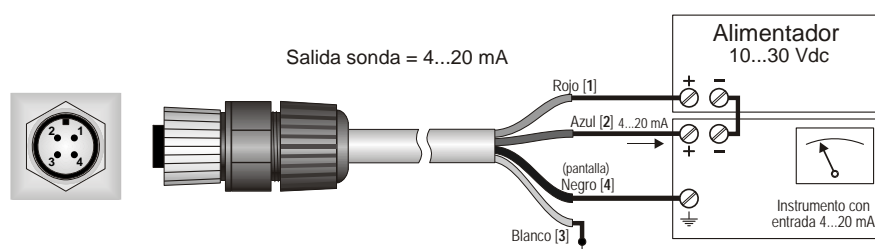


Fig. 7

- El LP PYRHE 16 AV debe ser conectado en conjunto con un alimentador y un multímetro según el diagrama siguiente (figura 8); la resistencia de carga para la lectura de la señal debe ser $\geq 100 \text{ k}\Omega$:

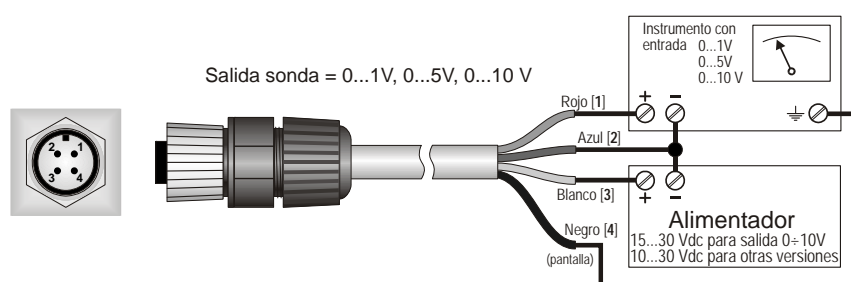


Fig. 8

5 Mantenimiento:

Para garantizar una alta precisión de las medidas, es necesario que la ventana de cuarzo esté siempre limpia. Luego, mayor será la frecuencia de limpieza, mejor será la precisión de las medidas. La limpieza puede ser realizada con normales papeles para limpiar los objetivos fotográficos y con agua. Si no fuese suficiente, usar alcohol etílico puro. Después de la limpieza con el alcohol, es necesario limpiar de nuevo la cúpula sólo con agua.

Debido a las altas diversiones térmicas entre el día y la noche, puede ser que sobre la ventana de entrada se forme condensación. En este caso, la lectura realizada es muy sobrestimada. Para minimizar la formación de condensación, dentro del pirheliómetro hay un adecuado cartucho con material absorbente: Silíce-gel. La eficiencia de los cristales de silíce-gel disminuye en el tiempo con la absorción de la humedad. Cuando los cristales de silíce-gel son eficientes, el color es **amarillo**, mientras que cuando pierden su eficiencia el color es **blanco/transparente**. Para remplazarlos, ver las instrucciones del párrafo 3. Usualmente la duración del silíce-gel varía de 4 a 12 meses según las condiciones ambientales en las que trabaja el pirheliómetro.

6 Calibración y medidas:

LP PYRHE 16

La sensibilidad del pirheliómetro **S** (o factor de calibración) permite determinar la radiación directa midiendo una señal en Voltios a las extremidades de la termopila. El factor **S** se proporciona en $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$.

- Medida la diferencia de potencial (DDP) a las extremidades de la sonda, la irradiación E_e se consigue con la fórmula siguiente:

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

donde:

E_e : es la irradiación expresada W/m^2 ,

DDP: es la diferencia de potencial expresada en μV medida por el multímetro,

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

LP PYRHE 16 AC

La sensibilidad del pirheliómetro se ajusta en fábrica para que $4..20 \text{ mA} = 0..2000 \text{ W}/\text{m}^2$

Para obtener el valor de la irradiación directa una vez que se conoce la corriente (I_{out}) absorbida por el instrumento, se debe aplicar la fórmula siguiente:

$$E_e = 125 \cdot (I_{\text{out}} - 4\text{mA})$$

donde:

