

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1744

Características técnicas y operativas de los sistemas de ayuda a la meteorología en tierra que funcionan en la gama de frecuencias 272-750 THz

(Cuestión UIT-R 235/7)

(2006)

Cometido

En esta Recomendación se presentan las características operativas y técnicas de sistemas meteorológicos MetAids representativos que funcionan en la gama de frecuencias ópticas de 272-750 THz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las observaciones realizadas en la gama de frecuencias de 272-750 THz (que aquí llamaremos frecuencias ópticas) suministran información crucial para la meteorología operativa y la investigación científica de la atmósfera y el clima;
- b) que el espectro de la gama de frecuencias ópticas se utiliza para sistemas de sensores meteorológicos activos y pasivos así como para muchas otras aplicaciones;
- c) que la tecnología de los sensores meteorológicos que utilizan el espectro óptico evoluciona continuamente para lograr mayor precisión y resolución de las mediciones;

que las frecuencias de la gama óptica se utilizan hoy en día en enlaces de datos, dispositivos para medir distancias y otros sistemas activos situados en plataformas terrestres y espaciales, y que el rápido aumento de capacidad y número de estos sistemas aumenta la probabilidad de interferencia entre los sensores meteorológicos y otros sistemas ópticos;

- e) que muchas de las aplicaciones de los sistemas activos y pasivos que funcionan en la gama óptica son muy similares a las utilizadas en frecuencias inferiores del espectro electromagnético;
- f) que es oportuno estudiar qué medidas de protección y qué condiciones de compartición pueden permitir que los sensores meteorológicos ópticos situados en tierra puedan continuar funcionando sin interferencia,

recomienda

1 que los operadores de las ayudas a la meteorología que operan en la gama de frecuencias ópticas tengan en cuenta la posibilidad de interferencia de otros transmisores ópticos, al elegir la ubicación de los observatorios y al diseñar los sensores;

2 que los estudios de la interferencia que afecta a los sistemas óptimos de ayuda a la meteorología y que éstos provocan, tengan en cuenta los parámetros técnicos y operativos que se presentan en el Anexo 1.

Anexo 1

1 Introducción

Diversos servicios meteorológicos y otras organizaciones interesadas en la investigación meteorológica y climática se sirven de sensores meteorológicos en tierra que utilizan el espectro en la gama de frecuencias ópticas y que funcionan habitualmente en la gama de 272-750 THz. En este Anexo 1 se especifican las características operacionales y técnicas de un conjunto representativo de sensores meteorológicos que transmiten y reciben señales en frecuencias ópticas.

2 Nefobasímetros láser

2.1 Características técnicas de los nefobasímetros

Los nefobasímetros poseen un láser como fuente de transmisión y un fotodetector como receptor. Los nefobasímetros láser detectan e informan la altura de las nubes en la atmósfera haciendo uso de radiación láser invisible. Funcionan transmitiendo un impulso de luz láser hacia la atmósfera y detectando la luz que reflejan los objetos que encuentra en la trayectoria. El tiempo que transcurre entre la transmisión y la recepción permite calcular la altura de las partículas (como gotas de agua o cristales de hielo en las nubes) que se encuentran sobre el nefobasímetro, para comunicarla al paquete de recolección de datos.

Los nefobasímetros son dispositivos de detección y localización por ondas luminosas (LIDAR, *light detection and ranging*). La determinación de la altura de las nubes se basa en la interpretación electrónica de reflejos dispersados hacia la fuente, utilizando la ecuación LIDAR:

$$Pr(h) = E_0 \times \frac{c}{2} \times \frac{A}{h^2} \times \beta(h) e^{-T} \quad (1)$$

