



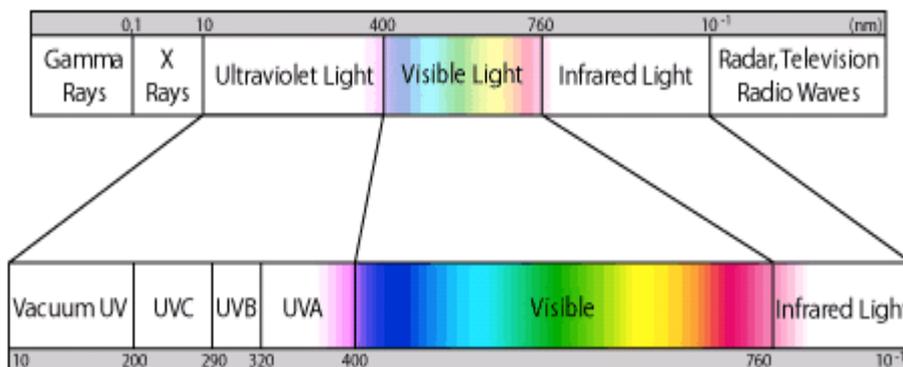
## LA RADIACIÓN SOLAR

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 Km/s

Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar.



La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

- Ultravioleta: 7%
- Luz visible: 43%
- Infrarrojo: 49%
- El resto: 1%

## INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR

Las medidas de la radiación son importantes para:

- Estudiar las transformaciones de la energía en sistema Tierra-Atmósfera.
- Analizar las propiedades y distribución de la atmósfera, los elementos que la constituyen, tales como los aerosoles, el vapor de agua, el ozono, etc.
- Estudiar la distribución y variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, de la medicina, de la agricultura, de la arquitectura, de la ingeniería y de la industria relacionadas con la radiación.



AEMet

### Referencia Radiométrica Mundial (WRR) y Grupo Mundial de Normalización (WSG):

En los últimos años, gracias al desarrollo experimentado por la radiometría absoluta, se ha mejorado enormemente la precisión de las medidas de la radiación. Por ello se ha definido una Referencia Radiométrica Mundial a partir de los resultados obtenidos con la realización de numerosas comparaciones de 15 pirheliómetros absolutos individuales.

La WRR se considera representativa de las unidades físicas de irradiancia total con una precisión superior a  $\pm 0.3\%$ . Fue adoptada por el congreso de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) en 1979 y se crea El Grupo Mundial de Normalización (WSG). Con objeto de garantizar la estabilidad a largo plazo de la nueva referencia, como WSG se utiliza por lo menos un grupo de cuatro pirheliómetros absolutos de distinto diseño. Los instrumentos del grupo se comparan entre sí al menos una vez al año. El WSG se mantiene en el Centro Mundial de Calibración Radiométrica en Davos (Suiza).



WSG de Davos (Suiza)



Batería de Pirheliómetros de Cavidad del WSG



AEMet



Intercomparación de patrones en el WSG de Davos (Oct-2005)

## MEDIDA DE LA RADIACIÓN DIRECTA

La radiación solar directa se mide por medio de pirheliómetros. Merced al empleo de obturadores, solamente se mide la radiación procedente del sol y de una región anular del cielo muy próxima al astro. En los instrumentos modernos, esta última abarca un semiángulo de  $2.5^\circ$  aproximadamente a partir del centro del Sol.

Generalmente el sensor está dotado de un visor en el que un pequeño punto luminoso coincide con una marca situada en el centro del mismo cuando la superficie receptora se halla en posición exactamente perpendicular al haz solar directo

Por lo que se precisa que todos los pirheliómetros vayan montados sobre un mecanismo que le permita un seguimiento muy preciso del Sol.



Pirheliómetro de primera clase Kipp-Zonen

Lo normal es que se calibren con el WSG en el transcurso de las Comparaciones Pirheliométricas Internacionales que se organizan cada 5 años. Un sensor referenciado al WSG puede usarse como patrón primario para calibrar de nuevo, por comparación y usando el sol como fuente, pirheliómetros secundarios de primera y segunda clase.