E_e : es la irradiación expresada W/m^2 ,

I_{out} : es la corriente en mA absorbida por el instrumento

LP PYRHE 16 AV

La sensibilidad del pirheliómetro está ajustado en fábrica para que, de acuerdo a la versión que se selecciona, se tenga:

$$0..1 \text{ V} = 0.. 2000 \text{ W/m}^2$$

$$0..5 \text{ V} = 0.. 2000 \text{ W/m}^2$$

$$0..10 \text{ V} = 0.. 2000 \text{ W/m}^2$$

Para obtener el valor de la irradiación una vez que se conoce la tensión de salida (V_{out}) del instrumento, se debe aplicar la fórmula siguiente:

$$E_e = 2000 \cdot V_{out} \text{ para la versión } 0...1 \text{ V}$$

$$E_e = 400 \cdot V_{out} \text{ para la versión } 0...5 \text{ V}$$

$$E_e = 200 \cdot V_{out} \text{ para la versión } 0...10 \text{ V}$$

donde:

E_e : es la irradiación expresada W/m^2 ,

V_{out} : es la tensión de salida (en Voltios) medida con el Voltímetro

Cada pirheliómetro está calibrado singularmente en fábrica y se distingue por su factor de calibración. Para poder disfrutar las características del LP PYRHE 16, se aconseja comprobar la calibración anualmente.

El equipo usado por el laboratorio de metrología de Photo-Radiometría Delta Ohm srl permite la calibración de los pirheliómetros de acuerdo a los requisitos de WMO, y asegura la trazabilidad de las mediciones con las muestras internacionales.

7 Características técnicas:

Sensibilidad típica:	5 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ LP PYRHE 16 4..20 mA (0-2000 W/m^2) LP PYRHE 16 AC 0..1,5,10V (0-2000 W/m^2) LP PYRHE 16 AV
Impedancia:	5 Ω ÷ 50 Ω
Campo de medida:	0-2000 W/m^2
Rango de visión:	5° (slope 1°)
Campo espectral: (transmisión de las cúpulas)	250 nm ÷ 4000 nm (50%) 280 nm ÷ 3800 nm (95%)
Temperatura de trabajo:	-40 °C ÷ 80 °C
Dimensiones:	figura 1
Peso:	1,5 Kg

Características técnicas según ISO 9060

1- Tiempo de respuesta: (95%)	< 9 seg.
2- Off-set de cero: respuesta a una variación de la temperatura ambiente de 5K/h:	< $ \pm 3 \text{ W}/\text{m}^2$
3a- Inestabilidad a largo plazo: (1 año)	< $ \pm 1 \%$
3b- No linealidad:	< $ \pm 0.5 \%$
3d- Selectividad espectral:	< $ \pm 1 \%$
3e- Respuesta en función: de la temperatura	< $ \pm 2 \%$
3f- Respuesta según el Tilt:	< $ \pm 0.5 \%$

8 Códigos de pedido

CÓDIGOS DE PEDIDO	PRODUCTO
LP PYRHE 16	Pirheliómetro de primera clase según la norma ISO 9060. Completo con: paraluz, cartucho para los cristales de sílice-gel, 3 recargas, conector volante M12 de 4 poles e informe de calibración.
LP PYRHE 16 AC	Pirheliómetro de primera clase según la norma ISO 9060. Completo con: paraluz, cartucho para los cristales de sílice-gel, 3 recargas, enchufe volante M12 de 4 poles e informe de calibración. Salida de la señal en corriente 4..20 mA.
LP PYRHE 16 AV	Pirheliómetro de primera clase según la norma ISO 9060. Completo con: paraluz, cartucho para los cristales de sílice-gel, 3 recargas, conector volante M12 de 4 poles e informe de calibración. Salida de la señal en tensión 0..1Vdc, 0..5Vdc, 0..10Vdc, que se determinará en el momento del pedido.
CPM AA 4.5	Enchufe volante M12 de 4 poles completa de cable resistente a los UV, L=5 metros.
CPM AA 4.10	Enchufe volante M12 de 4 poles completa de cable resistente a los UV, L=10 metros.
Kit 16.16	Conjunto que se compone de rueda rotativa portafiltros (cinco posiciones) con 3 filtros Shott (OG530, RG630, RG695), paraluz y accesorios para el montaje de la rueda en el pirheliómetro.