donde

- $Pr(h)$: potencia instantánea recibida desde una altura h (W)
- E_0 : energía de impulso efectiva, con compensación por la atenuación óptica (J)
- c : velocidad de la luz (m/s)
- A : abertura del receptor (m^2)
- h : altura a la que se produjo el reflejo dispersado hacia la fuente (m)
- $\beta(h)$: coeficiente de la dispersión hacia la fuente a la altura h en volumen, la cantidad de luz que se refleja hacia el nefobasímetro ($m^{-1}sr^{-1}$) (sr = steradian)
- T : transmitancia atmosférica, que representa la potencia transmitida y dispersada hacia la fuente mediante extinción a diversas alturas entre el transeceptor y la altura a la que se produce la dispersión hacia la fuente. Es igual a 1 si la atmósfera está despejada (es decir, no produce atenuación). Este término en la ecuación de LIDAR permite determinar cuáles de los reflejos dispersados hacia la fuente son causados por las nubes y cuáles provienen de otras obstrucciones como la neblina o las precipitaciones.

2.2 Nefobasímetros representativo del Sistema A

El Sistema A está en capacidad de medir la altura de las nubes hasta unos 3 700 m. Se utiliza junto con otros equipos de vigilancia del clima como sensores de visibilidad, de precipitación y de temperatura y punto de condensación, en sistemas para la navegación aérea y la predicción del clima.

El Sistema A determina la altura de las nubes emitiendo hacia la atmósfera un impulso láser y midiendo el tiempo de retorno de los reflejos dispersados hacia la fuente, en su caso, hasta un receptor instalado al lado del transmisor. En cada ciclo de medición se emite un impulso láser de una longitud de onda nominal de 904 nm (331,8 THz) y una duración de 150 ns. Las lecturas del receptor se procesan luego cada 100 ns, durante 25,4 μ s para obtener así 254 valores que se almacenan por ciclo de medición, lo que supone una resolución de 15 m de altura en 3 850 m. En cada ciclo se obtiene un perfil de densidad espacial de la columna atmosférica vertical que está justo encima del nefobasímetro, desde 0 a 3 850 m, del que se pueden deducir la altura de las nubes e información acerca de las capas de nubes. Se promedian los resultados de varios ciclos para minimizar los efectos de lecturas equivocadas.

2.2.1 Conjunto de transmisor

Un diodo láser de arseniuro de galio (GaAs) emite impulsos de longitudes de onda de 904 nm con una frecuencia de repetición de entre 620 Hz y 1 120 Hz. Un procesador controla la frecuencia de repetición exacta para obtener una potencia promedio constante de 5 mW, con un ajuste nominal de fábrica de 770 Hz.

Los impulsos láser se emiten con una abertura de 30°. El rayo incidente se enfoca con una lente que tiene un diámetro efectivo de 11,8 cm y una longitud focal de 36,7 cm. La irradiación máxima medida con una abertura de 7 mm de diámetro es de 50 μ W/cm².

El transmisor tiene un sensor de luz que determina la potencia de salida del láser y la potencia de la luz de la atmósfera. Se utiliza un fotodiodo dirigido hacia abajo para supervisar la potencia del láser de salida. El valor máximo de la corriente interferente provocada por la luz ambiente es mucho menor que la corriente del impulso láser y, por lo tanto, no afecta el cálculo de la potencia del láser. La potencia de cresta emitida por el láser es de 40 W. La señal de salida del sensor de potencia láser se aplica como entrada del circuito procesador principal y se utiliza para limitar el promedio de potencia emitida a 5 mW. La luz de retorno se mide con un fotodiodo dirigido hacia arriba, que tiene una desviación máxima de la vertical de 5,7°. La señal de este fotodiodo se aplica como entrada del circuito opcional de obturación solar, que se describe más adelante, y del procesador principal con fines de supervisión. La sensibilidad del sensor de luz celeste es de aproximadamente 0,4 A/W. La luz solar directa de un cielo de atmósfera despejada produce aproximadamente 1 200 W/m², con una corriente típica de 1,1 mA. Un cielo azul despejado produce habitualmente una corriente de 10 μ A en el sensor de luz celeste, mientras que en interiores la corriente es de menos de 1 μ A.

