

Geometría solar y seguimiento

Aclaraciones Lectura

- Feed in Tarif

JHaas



Hoy

- Geometría Solar
 - Ángulos solares
 - Declinación (t)
 - Excentricidad (t)
 - Altura solar (t)
- Seguimiento solar





Geometría solar

Geometría solar

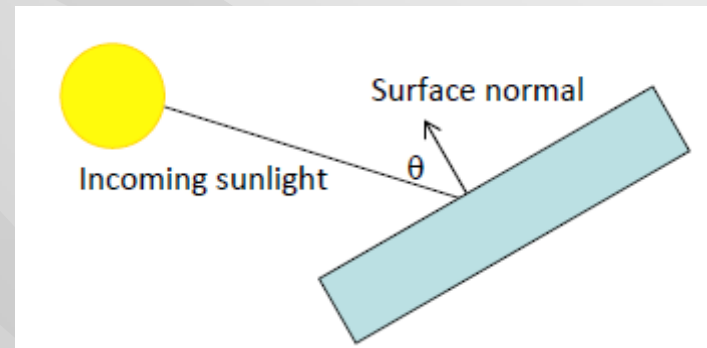
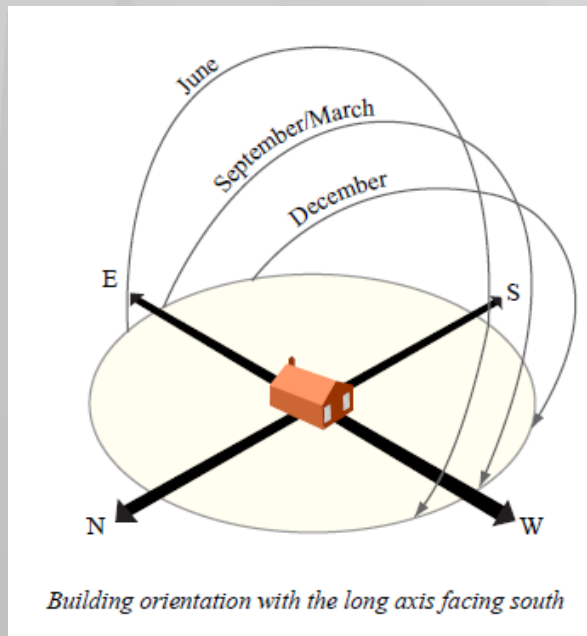
- ¿Cómo incide la radiación en una superficie inclinada?
- ¿Qué radiación se espera según la hora del día?
- ¿Cuánta energía incide durante un año?
- ¿Cómo maximizar la energía solar disponible (seguimiento)?



Geometría solar

Pregunta de motivación

- ¿Cómo inclino mis paneles solares?
- ¿Seguimiento ?

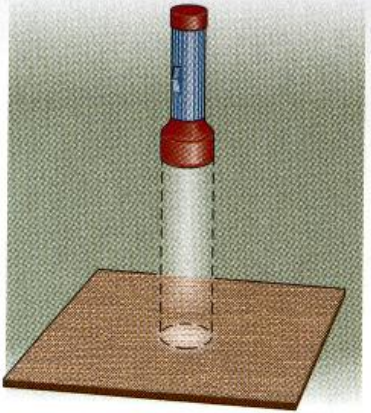


¡El ángulo sí importa! Mientras más chico θ , mayor energía

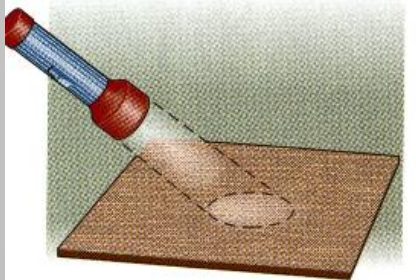


Superficie inclinada/horizontal

- ¿Cuál tiene mayor intensidad por área?



