



PCE Ibérica S.L.
C/ Mayor, 53 - Bajo
02500 Tobarra
Albacete-España
Tel. : +34 967 543 548
Fax: +34 967 543 542
info@pce-iberica.es
www.pce-iberica.es

Medidor de radiación solar SLM 018 c-2

Mac Solar

Instrucciones de uso

Contenido:

1.	Descripción breve	2
2.	Especificaciones de las funciones	3
2.1	Puesta en funcionamiento y funciones básicas	3
2.2	Las „funciones“ y su significado físico.....	3
2.3	Los modos del Mac Solar y su significado físico.....	4
2.4	Las funciones especiales.....	5
2.5	Otras funciones.....	6
2.6	Alimentación	6
3.	Realización de las mediciones.....	7
3.1	Mediciones de los valores actuales	7
3.2	Mediciones del valor máximo.....	7
3.3	Mediciones del valor medio	7
3.4	Mediciones con logger de datos	8
4.	Especificaciones técnicas	8

1. Descripción breve

El medidor de radiación global Mac Solar ha sido desarrollado como elemento de gran ayuda para instaladores y planificadores de instalaciones solares, así como para arquitectos y para realizar mediciones no profesionales. El Mac Solar permite realizar mediciones de la intensidad de la luz de modo sencillo: el sensor, la alimentación autónoma y la pantalla están integrados en un aparato manual. De este modo el usuario puede obtener enseguida las condiciones lumínicas de su enclave. Con la ayuda del microprocesador integrado y de un sensor de temperatura el Mac Solar puede simular además valores nominales típicos de módulos solares (corriente, tensión, potencia en el lugar de trabajo) y comprobar por ejemplo instalaciones fotovoltaicas, .

La medición de la intensidad de la luz se realiza con células solares de silicio monocristalinas que además reciben el abastecimiento de energía del aparato. La alta precisión básica después de la calibración de cada aparato en el simulador solar se mantiene siempre por medio de la corrección automática interna

Se puede elegir entre cuatro modos de medición diferentes:

dir - muestra el valor actual

hi - muestra el valor máximo dentro de un periodo de medición

avr - muestra el valor medio dentro de un periodo de medición

sto - almacenamiento interno de valores en intervalos de tiempo fijados

En todos los modos de medición se representan en la pantalla las magnitudes de medición a elegir entre P_{tot} (in W/m^2), P_n , U_n , I_n (en %) o T (en °C). Los datos guardados en la memoria interna pueden transmitirse con ayuda de la salida digital a la interfaz de serie de un PC.

El Mac Solar fue creado para su uso en el exterior y posee una carcasa de plástico resistente a las inclemencias meteorológicas. Sus sólidas dimensiones permiten un cómodo manejo con una mano. En el envío se incluye una fijación giratoria ($\pm 90^\circ$) en la que se puede enclavar el Mac Solar. Así podrá realizar mediciones de larga duración en los enclaves deseados.

Algunos ejemplos típicos de aplicación para el Mac Solar :

- Medición directa de la intensidad de la luz actual.
- Control rápido de instalaciones fotovoltaicas, solares y térmicas.
- Mediciones de larga duración con determinación del valor medio o almacenamiento interno de datos.
- Simulación de módulos solares de silicio bajo condiciones reales.

2. Especificaciones de las funciones

2.1 Puesta en funcionamiento y funciones básicas

En la parte frontal del Mac Solar se encuentra una pantalla LCD de 4 posiciones, una serie de LED's y un teclado. Tras accionar el teclado aparecerá durante 1 segundo la función o el modo seleccionados actualmente. Dentro de este periodo de tiempo podrá modificar la función o el modo presionando sucesivamente el teclado. Después aparecerá en la pantalla el valor correspondiente. Los LED's dispuestos debajo de la pantalla parpadean durante la toma de valores de medición con la unidad actual.