Los nefobasímetros del Sistema A que se instalan en regiones tropicales ubicadas entre 30° de latitud Norte y 30° de latitud Sur se equipan con un obturador solar opcional en el transmisor. El obturador protege el láser de transmisión contra los daños que puede causar la luz solar directa. El obturador se cierra para cubrir la lente de transmisión cuando está expuesta a la luz solar directa. Los nefobasímetros equipados con obturadores solares se equipan también con conjuntos de receptor tropicales, que poseen un filtro y bloque de montaje diferentes a los que se instalan en los conjuntos de receptor estándar.

2.2.2 Conjunto del receptor

Se utiliza una lente con un diámetro efectivo de 11,8 cm y longitud focal de 8,4 cm para concentrar, en un diodo de avalancha de silicio, los reflejos con dispersión hacia la fuente provenientes de partículas en la atmósfera. La sensibilidad del fotodiodo depende de la temperatura, efecto que se contrarresta mediante un mecanismo de control según la temperatura que regula la tensión de polarización en el receptor. Este dispositivo está ajustado en origen para una sensibilidad nominal de 40 A/W a temperatura ambiente.

En la lente del receptor se instala un filtro de interferencia, que tiene un ancho de banda de 50 nm, para bloquear el ruido de fondo de radiación. En las unidades equipadas con el obturador solar opcional se instala un filtro especial.

2.3 Nefobasímetro representativo del Sistema B

Los principios de funcionamiento del nefobasímetro del Sistema B son idénticos a los del Sistema A, salvo por las diferencias que se indican a continuación. Se puede utilizar el Sistema B para determinar la altura de las nubes y las visibilidades verticales hasta 7 300 m, con la posibilidad de detectar de forma simultánea tres capas de nubes. Además de poder detectar las capas de nubes, el nefobasímetro puede detectar la presencia de precipitaciones y de otras obstrucciones visuales.

2.3.1 Conjunto del transmisor

Un diodo láser de arseniuro de galio e indio (InGaAs) emite impulsos de longitud de onda de 905 ± 5 nm (331,5 THz), que tienen una duración de 100 ns y se repiten a una frecuencia de 5,57 kHz. La potencia máxima emitida es de 16 W, lo que resulta en una potencia media de 8,9 mW.

2.3.2 Conjunto del receptor

En el lente del receptor del Sistema B se instala un filtro de interferencia con un ancho de banda de 35 nm, centrado en 908 nm, con el fin de bloquear el ruido de radiación de fondo. La sensibilidad se ajusta en fábrica en 65 A/W a 905 nm.

CUADRO 1

Características de los nefobasímetros

Parámetro	Sistema A	Sistema B
Sistema transmisor láser y óptico		
Potencia de cresta	40 W	10-20 W
Duración (nivel del 50%)	135 ns (valor característico)	20-100 ns (valor característico)
Energía (diámetro = 118 mm)	6,6 μ Ws	
Cadencia de repetición	620-1 120 Hz	5-10 kHz
Fuente	GaAs	InGaAs
Longitud de onda	904 nm	855/905/910 nm a 25°C
Modo de funcionamiento	Por impulsos	Por impulsos
Energía del impulso transmitido	6 μ J \pm 10%	1-2 μ J \pm 20%
Potencia media	5 mW	5-10 mW (medida en toda la escala)
Radiación máxima	50 μ W/cm ² medida con una abertura de 7 mm	170 – 760 μ W/cm ² medida con una abertura de 7 mm

CUADRO 1 (Fin)