(a)



(b)



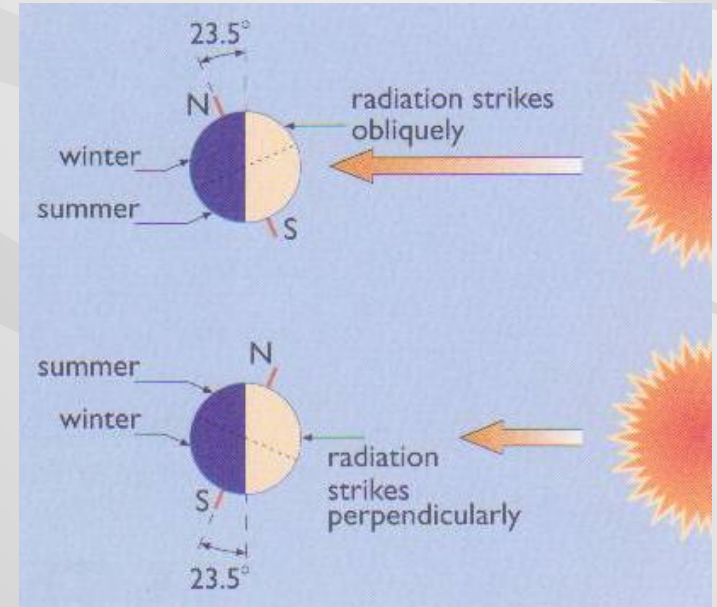
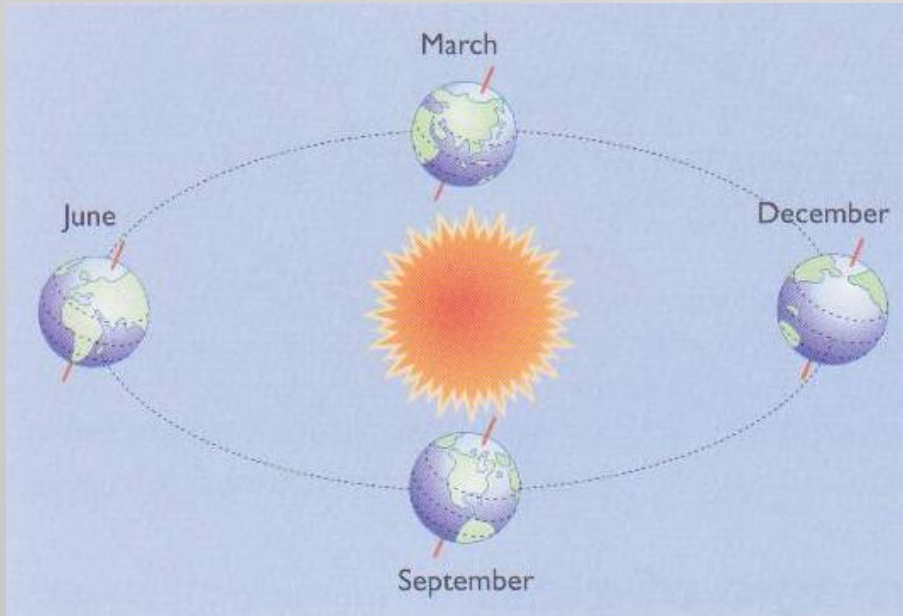
Variación recurso