El Mac Solar no posee botón de apagado. Presionando la tecla „start / stop“ se pone activo. Se apagará automáticamente si transcurren 2 minutos sin accionar ninguna tecla, excepto:

- Durante una medición en modo *hi*: el aparato se encuentra siempre activo (pantalla encendida).
- Durante una medición en modo *avr* o *sto*: a los 2 minutos el Mac Solar permanece en estado de descanso, del que sale cada 10 segundos para grabar valores de medición. La pantalla permanece apagada.

Algunas funciones del Mac Solar se activan accionando a la vez una de las 4 teclas que se encuentran en el exterior (p.e. „start / stop“) y la tecla „hold“. Para ello se presiona la tecla exterior y *sin soltarla inmediatamente después* se presiona la tecla „hold“.

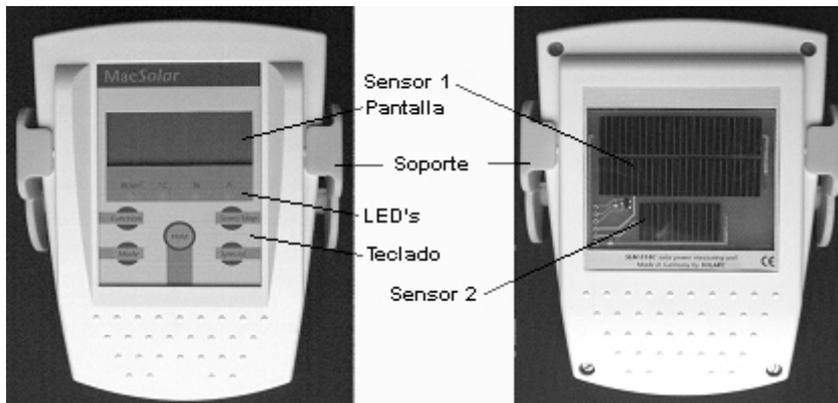


Fig. 1: Partes frontal y posterior del Mac Solar

2.2 Las „funciones“ y su significado físico

El Mac Solar puede calcular y representar 6 magnitudes de medición diferentes. Estas son denominadas „funciones“ y se seleccionan con la correspondiente tecla de „function“:

P_{tot} (intensidad de la luz): rendimiento de la luz por m^2 (sin valoración espectral). Con un piranómetro el rendimiento de la luz medido es independiente del espectro irradiado. Por contra se utilizan sensores de silicio, como con el Mac Solar, se calibran con un espectro determinado y así pueden medir después éste correctamente.

Según su nombre, el Mac Solar está calibrado con el espectro del sol y sólo es apropiado para mediciones de luz diurna. La calibración se realiza en un simulador solar con las denominadas „condiciones de control estándar“ (STC): AM 1,5 espectro solar con $P_{tot} = 1000 \text{ W / m}^2$ (a $25 \text{ }^\circ\text{C}$), lo que corresponde al periodo de mediodía bajo la luz del sol directa de primavera a otoño en Centro Europa. En la figura 2 encontrará ejemplos de espectros de diferentes fuentes de luz y de diferentes células solares.

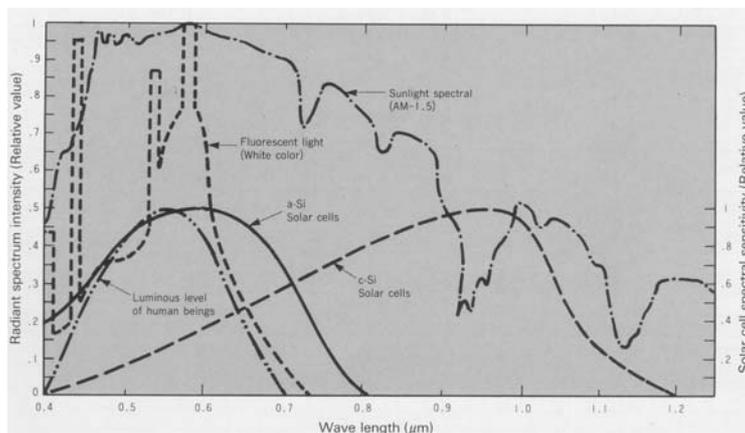


Fig. 2: Espectros de diferentes fuentes de luz y células solares.