Parámetro	Sistema A	Sistema B
Longitud focal del sistema óptico	36,7 cm	35-40 cm
Diámetro efectivo de la lente	11,8 cm	6-15 cm
Divergencia del haz del transmisor	±2,5 mrad máxima	±0,4-±0,7 mrad
Transmitancia de la lente	90% (valor característico)	96% (valor característico)
Transmitancia de la ventana	97% (valor característico, limpia)	98% (valor característico, limpia)
Sistema óptico receptor		
Detector	Fotodiodo de avalancha (APD) de silicio	Fotodiodo de avalancha (APD) de silicio
Sensibilidad	40 A/W, a 904 nm	65 A/W, a 905 nm
Diámetro de la superficie	0,8 mm	0,5 mm
Filtro de interferencia	940 nm	908 nm (longitud de onda central característica)
Filtro paso banda a 50%	880-940 nm (valor característico)	35 nm a 880-925 nm (valor característico)
Transmisibilidad del filtro a 904 nm	85% (valor característico), 60% mínimo	80% (valor característico), 70% mínimo
Distancia focal	15,0 cm	
Diámetro efectivo de la lente de recepción	11,8 cm	
Divergencia del campo visual	±2,7 mrad	±0,66 mrad
Transmitancia de la lente	90% (valor característico)	96% (valor característico)
Transmitancia de la ventana	97% (valor característico, limpia)	98% (valor característico, limpia)
Sistema óptico		
Distancia de la lente, transmisor – receptor	30,1 cm	
Rayo láser que ingresa al campo de visión del receptor	30 m	
Rayo láser en un 90% dentro del campo de visión del receptor	300 m	
Prestaciones del sistema		
Distancia de medición	0 a 3 700 m	0 a 7 300-13 000 m
Definición	15 m	3-15 m
Tiempo de adquisición	Máximo 30 s (para un alcance de 3 658 m)	2-120 s
Ancho de banda del sistema (3 dB)	10 MHz a ganancia baja y 3 MHz a ganancia alta	3 MHz
Tolerancia de precipitación	Hasta 7,5 mm por hora (limitación de distancia)	

3 Sensores de visibilidad

3.1 Características técnicas del sensor de visibilidad

Los sensores de visibilidad se utilizan como mecanismo para calcular automáticamente el nivel de visibilidad y también para indicar las condiciones actuales diurnas/nocturnas. El método meteorológico convencional para medir la visibilidad consiste en determinar la distancia máxima a la que se puede ver un objetivo negro contra un fondo de niebla/nubes. Los sensores de visibilidad proporcionan una medición automatizada de la visibilidad. El sensor de visibilidad mide la distancia óptica meteorológica del ambiente (visibilidad) utilizando la técnica de dispersión en emisión. Esta técnica consiste en transmitir un destello de luz de xenón a través de una parte de la atmósfera (la cual dispersa la luz) para luego medir el nivel de la luz dispersada, a fin de determinar la pérdida. Se calcula un coeficiente de extinción a partir de la cantidad de luz dispersa que se recibe de la fuente luminosa, que es la lámpara de destellos de xenón. Este coeficiente se traduce luego en un valor de visibilidad. El sensor de visibilidad también calcula y emite una indicación de condiciones diurnas/nocturnas, a partir de la lectura del sensor de luz ambiental.

3.2 Sistemas representativos de sensores de visibilidad

Los sensores de visibilidad representativos están en capacidad de suministrar un coeficiente de extinción equivalente a visibilidades de hasta 16 km. Un sistema indica si las condiciones son diurnas o nocturnas dependiendo del nivel de luz ambiental y funciona para niveles de luz ambiental de hasta 540 lux. Este sensor indica que las condiciones son diurnas si detecta una iluminación mayor a 32 lux, y nocturnas si la iluminación es de menos de 5 lux. Hay una transición de diurno a nocturno al pasar de 32 a 5 lux (a medida que la iluminación disminuye), y al contrario al pasar de 5 y 32 lux (a medida que aumenta la iluminación). El sensor de día/noche apunta en la misma dirección que el receptor.

El sensor de visibilidad puede tener uno o dos filtros de interferencia electromagnética (dependiendo del modelo de la unidad) instalados en la caja de circuitos electrónicos.

3.2.1 Conjunto de transmisor

El conjunto de transmisor emite ráfagas de luz con una bombilla de xenón para producir la luz visible que se ha de dispersar. Una lente fija instalada en el conjunto del transmisor concentra la luz en el volumen de dispersión.