Pirheliómetro de cavidad propiedad del Centro Radiométrico Nacional

## MEDIDA DE LA RADIACIÓN GLOBAL Y DIFUSA

La radiación global se define como la radiación solar recibida de un ángulo sólido de  $2\pi$  estereorradianes sobre una superficie horizontal. La radiación global incluye la recibida directamente del disco solar y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera.

El instrumento necesario para medir la radiación global es el piranómetro. Este se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada (albedo). Para medir solamente la componente difusa de la radiación solar, la componente directa se cubre por medio de un sistema de pantalla o sombreado.



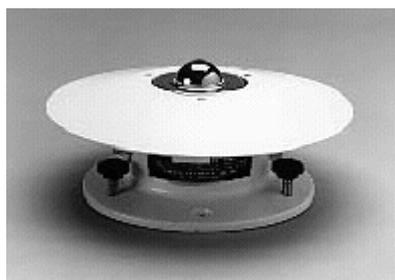
Piranómetro Kipp-Zonen



AEMet

## MEDIDA DE LA RADIACIÓN INFRARROJA

El instrumento usado para medir radiaciones de onda larga son los pirgeómetros. La mayoría de éstos eliminan las longitudes de onda cortas mediante filtros que presentan una transparencia constante a longitudes de onda largas mientras que son casi opacos a longitudes de onda más cortas (300 a 3000nm).



Pirgeómetro Eppley

## RADIACIÓN ULTRAVIOLETA:

La Radiación Ultravioleta cubre el rango espectral desde los 100 a los 400 nm. Se divide en:

- Ultravioleta C de 100 a 280 nm. absorbida totalmente por el ozono.
- Ultravioleta B de 280 a 320 nm. absorbida parcialmente por el ozono.
- Ultravioleta A de 320 a 400 nm. apenas absorbida por el ozono.

Aunque tan sólo representa el 7 % de la radiación total, los efectos que provoca sobre los seres vivos y el medio ambiente hace que sea muy importante.

Así las variaciones tiene una influencia relevante sobre la salud (cáncer de piel, cataratas), el clima (variación del balance energético terrestre), procesos biológicos (fotosíntesis), ecológicos (modificación de ecosistemas) y fotoquímicos (formación y descomposición de contaminantes). Todo esto unido a una posible disminución de la capa de ozono, provocando una mayor cantidad de radiación UV, resultaría muy dañino sobre todo para la salud humana.

Por todo esto la Organización Mundial para la Salud puso en marcha la medida sistemática de la radiación UVB. En este sentido la Unión Europea puso en marcha en 1996 la acción COST para estandarizar la medida de la radiación UVB en Europa.

Se define un estándar de peligrosidad de la radiación UV, que es el UVI (Índice Ultravioleta), que se calcula multiplicando la irradiancia eritemática en W/m<sup>2</sup> por 40. Con unos intervalos de peligrosidad según el índice:

0-3	Riesgo Bajo
4-6	Riesgo Medio
7-9	Riesgo Alto
>10	Riesgo Extremo

UVI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
CATEGORÍA	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO	EXTREMO