Según

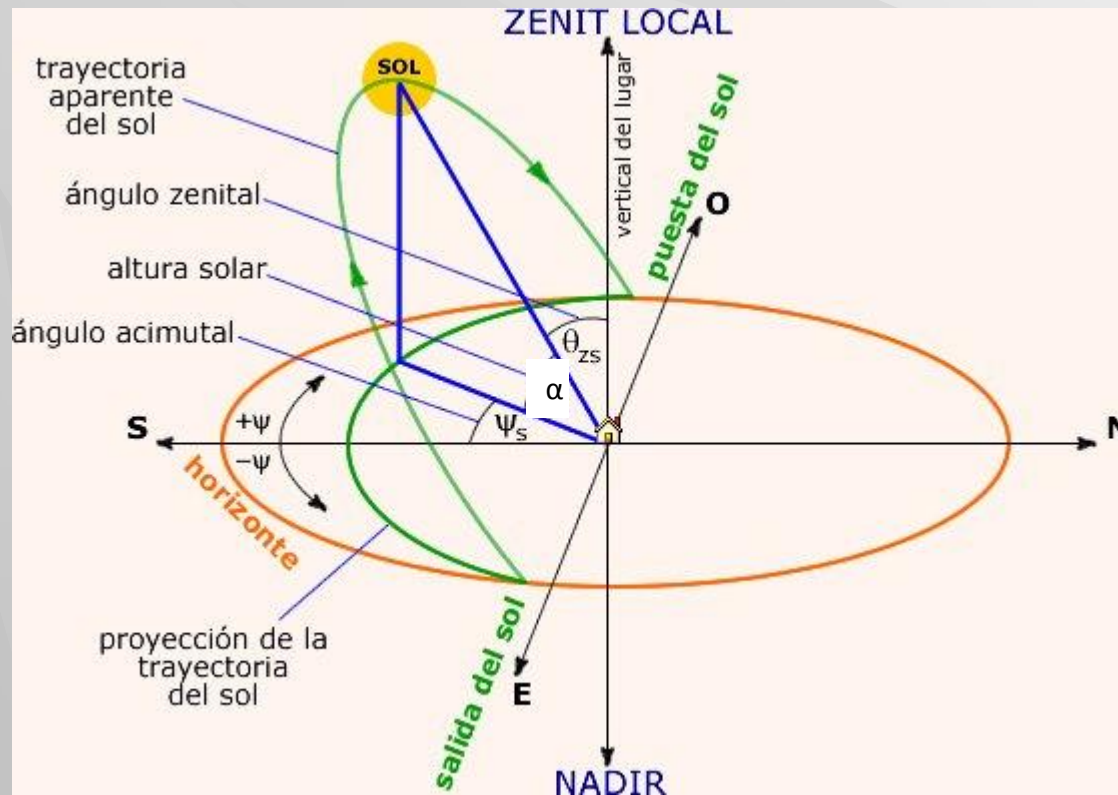
- Latitud
- Condiciones climáticas locales
- Hora
- Estación
- Año (años secos/húmedos)
- Altura



Origen de las estaciones



Definición de ángulos



Definición de ángulos

Si pensamos en la trayectoria del sol, para un día cualquiera,

La **altura solar α** es:

“Cuánto ha subido el sol desde el horizonte”

El **azimut ψ** es:

“El desplazamiento a la izquierda (tarde) o derecha (mañana) que está el sol respecto a su posición al mediodía (norte).”

El **ángulo horario ω** es:

“El ángulo medido en la bóveda del cielo, entre el meridiano del observador y el meridiano solar.”