3.2.2 Conjunto del receptor

El conjunto del receptor detecta la luz xenón transmitida que ha sido dispersada en la atmósfera. El detector es un fotodiodo positivo-intrínseco-negativo (PIN) instalado en el cuerpo del receptor. Una lente instalada en el conjunto del receptor concentra la luz en el diodo. El fotodiodo convierte la energía de la luz en una corriente eléctrica que se utiliza para el procesamiento de señales.

El sistema de determinación de condiciones diurnas/nocturnas es un fotómetro que detecta la luz mediante un fotodiodo instalado detrás de una ventana transparente. El fotodiodo se ubica de forma tal que su campo de visión se encuentre 6° sobre el horizonte.

CUADRO 2
Características de los sensores de visibilidad

Parámetro	Sistema A	Sistema B
Fuente	Lámpara de destellos de xenón	Diodo fotoemisor infrarrojo
Longitud de onda	400-1 100 nm	400-1 100 nm
Cadencia de repetición de impulsos	0,1-1 Hz	1 Hz
Sensor del receptor	Fotodiodo PIN	Fotodiodo de silicio
Dirección principal de observación	Horizontal	20° por debajo del horizonte
Campo de visión	6° por encima del horizonte	9 mrad
Ancho de banda del receptor	400-700 nm	400-700 nm
Valor que daña el sensor óptico	Mayor que la luz solar directa	Mayor que la luz solar directa
Alcance de medición de visibilidad del sensor	Hasta 16 km	Hasta 75 km

4 Sensores de precipitación

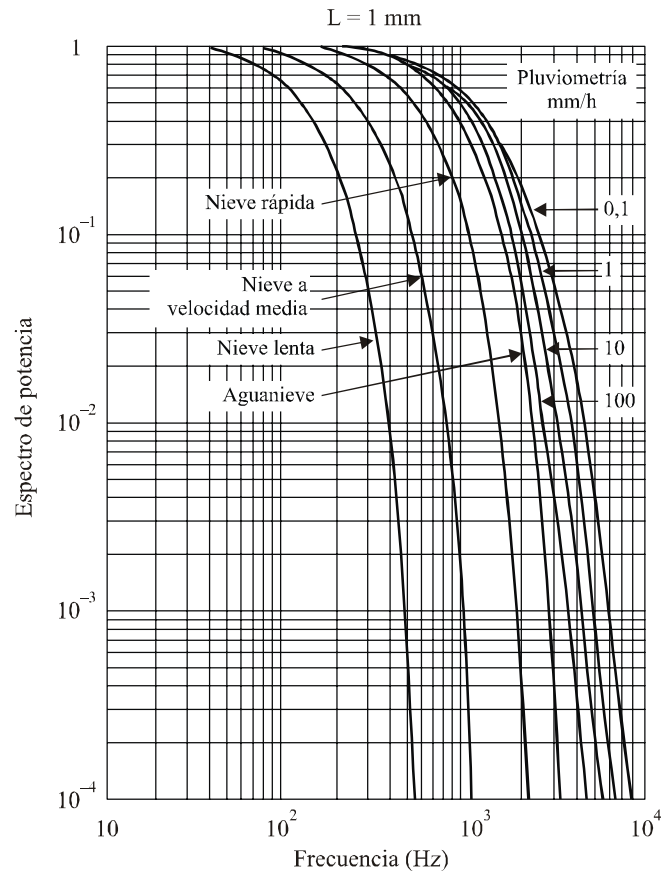
4.1 Características técnicas

Se utilizan los sensores de precipitación (de dispersión en emisión) para detectar la presencia de precipitación (verdadero o falso) y, si es el caso, las características de ésta (lluvia, nieve, etc.). También se pueden utilizar para medir la visibilidad. Los métodos utilizados para medir los parámetros de precipitación están basados principalmente en las tecnologías ópticas y de microondas. Básicamente, la determinación de parámetros viene dada por la atenuación (o extinción), la dispersión, el Doppler o el centelleo de fuentes de energía emitida por un transmisor y detectada en un receptor.