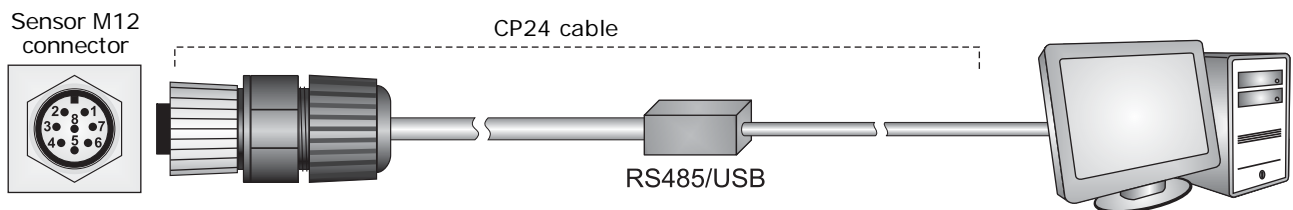
SETTING THE PARAMETERS OF THE PHOTOMETRIC AND RADIOMETRIC SENSORS WITH RS485 MODBUS-RTU OUTPUT BY USING A STANDARD COMMUNICATION PROGRAM.

RS485 COMMUNICATION PARAMETERS:

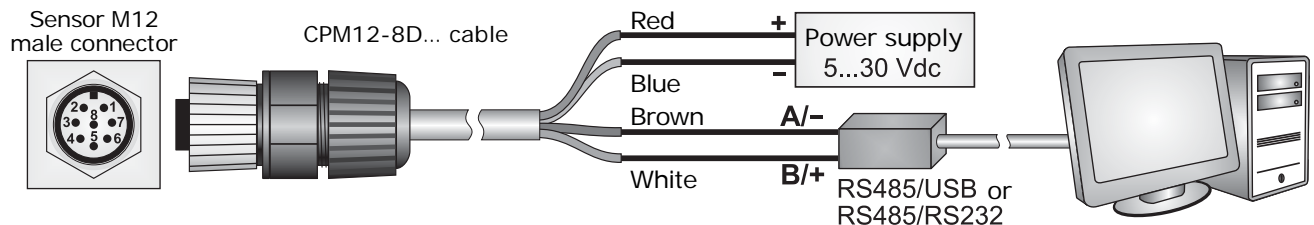
Before connecting the sensor to the RS485 network, an address must be assigned and the communication parameters must be set, if different from the factory preset.

The setting of the parameters is performed by connecting the sensor to the PC in one of the following two ways:

- A.** By using the optional **CP24** cable, with built-in RS485/USB converter. In this connection mode, the sensor is powered by the PC USB port. To use the cable, it is necessary to install the related USB drivers in the PC.



- B.** By using the supplied 8-pole M12 female connector or the optional **CPM12-8D...** cable and a generic RS485/USB or RS485/RS232 converter. In this connection mode, it is necessary to power the sensor separately. If a RS485/USB converter is used, it is necessary to install the related USB drivers in the PC.



NOTES ON THE INSTALLATION OF UNSIGNED USB DRIVER: before installing unsigned USB driver into operating systems starting from Windows 7, it is necessary to restart the PC by disabling the driver signing request. If the operating system is 64-bit, even after installation the request of driver signing have to be disabled each time the PC is restarted.

Procedure for setting the communication parameters:

1. Start with the sensor not powered (if the CP24 cable is used, disconnect one end of the cable).
2. Start a communication program, such as Hyperterminal. Set the Baud Rate to 57600 and set the communication parameters as follows (the sensor is connected to a COM type port):

Data Bits: 8
Parity: None
Stop Bits: 2

In the program, set the COM port number to which the sensor will be connected.

3. Switch the sensor on (if the CP24 cable is used, connect both ends of the cable).
4. Wait until the sensor transmits the **&** character, then send (within 10 seconds from the sensor power on) the **@** command and press **Enter**.

Note: if the sensor does not receive the **@** command within 10 seconds from power on, the RS485 MODBUS mode is automatically activated. In such a case, it is necessary to switch off and on again the sensor.

5. Send the command **CAL USER ON**.

Note: the command CAL USER ON is disabled after 5 minutes of inactivity.

6. Send the serial commands given in the following table to set the RS485 MODBUS parameters:

Command	Response	Description
CMA _{nnn}	&	Set RS485 address to nnn Ranging from 1 to 247 Preset on 1
CMB _n	&	Set RS485 Baud Rate n=0 ⇒ 9600 n=1 ⇒ 19200 Preset on 1 ⇒ 19200
CMP _n	&	Set RS485 transmission mode n=0 ⇒ 8-N-1 (8 data bits, no parity, 1 stop bit) n=1 ⇒ 8-N-2 (8 data bits, no parity, 2 stop bits) n=2 ⇒ 8-E-1 (8 data bits, even parity, 1 stop bit) n=3 ⇒ 8-E-2 (8 data bits, even parity, 2 stop bits) n=4 ⇒ 8-O-1 (8 data bits, odd parity, 1 stop bit) n=5 ⇒ 8-O-2 (8 data bits, odd parity, 2 stop bits) Preset on 2 ⇒ 8-E-1
CMW _n	&	Set receiving mode after RS485 transmission n=0 ⇒ Violate protocol and go in Rx mode right after Tx n=1 ⇒ Respect protocol and wait 3.5 characters after Tx Preset on 1 ⇒ Respect the protocol