°C (temperatura modular): temperatura determinada en el sensor de medición posterior del Mac Solar y corregida según el coeficiente de temperatura t_c . El valor mostrado corresponde a la temperatura modular de un módulo solar bajo las condiciones correspondientes (ver apartado 2.4).

P_n (rendimiento modular): rendimiento eléctrico en el punto de trabajo (MPP) de un módulo solar de silicio bajo una intensidad de luz definida y temperatura modular. La indicación de P_n se realiza en % y sirve sólo para módulos mono- o policristalinos. Por ejemplo un valor mostrado de 50 % en un módulo 50 W_p da un rendimiento de 25 W. P_n se determina a partir de U_n y I_n según $P_n = U_n \cdot I_n$.

U_n (tensión modular): tensión en el punto de trabajo de un módulo solar de silicio para una intensidad de luz definida y temperatura modular. La U_n es una función logarítmica de la intensidad de la luz P_{tot} y por eso cambia muy poco con ante grandes oscilaciones P_{tot} . La U_n se indica en %.

I_n (corriente modular): corriente en el punto de trabajo de un módulo solar de silicio para una intensidad de luz definida y temperatura modular. La I_n se indica en %.

hour (duración de la medición): tiempo en horas desde el inicio de una medición. Hasta un valor de 999.9 horas la resolución es de 0.1 horas, a partir de ahí es de 1 hora hasta un valor máximo de 9999 horas. Un año (365 días) tiene 8760 horas.

Al superar un valor aparece „OF“ en la pantalla. Durante una medición *avr* o *sto* se guarda el valor máximo de las funciones correspondientes (ver tabla 1).

Tabla. 1: Resumen de las funciones del Mac Solar

	P_{tot}	°C	P_n	U_n	I_n	hour
Unidad	W/m^2	°C	%	%	%	h
Rango	0 ... 1500	-40 ... +85	0 ... 150	0 ... 150	0 ... 150	0 ... 9999
Resolución	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1 / 1

2.3 Los modos del Mac Solar y su significado físico

Las funciones P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n pueden ser medidas y representadas en 4 modos (ver figura. 3):

dir: valores actuales determinados 1 vez por segundo. Este modo se emplea para determinar los valores directamente en una posición determinada. Con ayuda de la tecla „hold“ se puede mantener el valor actual (*hold*) y volviendo a accionarla se vuelve a liberar para la medición (*run*). La función de mantenimiento se extiende a las otras funciones que pueden ser seleccionadas cómodamente con la tecla „function“.

hi: valor máximo de P_{tot} desde el comienzo de una medición, por ejemplo para determinar el valor máximo P_{tot} en un día en una posición fija

La medición se inicia en modo *hi* accionando a la vez las teclas “start / stop” y “hold” y finaliza del mismo modo. Los valores determinados de todas las funciones en el instante del valor máximo de P_{tot} son almacenados al finalizar la medición y pueden ser mostrados sucesivamente con la ayuda de la tecla „function“. Son borrados al comenzar una nueva medición. Con la tecla „hold“ se puede parar (*hold*) o continuar (*run*) una medición.

Atención: durante una medición en modo *hi* el aparato está siempre activo y tiene un alto consumo que sólo se puede compensar con buenas condiciones de luz por medio del módulo. La medición *hi* no está por tanto indicada para mediciones de varios meses de duración.