Los sensores de precipitación descritos en esta Recomendación utilizan el efecto de dispersión que ocurre cuando una partícula interferente (precipitación) interactúa con una fuente luminosa parcialmente coherente. Estas dispersiones de la fuente de energía incidente causadas por partículas, producen centelleo en el receptor. Para medir los parámetros de la precipitación, se detectan y promedian los centelleos inducidos por las partículas de precipitación que atraviesan un rayo óptico. El espectro de frecuencia temporal del centelleo así inducido varía dependiendo del tamaño y la velocidad de la precipitación. En la Fig. 1 se muestran los espectros de potencia para diversas intensidades de lluvia y diversos tipos de nieve.

FIGURA 1

**Espectro de potencia temporal del centelleo causado por la nieve –
Espectros de potencia para diferentes intensidades de lluvia,
mostrados a fines de comparación**



1744-01

Como la tecnología de centelleo detecta únicamente las señales causadas por partículas en movimiento, no resulta afectada por la neblina, la calina, el polvo o el humo. La utilización de una abertura horizontal de recepción permite diferenciar mejor el movimiento horizontal del movimiento vertical, siendo éste último el componente primario de la precipitación descendente. El centelleo se normaliza con la potencia de señal de la portadora en el rayo para eliminar errores causados por modificaciones de la intensidad de la fuente, el polvo en los componentes ópticos, etc.

4.2 Sistema típico de un sensor de precipitación

Los sensores de precipitación utilizan el centelleo provocado por las partículas de precipitación en una fuente de luz, por ejemplo diodos emisores de infrarrojos (IRED, *infrared emitter diode*), para identificar el estado y el tipo de precipitación (lluvia, nieve, llovizna, etc.) y para medir su intensidad. Normalmente los sensores tienen dos partes principales: el cuerpo en forma de U y una caja eléctrica principal. Los cabezales del transmisor y del receptor se instalan en extremos opuestos del cuerpo del aparato habitualmente a una distancia de 1 m.

Un procesador interno calcula el espectro de potencia temporal del centelleo detectado, que se compara con valores de referencia normalizados para determinar los parámetros actuales de precipitación. Como el espectro de potencia provocado por la precipitación resulta, en este sistema, en una energía mínima típicamente superior a 5 kHz, la emisión transmitida se modula con una señal portadora para obtener una relación señal/ruido adecuada en distintas condiciones de contaminación luminosa de fondo. Esta señal modulada de onda portadora representa la amplitud

modulada por las partículas que caen atravesando el haz. El conjunto óptico del receptor utiliza una abertura de línea horizontal para detectar mejor el movimiento vertical de la precipitación.

Con el fin de reducir la posibilidad de problemas relacionados con la interferencia electromagnética (EMI, *electromagnetic interference*) y la interferencia de radiofrecuencias (RFI), la caja electrónica principal tiene una junta de precisión para la interferencia EMI hecha de goma de silicona y alambres de Monel orientados.

4.2.1 Conjunto del transmisor

Los sensores de precipitación normalmente utilizan un diodo emisor de luz infrarroja como fuente de transmisión. La fuente de transmisión se enfoca a través de una lente ubicada en este conjunto.

4.2.2 Conjunto del receptor

Normalmente se usa un fotodiodo PIN para detectar la luz modulada. Se utiliza un ángulo de recepción mayor para minimizar las fluctuaciones de señal causadas por la vibración del montaje en el dispositivo de recepción. El receptor utiliza el mismo tipo de lente que el transmisor.