7. You can check the parameters setting by sending the following serial commands:

Command	Response	Description
RMA	<i>Address</i>	Read RS485 address
RMB	<i>Baud Rate</i> (0,1)	Read RS485 Baud Rate 0 ⇒ 9600 1 ⇒ 19200
RMP	<i>Tx Mode</i> (0,1,2,3,4,5)	Read RS485 transmission mode 0 ⇒ 8-N-1 1 ⇒ 8-N-2 2 ⇒ 8-E-1 3 ⇒ 8-E-2 4 ⇒ 8-O-1 5 ⇒ 8-O-2
RMW	<i>Rx Mode</i> (0,1)	Read receiving mode after RS485 transmission 0 ⇒ Violate protocol and go in Rx mode right after Tx 1 ⇒ Respect protocol and wait 3.5 characters after Tx

Note: it is not required to send the CAL USER ON command to read the settings.

SETTING THE RANGE IN THE LP PHOTO3BLS PROBE:

The LP PHOTO3BLS probe has two measuring ranges: 0...20,000 lux (low range) with 1 lux resolution and 0...200,000 lux (high range, default) with 10 lux resolution.

In order to change the range, proceed as for setting the communication parameters, up to step 4 included, then send the command **CAL START** (instead of the command CAL USER ON) and the serial commands given in the following table:

Command	Response	Description
O2E	&	Set low range (0...20,000 lux, 1 lux resolution)
O2D	&	Set high range (0...200,000 lux, 10 lux resolution)
RO	hh	Read the configuration byte bit 2 = 0 ⇒ high range (0...200,000 lux, 10 lux resolution) bit 2 = 1 ⇒ low range (0...20,000 lux, 1 lux resolution) <i>The bit 2 is the third bit from the right of the configuration byte</i>

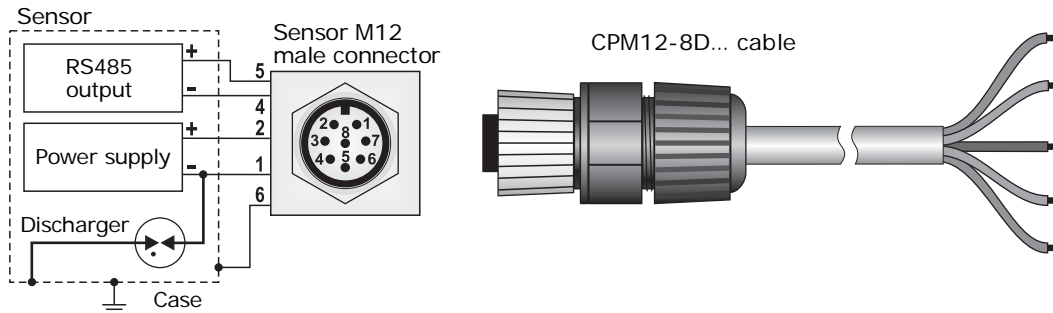
READING OF THE MEASURES WITH THE MODBUS-RTU PROTOCOL

In MODBUS mode, you can read the values measured by the sensor through the function code 04h (Read Input Registers). The following table lists the quantities available with the appropriate register address:

Address	Quantity	Format
2	Measurement: LP PYRA... / LP PYRHE16 : solar radiation in W/m ² LP PHOTO3 low range (20,000 lux): illuminance in lux LP PHOTO3 high range (200,000 lux): illuminance in lux/10 [e.g.: 3278 means 32780 lux, the resolution is 10 lux] LP RAD03 : irradiance in W/m ² LP PAR03 : photon flow in μmol m ⁻² s ⁻¹ LP UVA03 : UVA irradiance in W/m ² x 10 [e.g.: 425 means 42.5 W/m ² , the resolution is 0.1 W/m ²]	16-bit Integer
3	Status register: bit0=1 ⇒ measurement error bit2=1 ⇒ configuration data error bit3=1 ⇒ program memory error	16-bit Integer
4	Average values of the last 4 measurements	16-bit Integer
5	Signal generated by the sensor: LP PYRA... / LP PYRHE16 : μV/10 [e.g.: 816 means 8160 μV, the resolution is 10 μV] LP PHOTO3 low range (20,000 lux): μV LP PHOTO3 high range (200,000 lux): μV/10 [e.g.: 3278 means 32780 μV, the resolution is 10 μV] LP RAD03 : μV/10 [e.g.: 9065 means 90650 μV, the resolution is 10 μV] LP PAR03 : μV LP UVA03 : μV	16-bit Integer

OPERATING MODE: the sensor enters RS485 MODBUS-RTU mode after 10 seconds from power on. In the first 10 seconds from power on the sensor does not reply to requests from the MODBUS master unit. After 10 seconds, it is possible to send MODBUS requests to the sensor.