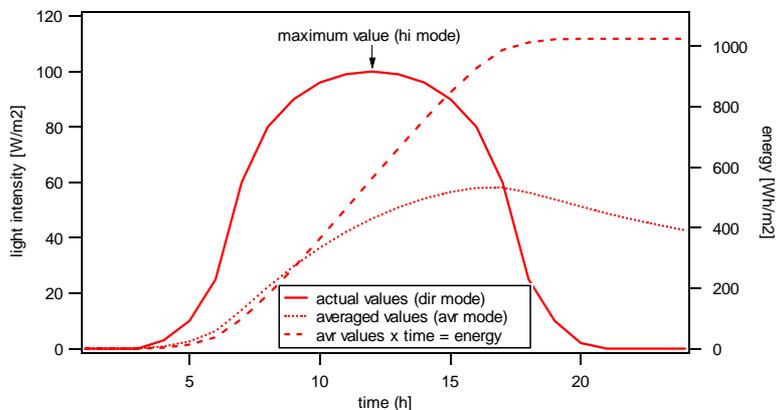


Fig. 3: Modos de medición e intervalos

avr: valores medios de todas las funciones desde el comienzo de una medición *avr* Messung. El modo *avr* está especialmente indicado para determinar el rendimiento medio irradiado o el aporte energético en una posición determinada. El valor determinado por P_{tot} se multiplica por el valor de horas (*hour*). Si se ponen varios Mac Solar a funcionar a la vez en diferentes posiciones de un objeto en el modo *avr*, aparecerá la posición con el mayor

aporte energético. Frente a los programas de simulación con software, aquí se trata de mediciones bajo condiciones reales, o sea, relacionando todos los parámetros ambientales como la temperatura, la humedad, el viento, las sombras, etc.

La medición en modo *avr* se inicia y se finaliza accionando las teclas „start / stop“ y „hold“ simultáneamente. Los valores medios calculados de todas las funciones se almacenan al finalizar la medición y pueden ser recuperadas sucesivamente en la pantalla con ayuda de la tecla „function“. Se borran al comenzar una nueva medición. Por medio de la tecla „hold“ se puede parar o bien continuar una medición.

Durante una medición *avr* se guardan los valores máximos que vayan apareciendo (ver modo *hi*) y pueden representarse en el modo *hi* sin perjudicar la medición actual. Lo mismo ocurre con los valores actuales (modo *dir*).

sto: modo de logger de datos con intervalo de memoria de 0,1 o 1 hora. Sólo se guardan los valores de intensidad de luz y de la temperatura modular medida. Los valores medidos cada 10 seg. se determinan dentro del intervalo de memoria (ver fig. 4). En la pantalla aparece el último valor guardado. El modo *sto* solo adquiere significado si se usa junto a un paquete de interfaz, para que tras la medición los datos se puedan transmitir al PC. Podrá por ejemplo determinar el posible aporte solar en una posición o la eficiencia de una instalación solar existente. La memoria interna puede guardar alrededor de 4000 valores.

La medición en modo *sto* se inicia y se finaliza accionando las teclas „start / stop“ y „hold“ simultáneamente. Durante una medición *sto* se guardan los valores máximos que vayan apareciendo, así como los valores medios calculados y pueden representarse en el modo *hi* o *avr* sin perjudicar la medición actual. Lo mismo ocurre con los valores actuales (modo *dir*).

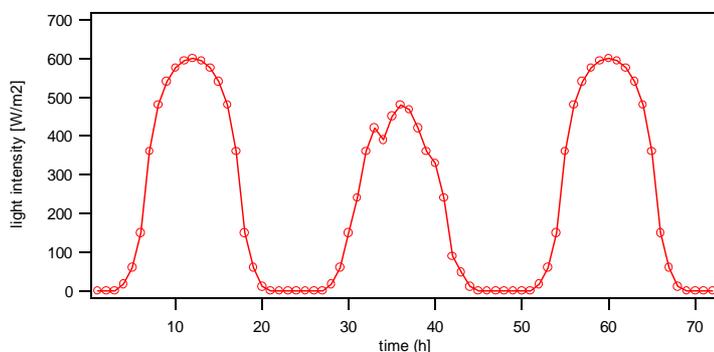


Fig. 4: Medición de larga duración como logger de datos (*sto*, intervalo de grabación 1 h)