Cambia 15 grados cada hora



Variación horaria

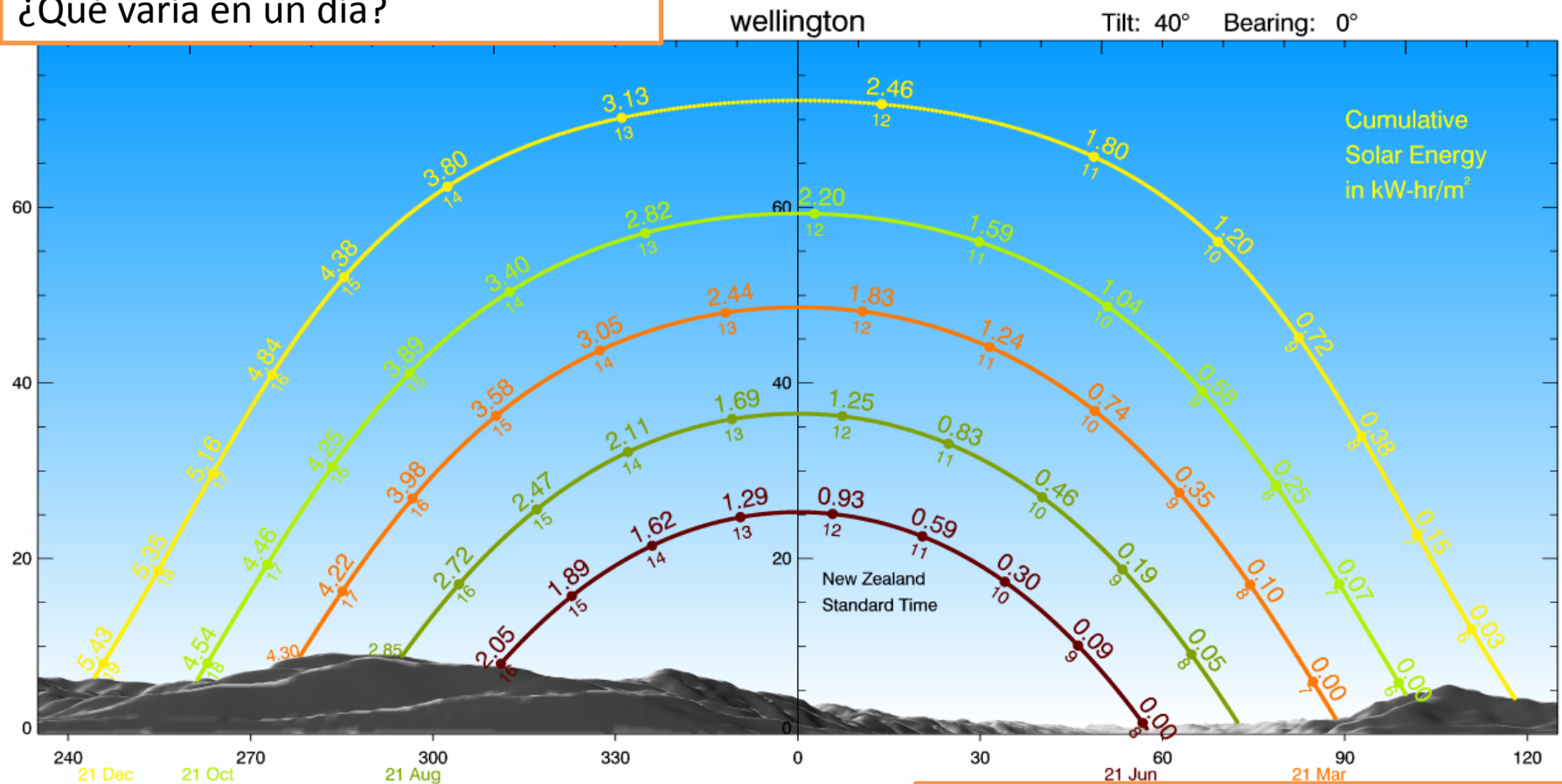
- Elevación del sol (altura)
- Recorrido azimutal (este-oeste)

¿Por qué la intensidad de radiación varía en el día?



Variacion horaria - estacional

¿Qué varía en un día?



¿Qué varía a lo largo del año?



Variación estacional

- Declinación

La declinación solar es el ángulo formado por una línea que une los centros de la tierra y el sol, y el plano ecuatorial.

Varía día a día.

