

## RADIACION SOLAR (ONDA CORTA)

Energía solar proviene de fusión atómica:  $4H \rightarrow He + \text{energía (radiación + partículas)}$ .

- Espectro de radiación solar ( $\sim$ cuerpo negro a  $\sim 6000$  °K). Movimiento de la tierra en torno al sol según leyes de Kepler. Eclíptica. Plano del ecuador a  $23,5^\circ$  de la eclíptica. (estaciones del año): equinoccios y solsticios. Perihelio y afelio actual ( $\pm 3.5\%$ ). Parámetros orbitales: excentricidad eclíptica, inclinación del eje de rotación de la tierra, precesión (cabeceo del eje de rotación) (Milankovitch). ¿Manchas solares?
- *Constante solar (CS)*: Densidad de flujo radiante solar en una superficie perpendicular a rayos solares a la distancia media sol-tierra (1 UA) antes de penetrar en la atmósfera terrestre:  $CS = 1368 \pm 10 \text{ Wm}^{-2}$ . Para una distancia cualquiera ( $d$ ), esta densidad de flujo radiante vale  $CS' = CS (d/d_m)^2$ . En promedio de la densidad de flujo incidente sobre un  $m^2$  perpendicular a la superficie terrestre =  $CS \pi a^2 / 4\pi a^2$ .

- *Efecto general de la atmósfera sobre la radiación solar incidente en su tope:*

	Región Espectral		
	U. V.	Visible	I. R. cercano
Banda [ $\mu\text{m}$ ]	0.3 - 0.4	0.4 - 0.7	0.7 - 3.0
Efecto principal	absorción	dispersión Rayleigh	absorción
Elementos Responsables	Ozono	Moléculas de aire	H <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub>
% de energía en superficie terrestre	3	50	47

- **Declinación solar  $\delta$** : Es igual a la latitud geográfica  $\varphi$  en que el sol de mediodía cae verticalmente sobre ese lugar. En un día cualquiera del año, aproximadamente:

$$\delta = 23.45^\circ \cos\left(\frac{2\pi(d - d_{sv})}{365.25}\right)$$

donde  $d$  es el día juliano (0-365/366) para el cual se calcula la declinación solar y  $d_{sv}$  es el día juliano del solsticio de verano para el hemisferio norte ( $d_{sv} = \sim 173$ ).

- **Angulo cenital  $\chi$** : En un lugar geográfico dado por su latitud;  $\varphi$  para un día del año con declinación solar  $\delta$  y a una hora del día expresada a través del ángulo horario  $h$ , el ángulo cenital se calcula mediante la expresión:

$$\cos \chi = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cosh$$

en que  $h$  está expresado en radianes (24 horas = 360 grados =  $2\pi$  radianes):

$$h = \frac{2\pi}{24}(\text{hora}_{UTC} - 12) - \lambda \frac{2\pi}{360} = \frac{\pi}{12}((\text{hora}_{UTC} - 12) - \frac{\lambda}{15})$$

en que hora UTC es la hora del meridiano 0 (Greenwich) y  $\lambda$  es la longitud geográfica del meridiano local, positivo hacia el W (ej.: Santiago  $\lambda = +70.5$  (W)  $\pi/180$  [radianes]. Verifique que a **mediodía solar** (paso del sol por el meridiano local)  $h = 0$

- **Radiación solar global  $G$  ( $OC_{\downarrow}$ )** Es la densidad de flujo radiante solar que incide sobre un plano horizontal:  $G = DIRECTA$  (disco solar) +  $DIFUSA$  (hemisferio excluyendo disco solar). La proporción  $DIFUSA/DIRECTA$  depende de: elevación solar, altitud, nubosidad, dispersión y absorción en gases y aerosoles. Valor típico entre 0.10 y 0.25 para días despejados.
- **Insolación diaria:** (ID) Integral de  $G(t)$  entre las horas de salida y puesta del sol (que se calculan tomando  $\chi = \pm \pi/2$ ).
- **Albedo superficial ( $a^*$ ):** Es la reflectividad de una superficie horizontal a la radiación solar:  $OC_{\uparrow}/OC_{\downarrow}$  Valores típicos: nieve fresca (0.75-0.95), arena seca (0.35-0.45), concreto (0.17-0.27), asfalto (0.05-0.10), desierto (0.25-0.30), selva (0.05-0.20), cultivos (0.15-0.25), mar (0.02-0.10). Radiación absorbida en la superficie:  $OC_{\downarrow}(1-a^*)$
- **Albedo planetario ( $a^{**}$ ):** tierra (0.30), luna (0.10), venus (0.80), marte (0.16).
- **Transmisividad neta =  $\tau_N$ :** Aplicando la **ley de Beer** a una atmósfera homogénea en la que incide verticalmente  $CS' \cos \chi$ , la atenuación de la radiación por reflexión (nubes), absorción (UV e IR cercano) y dispersión (visible) en la atmósfera, se puede representar mediante una "absorción equivalente" con un coeficiente de absorción  $K$  independiente de la altura y de la longitud de onda. La energía solar que alcanza la superficie por unidad de área y de tiempo  $OC_{\downarrow}$  se puede expresar como:

$$OC_{\downarrow} = CS' \cos \chi \exp(-K \bar{\rho} z_T) = CS' \cos \chi T_N$$

donde  $\bar{\rho}$  es la densidad media del gas absorbente y  $z_T$  es el espesor efectivo de la atmósfera.

$\tau_N$  de la atmósfera se puede estimar mediante expresiones empíricas que incluyen la fracción de cielo con nubosidad alta ( $f_{sH}$ ), media ( $f_{sM}$ ) y baja ( $f_{sL}$ ) (e.g. Stull, 1998):

$$T_N = (0.6 + 0.2 * \cos \chi)(1 - 0.4 * f_{sH})(1 - 0.7 * f_{sM})(1 - 0.4 * f_{sL})$$

- **Medición de  $OC_{\downarrow}$ :** mediante un **piranómetro** donde la diferencia de temperatura entre los sectores negros (~ 100 % absorbentes) y los blancos (~ 100 % reflectantes) obtenida de termocuplas en serie resulta proporcional a  $OC_{\downarrow}$ . La radiación solar difusa se mide con el mismo instrumento al que se adiciona una huincha en el plano ecuatorial que oculta el disco solar sobre el instrumento
- **BUENAS MEDICIONES SON IRREEMPLAZABLES.....**