Tabla. 2: Resumen de los modos del Mac Solar

	<i>dir</i>	<i>hi</i>	<i>avr</i>	<i>sto</i>
Intervalo de me	1 seg.	1 seg.	10 seg.	10 seg.
Función de start / stop	apagado	start / stop sólo en modo <i>hi</i>	start / stop sólo en modo <i>avr</i>	start / stop sólo en modo <i>sto</i>
Función de hold	<i>hold</i> = 1 v <i>run</i> = 1 v	<i>hold</i> = 2 veces <i>run</i> = 2 veces	<i>hold</i> = 2 veces <i>run</i> = 2 veces	<i>hold</i> = 2 veces <i>run</i> = 2 veces
Pantalla parpadeante	apagado	punto decimal	punto doble	punto decimal y punto doble

2.4 Las funciones especiales

Con la tecla "special" pueden cambiarse diversos ajustes internos o iniciarse funciones especiales. Para realizar un cambio o inicio se deben accionar simultáneamente las teclas „special“ y „hold“ durante 3 seg., tras haber seleccionado con anterioridad la función correspondiente con la tecla „special“. Las funciones *tc*, *Si* y *tb* no pueden ser modificadas durante una medición en curso (*hi*, *avr*, *sto*).

tc: cambio del coeficiente de temperatura *tc*, que determina la dependencia de las magnitudes P_n , U_n y I_n con respecto a la temperatura modular. Para una simulación exacta de módulos solares, *tc* deberá ajustarse correspondiendo con las condiciones de instalación de los módulos. Donde

tc 1 es un módulo colocado libremente

tc 2 es un módulo con pocos centímetros de distancia con la pared dorsal

tc 3 es un módulo aislado colocado en la parte posterior (p.e. el tejado).

Preajuste: **tc 2**

Si: cambio de la función característica que describe la dependencia de la tensión U_n en el punto de trabajo de una célula solar de silicio con la intensidad de la luz P_{tot} :

Si 1 para células solares de gran eficiencia con escasa caída de tensión en caso de pérdida de intensidad de luz.

Si 2 para células solares de calidad media con caída de tensión regular en caso de pérdida de intensidad de luz.

Si 3 para células solares de calidad baja con fuerte caída de tensión en caso de pérdida de intensidad de luz.

Preajuste: **Si 2**

CAL (CAL.u): activación de la función de calibración realizada con ayuda del software para el sensor posterior del Mac Solar.

El propio usuario podrá realizar la calibración, p.e. por medio de un simulador solar calibrado. También se puede calibrar en fuentes de luz cuyo porcentaje espectral significativo se encuentre por debajo de la longitud de onda límite de 1100 nm del sensor de silicio (p.e. lámparas fluorescentes).

La calibración se inicia accionando simultáneamente las teclas „special“ y „hold“ durante 3 seg. En la pantalla aparecerá una cuenta atrás de CAL9 a CAL0 en pulsaciones de segundo. Al llegar a CAL0, el sensor del Mac Solar tiene que estar expuesto a la fuente de luz con $P_{tot} = 1000 \text{ W/m}^2$. Los nuevos valores de corrección (indica CAL.u) pasan a la memoria interna del Mac Solar y se mantiene tras una caída en la alimentación. Si la intensidad de luz medida es menor de 200 W/m^2 , los valores de corrección preajustados por el SOLARC cambiarán (indica CAL). De esta manera se puede volver a la calibración de fábrica activando el proceso de calibración con el sensor de medición cubierto.

OUT: Transmisión de datos al PC. Con esta función se puede transmitir el contenido total de la memoria del Mac Solar por medio de la salida digital de la parte posterior. Para ello es necesario el paquete de interfaz que puede adquirirse como componente opcional.

La función OUT se inicia accionando simultáneamente las teclas „special“ y „hold“ durante 3 seg. La transmisión se muestra en la pantalla por medio de un punto decimal parpadeante.

Normalmente la transmisión de datos es iniciada desde el PC, por lo que no es necesaria la función OUT.

tb: intercambio de los intervalos de memoria 1 h (tb1) o bien 0,1 h (tb2) en modo sto.

Preajuste: **tb1**

2.5 Otras funciones

Avisos de error: si se produce un error en el microprocesador interno del Mac Solar, esto se hace ver en la pantalla en intervalos en forma de aviso de error (por ejemplo Er 12). Accionando la tecla "special" se puede eliminar el aviso si es que ya no existe el error. Anote el aviso de error de cada caso e informe a su proveedor o a la empresa SOLARC.