- Excentricidad de órbita

- Duración de día



Variación estacional

- Declinación



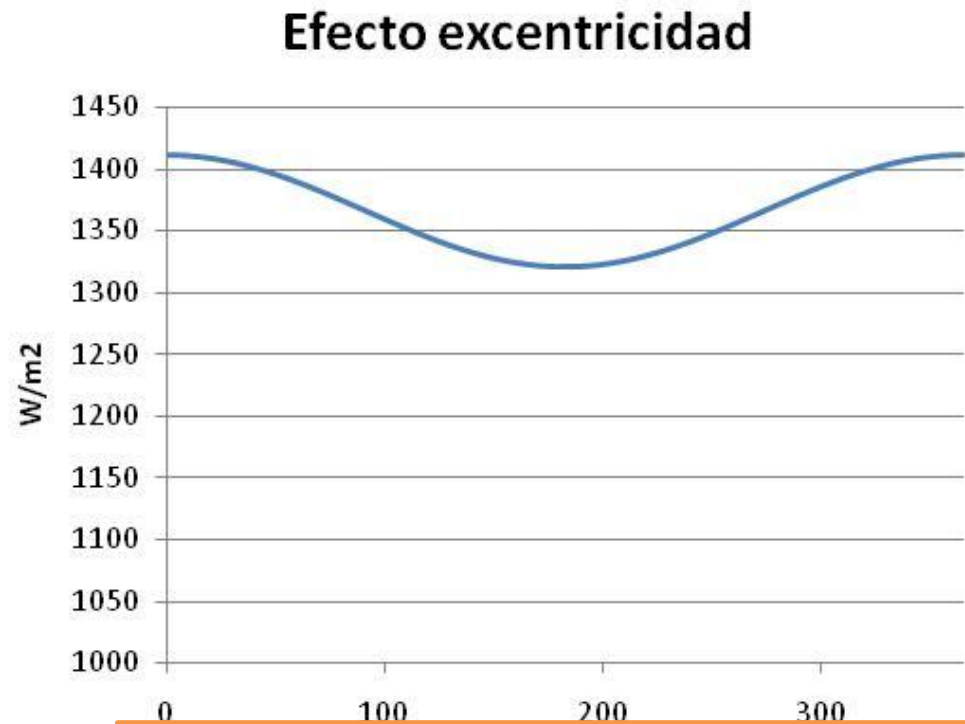
¿Cómo inclinar un panel en Iquique?



Variación estacional

- Factor de corrección de la excentricidad de la órbita de la tierra (Duffie y Beckman)

$$E_o = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 = 1 + 0.033 \cos \frac{2\pi d_n}{365}$$