AEMet

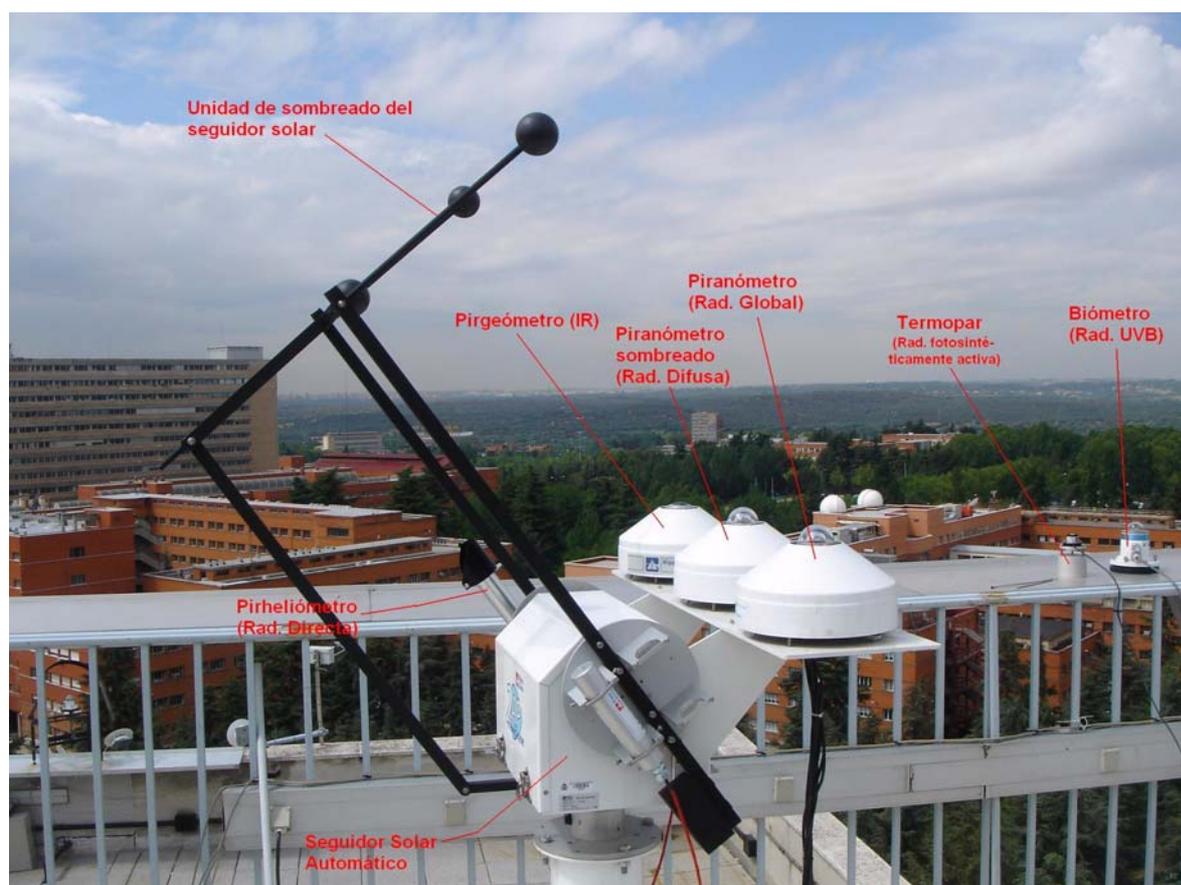
	I	II	III	IV
Tipos de piel				
Se broncea	Nunca	A veces	Siempre	Siempre
Se quema	Siempre	A veces	Rara vez	Nunca
Color de pelo	Pelirrojo	Rubio	Castaño	Negro
Color de ojos	Azul	Azul/Verde	Gris/Marrón	Marrón
1 MED	200 J/m <sup>2</sup>	250 J/m <sup>2</sup>	350 J/m <sup>2</sup>	450 J/m <sup>2</sup>

UVI	MEDIDAS DE PROTECCION	TIEMPO DE EXPOSICION
10 + Extremo	Fotosensibilidad Alta-Tipo de Piel I y Niños 	Menos de 15 min.
7-9 Alto		20 min.
4-6 Medio		30 min.
1-3 Bajo		Más de 60 min.
	Fotosensibilidad Media-Tipo de Piel III	
10 + Extremo		Menos de 30 min.
7-9 Alto		40 min.
4-6 Medio		60 min.
1-3 Bajo		Más de 60 min.

Para su medida se usan piranómetros específicos de ultravioleta. Estos normalmente utilizan un filtro de alta calidad para aproximar la respuesta espectral del aparato a la respuesta que presenta la piel humana a los efectos del Sol (Función eritemática).