Nº de serie-: por medio de la combinación „mode“ + „hold“ puede hacer ver en la pantalla el número de serie de su aparato. Para ello deberá mantener presionadas las dos teclas durante 3 seg, a continuación aparece un chequeo de pantalla (todos los segmentos están encendidos) y a continuación el nº de serie de 8 posiciones en 2 indicadores sucesivos.

2.6 Alimentación

El consumo del Mac Solar en descanso (o sea para mediciones en modo avr o sto) es reducido: Cuando el acumulador está totalmente cargado el aparato puede funcionar 3 meses sin irradiación de luz. Después, para evitar una descarga total, el Mac Solar se auto desconecta. Para reactivar el acumulador interno hay que irradiar el sensor al menos 2 horas con luz solar o con luz clara de bombilla.

En mediciones en el exterior no suele desconectarse, ya que ahí existe suficiente energía de luz para alimentar el Mac Solar durante mucho tiempo: durante una medición avr o sto el Mac Solar necesita una energía diaria mínima de 250 Wh/m^2 , lo que es la mitad de la aportación de un día de diciembre medio en el norte de Alemania. Superado ese valor el acumulador incorporado del Mac Solar mantiene la alimentación sin problemas al menos hasta 3 meses.

Si se encuentra desconectado, o sea sin realizar mediciones, se puede contar con 15 meses de disponibilidad operativa. Después el acumulador del Mac Solar deberá ser reactivado con luz como se explicaba anteriormente. Si desea una disponibilidad continua, deberá colocar el aparato con la parte posterior hacia arriba en una ventana luminosa.

3. Realización de las mediciones

Con el Mac Solar podrá realizar una gran diversidad de mediciones. En este capítulo le presentamos algunos ejemplos típicos.

3.1 Mediciones de los valores actuales (Fig. 5)

Objetivo: Determinar los valores actuales de P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n en una posición definida.

Ajuste: función deseada, modo *dir*

Realización: Coloque el Mac Solar en el soporte de sujeción o en una mano con el sensor en la posición exacta. Para determinar P_n , U_n , I_n con exactitud la temperatura deberá haber alcanzado un valor estable. Podrá leer el valor medido directamente en la pantalla o puede accionar la tecla „hold“ Así podrá seleccionar la función deseada con la tecla „function“ y leer el valor almacenado. Observe que el cálculo de los valores de P_n , U_n y I_n se ve influido por los parámetros ajustados con las funciones especiales *Si* y *tc* (ver apartado 2.4).



Fig. 5: Medición de los valores actuales con el Mac Solar

3.2 Mediciones del valor máximo

Objetivo: determinar el valor máximo de todas las funciones (P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n) en una posición fija o determinar la posición de los valores máximos.

Ajuste: función P_{tot} , modo *hi*

Realización: ajuste las funciones especiales *tc* y *Si* con los valores deseados. Inicie la medición *hi* accionando a la vez las teclas „star / stop“ y „hold“ en modo *hi*. Observe que la medición *hi* no puede iniciarse con una medición *avr* o *sto* activa. Al finalizar la medición los valores de todas las funciones se almacenan cuando alcanzan el valor máximo de P_{tot} y pueden ser seleccionados con la tecla „function“. Para determinar la posición de los valores máximos hay que tener en cuenta que la temperatura y las funciones dependientes de la temperatura (P_n , U_n , I_n) no son exactas debido a la larga constante temporal de la medición de la temperatura.

3.3 Mediciones del valor medio

Objetivo: medición de larga duración de los valores medios de todas las funciones (P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n) en una posición fija.

Ajuste: función P_{tot} , modo *avr*

Realización: ajuste las funciones especiales *tc* y *Si* con los valores deseados. Inicie la medición *avr* accionando a la vez las teclas „star / stop“ y „hold“ en modo *avr*. Observe que la medición *avr* no puede iniciarse con una medición *hi* o *sto* activa. Para una sujeción segura deberá colocar el Mac Solar en el soporte y fijarlo con el arco metálico y los tornillos. Anteriormente se habrá sujetado el arco de metal con los tornillos 1 y 2 . Anote el momento del comienzo.