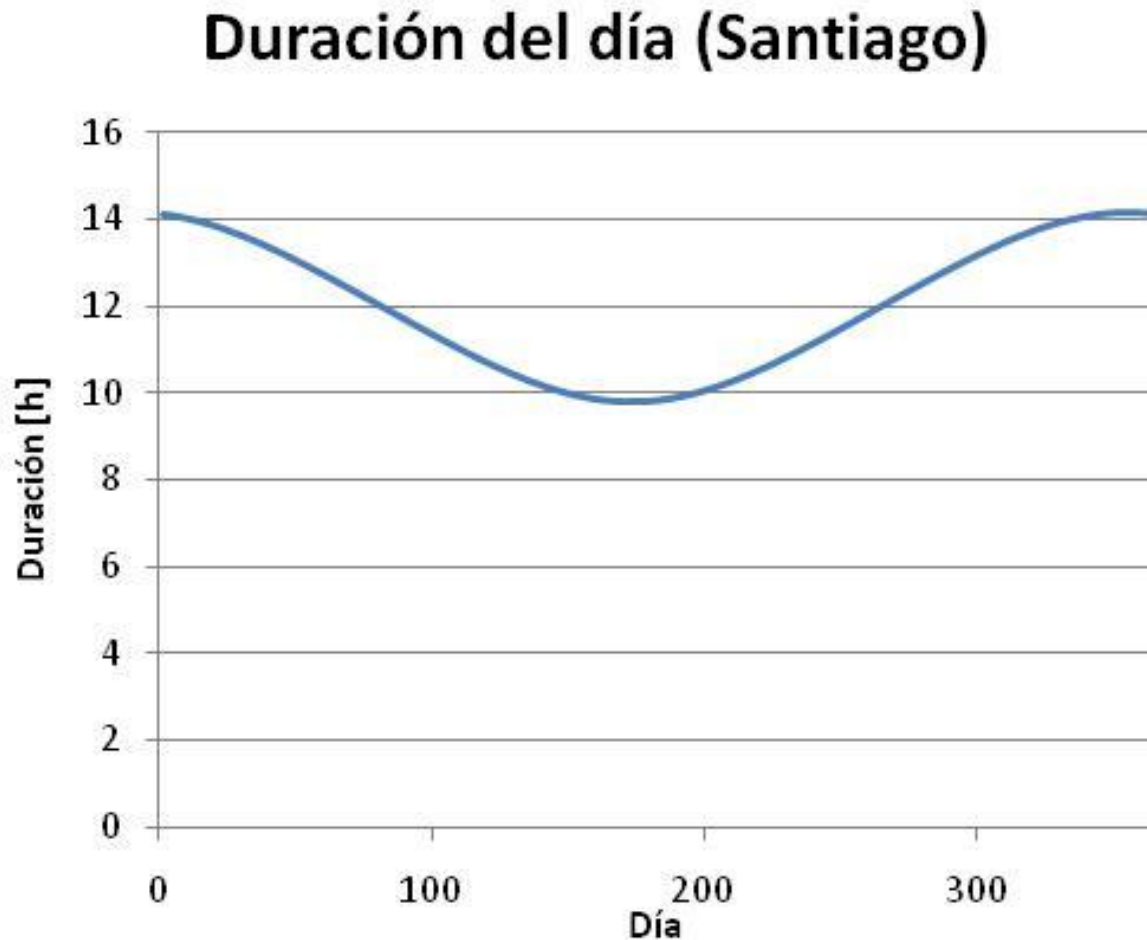


¿En cuántos % influye la excentricidad?



Variación estacional

- ¿Cuándo sale el sol? ¿Cuánto dura el día?



Combinando efectos... (superficie horizontal)

- Energía que incide sobre superficie horizontal en día i , entre salida y puesta de sol:

$$Insolación_{día_i} \left[\frac{Wh}{m^2} \right] = \int_{h_s}^{h_p} (1 - \%) G(h) \frac{24}{2\pi} dh$$

- Variación de la radiación a lo largo del día (y año al cambiar demás parámetros)

$$G(h) = CS E_0 \cos \theta$$

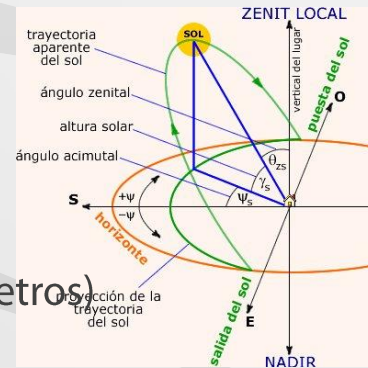
- Ángulo zenital θ es función de la declinación solar δ , latitud ϕ , y ángulo horario h

$$\cos \theta (\delta, \phi, h) = (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cosh)$$

equivalente a: $\sin(\alpha = \text{altura solar})$

Desplazamiento angular (desde el mediodía) en plano de movimiento aparente del sol: Ω

$$h = \omega = 15(12 - T)^{\circ}$$



Combinando efectos... (superficie horizontal)

- Declinación solar

$$\delta (\text{día}_{juliano}) = 23,45 \cos \left(\frac{2\pi(\text{día} - 173)}{365,25} \right)$$

- Duración día

$$\cosh_s = - \frac{\text{sen} \delta \text{ sen} \phi}{\text{cos} \delta \text{ cos} \phi}$$

$$h_s = \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi)$$

$$N_{\text{día}} [\text{horas}] = 2 \frac{24}{2\pi} \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi)$$