CONNECTION:



Connector	Function	Color
1	Power supply negative	Blue
2	Power supply positive	Red
3	Not connected	
4	RS485 A/-	Brown
5	RS485 B/+	White
6	Case	Shield (Black)
7	Not connected	
8	Not connected	

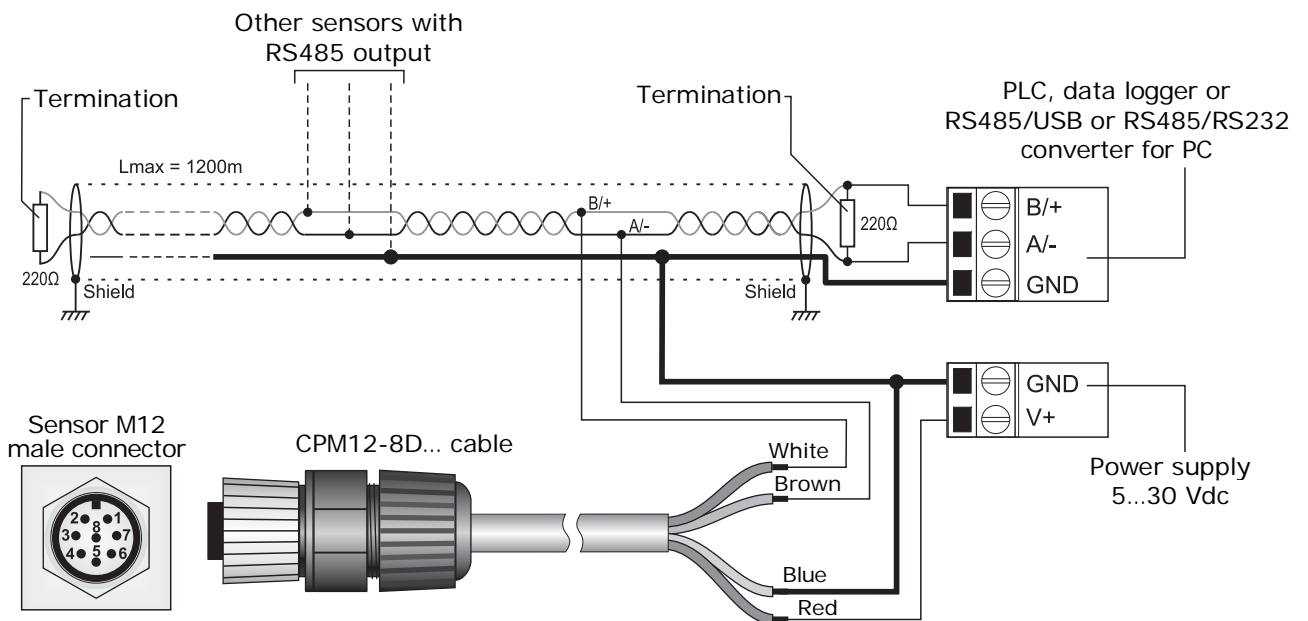
The RS485 output is not isolated.



The metallic case of the sensor should preferably be grounded (\perp) locally. In this case, do not connect the shield of the CPM12-8D... cable to prevent ground loops.



Only if it is not possible to ground locally the metallic case of the sensor, connect the shield of the CPM12-8D... cable to ground (\perp).



Connection of RS485 output

CABLES:

- CP24** PC connecting cable for the MODBUS parameters configuration. With built-in RS485/USB converter. 8-pole M12 connector on sensor side and A-type USB connector on PC side.
- CPM12-8D.2** Cable with 8-pole M12 connector on one end, open wires on the other side. Length 2 m.
- CPM12-8D.5** Cable with 8-pole M12 connector on one end, open wires on the other side. Length 5 m.
- CPM12-8D.10** Cable with 8-pole M12 connector on one end, open wires on the other side. Length 10 m.