CUADRO 3

Características de los sensores de precipitación

Parámetro	Sistema A	Sistema B
Fuente de transmisión	LED infrarrojo	Diodo
Longitud de onda de la fuente	880 nm	870-920 nm
Potencia de transmisión	10 mW	2-20 mW
Características de la lente	175 mm/f3,5	No se especifica
Frecuencia de modulación	No se especifica	2,0-4,0 kHz
Sensor del receptor	Fotodiodo PIN	Fotodiodo de silicio
Ancho de banda del receptor	780-1 100 nm	780-1 100 nm
Tamaño de la boquilla	2,75 mm ²	No se especifica
Características de la lente	175 mm/f3,5	No se especifica
Montaje del filtro	Ranura horizontal de 1 mm con filtro infrarrojo número 87C	Filtro de IF
Valor que daña el sensor del receptor	Mayor que la luz solar directa	Mayor que la luz solar directa
Dirección principal de visión	Horizontal	20° bajo el horizonte
Campo de visión del receptor	100 mrad	100 mrad
Longitud del trayecto óptico	0,5 m	0,3-1,0 m

5 Sensores de luz solar

Los sensores de luz solar son dispositivos pasivos utilizados para medir automáticamente la radiación global y difusa proveniente del sol, así como la duración de la luz solar brillante durante el día. Los sensores de luz solar se utilizan para una gran variedad de aplicaciones que dependen todas de la detección del estado de la luz solar brillante y/o del nivel de la radiación solar. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define la luz solar brillante como un valor de

intensidad de luz mayor que 120 W/m^2 en exposición directa. Los sensores de luz solar tienen aplicaciones evidentes en meteorología operacional y de investigación, pero también se utilizan en sistemas de gestión de calefacción/refrigeración y sombra de edificios, en agronomía y agricultura y en climatología.

Existen diferentes tipos de sensores pero todos funcionan con el mismo principio básico. La unidad del sensor contiene uno o varios fotodiodos (algunas tienen muchos fotodiodos). La diferencia entre estos sistemas consiste en la forma en que se detecta la luz solar difusa o directa. Para poder detectar los dos parámetros, el dispositivo tiene que tener un sensor expuesto a la luz solar directa en cualquier momento del día, y tiene que poner a la sombra al menos un sensor. Hay diferentes formas para ocultar los fotodetectores de la luz solar directa. Algunos dispositivos utilizan un aro de sombra que se ubica entre el sensor y el arco en el que se mueve el sol durante el día. Otros dispositivos giran el sensor de forma que se ilumina alternadamente con un rayo directo o con un rayo difuso de luz solar; mientras que un tercer tipo contiene filas de sensores con un patrón de sombra sobre ellos, que pone al menos uno en la sombra y otro al rayo directo del sol, en todo momento durante el día.

CUADRO 4

Características de los sensores de luz solar

Parámetro	Sistema A
Tipo de detector	Fotodiodo
Sistema de sombra	Patrón que cubre varios fotodiodos
Gama de sensibilidad de radiación activa fotosintética (PAR)	0-2 500 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
Exactitud de medidas de radiación activa fotosintética (PAR)	0,6 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
Gama de sensibilidad de energía	0-1 250 W/m^2
Exactitud de medidas de energía	0,3 W/m^2
Gama de sensibilidad de la luminancia	0-200 klux
Exactitud de medidas de luminancia	0,06 klux
Ancho de banda de la respuesta espectral	400-700 nm
Tiempo de respuesta	<200 ms

6 Sensores de luminancia

Los sensores de luminancia miden la luminancia de fondo de la atmósfera. La luminancia de fondo afecta la evaluación de la visibilidad medida con sensores de visibilidad (transmisómetros). Son dispositivos pasivos muy parecidos a los sensores de luz solar.

CUADRO 5

Características de los sensores de luminancia

Parámetro	Sistema A	Sistema B
Tipo de detector	Fotodiodo de silicio	Fotodiodo de silicio
Gama de sensibilidad de luminancia	No se especifica	2-40 000 cd/m ²
Exactitud de medidas de luminancia	No se especifica	1 cd/m ²
Ancho de banda de la respuesta espectral	400-700 nm	400-700 nm
Dirección principal de visión	30° por encima del horizonte	30° por encima del horizonte
Campo de visión del receptor	87 mrad	105 mrad
Valor que quema el sensor	Mayor que la luz solar directa	Mayor que la luz solar directa