Piranómetro de UVB de Kipp-Zonen



Instrumentación de una estación radiométrica tipo (CRN-Madrid)



AEMet

## LA RED RADIOMÉTRICA NACIONAL DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

### EL CENTRO RADIOMÉTRICO NACIONAL

Según la O.M.M. los Centros Radiométricos Nacionales son los encargados de servir como centro de calibración, mantenimiento y revisión, de los instrumentos de radiación, de las estaciones integrantes de cada Red Radiométrica Nacional, para lo cual:

- Debe poseer y mantener al menos un radiómetro absoluto, para su uso como patrón de referencia para la calibración de los instrumentos de la red radiométrica.
- Este radiómetro debe ser comparado con un Patrón de referencia regional al menos cada 5 años.
- Debe tener las instalaciones y equipos necesarios para la revisión y calibración del instrumental de la red radiométrica.
- También será el responsable de tener al día y preparar toda la documentación técnica necesaria para la operación y mantenimiento de la Red radiométrica.
- Todo esto tendrá como fin la recepción y el almacenamiento de todos los datos obtenidos en las estaciones de la red, asegurando su exactitud y fiabilidad.

En España el Centro Radiométrico Nacional (CRN), se halla adscrito a la Agencia Estatal de Meteorología, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, M. Rural y el CRN así mismo es el responsable de la compra, instalación, calibración y mantenimiento de todos los equipos de la Red Radiométrica Nacional.

En CRN se reciben, procesan y depuran, todos los datos de la Red Radiométrica.

A partir de estos datos se elaboran tanto medias, informes mensuales, página Web diaria con los datos de Radiación Ultravioleta B y capa de ozono. Se tramitan las peticiones de calibraciones y de datos, de usuarios, tanto de dentro de Aemet, como de organismos o empresas con convenios con la Agencia, como del público en General.

Todos estos datos se envían al Centro Mundial de Datos de Radiación de San Petersburgo (Rusia).

En la Estación del Centro Radiométrico Nacional situada en la Sede Central de la Agencia Estatal de Meteorología, en la Ciudad Universitaria de Madrid, se toman medidas de radiación Global, Directa, Difusa, Infrarroja, Radiación Ultravioleta A, Ultravioleta B y ultravioleta B difusa (con el sensor en sombra), Radiación solar global en planos inclinados, PAR (Radiación fotosintética), capa de Ozono, ultravioleta espectral y espesor óptico de aerosoles.

### LA RED RADIOMÉTRICA NACIONAL:

La Red Radiométrica de la Agencia Estatal de Meteorología tiene como finalidad la medida de la radiación solar en sus diferentes componentes (Global, difusa, directa y reflejada) y principales longitudes de onda (visible, infrarroja y ultravioleta). Está compuesta de 58 estaciones.

- 24 estaciones donde se mide radiación global, directa y difusa.
- 13 estaciones donde se mide radiación global y difusa.
- 22 estaciones donde se mide radiación infrarroja.
- 2 estaciones donde se mide además infrarroja reflejada.
- 26 estaciones donde se mide radiación ultravioleta B.
- 22 estaciones donde se mide solamente radiación global, de las cuales 21 son sensores integrados en estaciones automáticas en Aeropuertos.



AEMet

La Red Radiométrica Nacional está equipada con piranómetros termoelectricos (Radiación Global y Difusa), pirheliómetros (Radiación Directa), pirgeómetros (Radiación infrarroja), y piranómetros de banda ancha para medida de radiación ultravioleta, calibrados bianualmente por el Centro Radiométrico Nacional de la Agencia Estatal de Meteorología.

## RED RADIOMETRICA



En una estación principal tipo, gestionada directamente por el CRN, se miden las siguientes variables: Global, Directa, Difusa, infrarroja y UVB. Los equipos de global, directa, difusa e infrarroja, están montados sobre un seguidor solar automático y conectados a un Equipo de Adquisición de datos, que almacena datos minutales y con el que vía red, se conecta en tiempo real, descargándose y revisándose diariamente los datos.



AEMet



Estación del Centro Radiométrico Nacional – Aemet- Ciudad Universitaria-Madrid



Estación radiométrica de la Base de Virgen del Camino (León)

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Agencia Estatal de Meteorología



AEMet



Estación radiométrica de la Delegación de Valladolid



Estación radiométrica del Observatorio meteorológico de Cáceres

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Agencia Estatal de Meteorología



AEMet



Estación radiométrica de la Delegación de Murcia



Estación radiométrica de la Delegación de A Coruña

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Agencia Estatal de Meteorología



AEMet



Estación radiométrica de la Delegación de Barcelona



Estación radiométrica del Observatorio de Lleida



---

AEMet