Pasos

1. Declinación solar (y excentricidad)
2. Hora salida/puesta solar
3. Evaluar integral entre $-h_s$ y $+h_s$ (radianes)

$$Insolación_{día_i} \left[\frac{Wh}{m^2} \right] = \int_{h_s}^{h_p} (1 - \%) G(t) \frac{24}{2\pi} dh$$

4. Unidades del resultado?



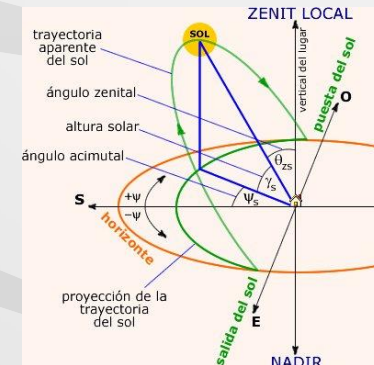
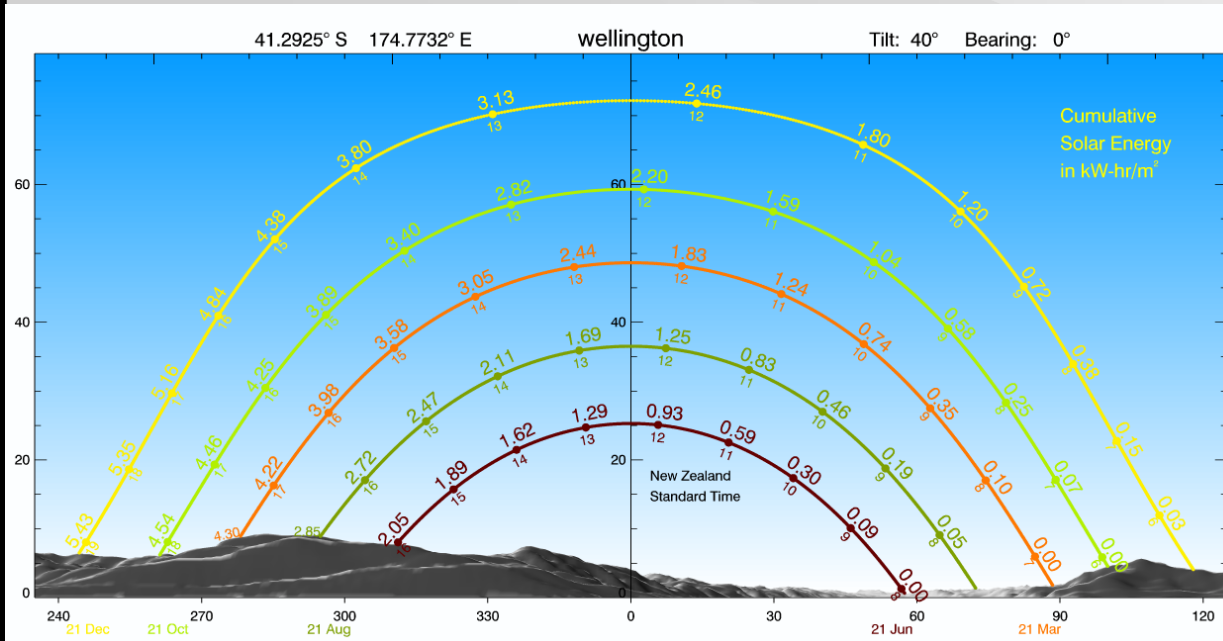
Pregunta

- ¿Cuánta radiación recibe Santiago el 21 de Diciembre al medio día (solar) extra-atmosféricamente?
- ¿Y a nivel de superficie?



Variacion horaria - estacional

- Qué falta para hacer diagrama?



Posición angular PSI este/oeste respecto el norte

$$\cos \psi = \frac{\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cos \phi}$$