La duración de la medición se indica con la función *hour* y puede incluir hasta 9999. Los valores medios de todas las funciones permanecen almacenados y pueden mostrarse con la tecla „function“ para las diferentes funciones. Si interrumpe una medición con la tecla „hold“ o ésta finaliza, podrá comparar los valores medios almacenados en varios aparatos Mac Solar que estaban instalados en el mismo periodo en diferentes posiciones. Para el valor medio de U_n hay que observar que en la mayoría de sistemas PV existe un nivel inferior, por debajo del cual no se produce alimentación. En estos casos el valor de U_n calculado es irrelevante.

3.4 Mediciones con logger de datos

Objetivo: grabación de larga duración de P_{tot} y $^{\circ}C$ en intervalos de 1 o 0,1 horas (6 minutos) en una posición fija.

Ajuste: función P_{tot} , modo sto

Realización: ajuste las funciones especiales tc Si y tb con los valores deseados. Inicie la medición sto accionando a la vez las teclas „star / stop“ y „hold“ en modo sto . Observe que la medición sto no puede iniciarse con una medición hi o avr activa. Coloque el Mac Solar en el soporte. Anote el momento del comienzo.

El Mac Solar sólo puede almacenar valores de modo interno con el intervalo de 1h ($tb1$) hasta aprox. 5 meses y con el intervalo 0,1h ($tb2$). Los valores almacenados son transmitidos a un PC al finalizar la medición con la ayuda del cable de interfaz. En las instrucciones de uso del paquete de software encontrará más detalles sobre el cable y el software para el PC.

Podrá realizar una valoración exacta de los datos ASCII con la ayuda del software para el PC MacView incluido en el paquete de la interfaz, aunque también podrá utilizar los programas de cálculo por tablas estándar.



Fig. 6: Medición en el soporte del envío para montaje fijo

4. Especificaciones técnicas

Rangos / Resolución:	ver tabla. 1
Desviación máxima P_{tot} :	$< 3\% \pm 1\text{digit}$ en rango 50 ... 1000 W/m^2 (AM 1,5 / radiación en eje normal, $T = 0 \dots + 50^{\circ}C$)
Desviación máxima T:	$< 3 K \pm 1\text{digit}$ en rango $- 25 \dots + 75^{\circ}C$ opcional $< 1K \pm 1\text{digit}$
Potencia necesaria (sleep):	0,6 mW
Potencia necesaria (active):	4 mW
Potencia nominal del módulo solar integrado:	180 mW *
Capacidad de memoria:	64 kbit
Transmisión de datos:	serie (RS 232)
Temperatura ambiental:	$- 20 \dots + 50^{\circ}C$
Humedad máxima:	95 %
Dimensiones (sin soporte):	130 x 90 x 30 mm
Peso (sin soporte):	170g
Certificado / Normas básicas:	CE / EN50081, EN50082, EN60068
Calibración:	según IEC904/3 con certificado de calibración opcional
Garantía:	2 años

* para condiciones estándar: $P_{tot} = 1000 W/m^2$, espectro solar AM 1,5, $T = 25^{\circ}C$

En caso de dudas, póngase en contacto con PCE Ibérica

En esta dirección encontrarán un listado de la técnica de medición :

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-medida.htm>

En esta dirección encontrarán un listado de todos los medidores:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores.htm>

Una visión general de las balanzas encuentra usted aquí:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/balanzas-vision-general.htm>

ATENCIÓN: “Este equipo no dispone de protección ATEX, por lo que no debe ser usado en atmósferas potencialmente explosivas (polvo, gases inflamables).”

Puede entregarnos el aparato para que nosotros nos deshagamos del mismo correctamente. Podremos reutilizarlo o entregarlo a una empresa de reciclaje cumpliendo así con la normativa vigente.

R.A.E.E. – Nº 001932

