



EL RECURSO SOLAR

Ordenes de Magnitud Involucrados

- Potencia emitida o radiada por el sol = 4×10^{20} [MW]
- Energía solar interceptada por la Tierra = 10^{15} [MWh/año]
- Energía Consumida Mundial del orden = 10^{11} [MWh/año]

Resumen

El estudio y dimensionado de sistemas de aprovechamiento de energía solar requiere conocer la radiación que incide sobre el elemento captador: su intensidad y distribución horaria, mensual y anual.

Conocer la trayectoria del Sol → diseñar edificios, inclinar los colectores solares, construir seguidores solares.

Posición del Sol → Ecuaciones

Día claro:

Ecuaciones → Irradiancia en cada lugar y momento

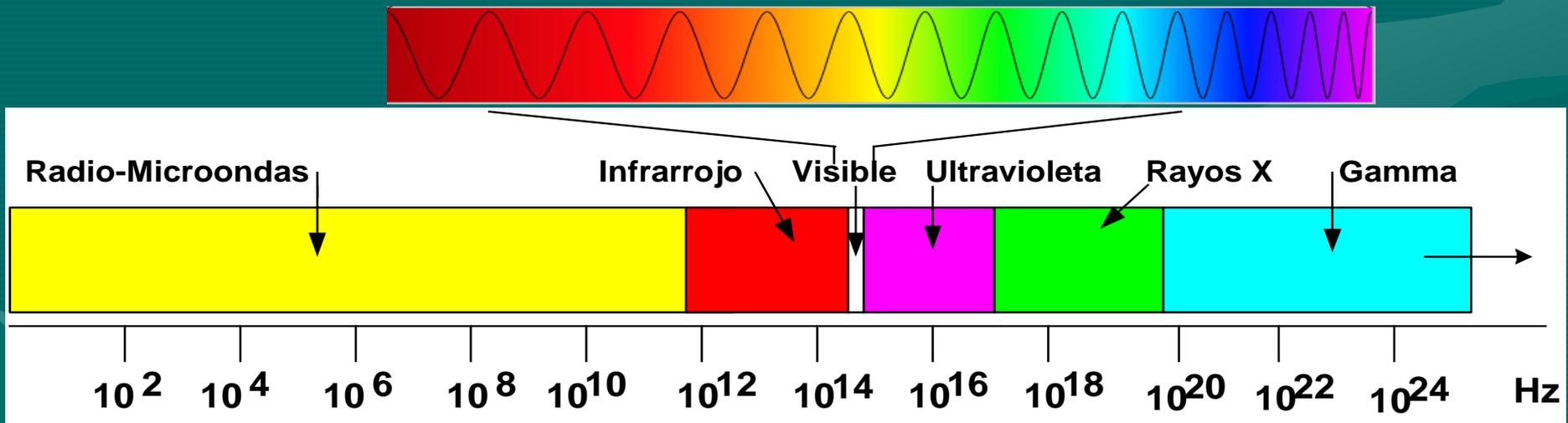
Combinación de día claro y nublado:

Mediciones sobre superficie horizontal → Irradiación diaria promedio sobre superficie horizontal → modelo matemático → Irradiación sobre superficies inclinadas

RADIACION ELECTROMAGNETICA

Es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes y perpendiculares entre sí, que se propagan a través del espacio transportando energía.

Tiene un comportamiento dual onda-partícula (fotón).



Espectro Solar

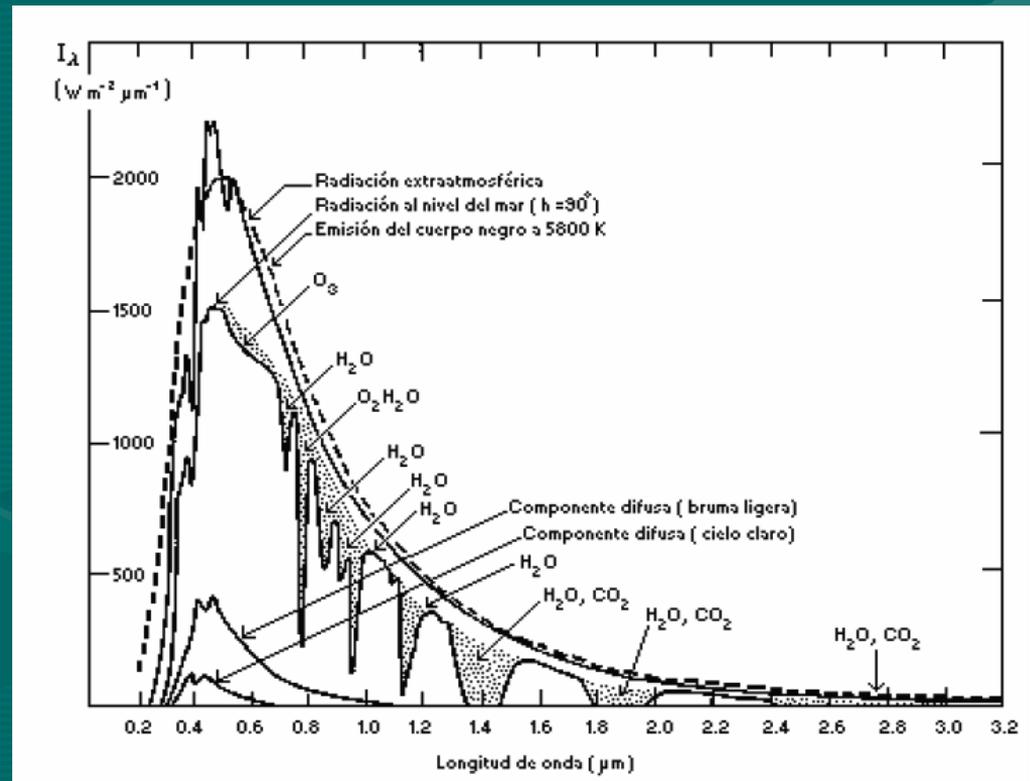
Distribución espectral de potencia: forma en que se muestra la variación de la densidad de potencia contenida en la radiación solar en función de la variación de la longitud de onda λ .

UV \rightarrow 0.2 a 0.38 [μm]; LV \rightarrow 0.38 a 0.78 [μm]; IR cercano \rightarrow 0.78 a 3 [μm]

Todo cuerpo emite radiación en función de su temperatura

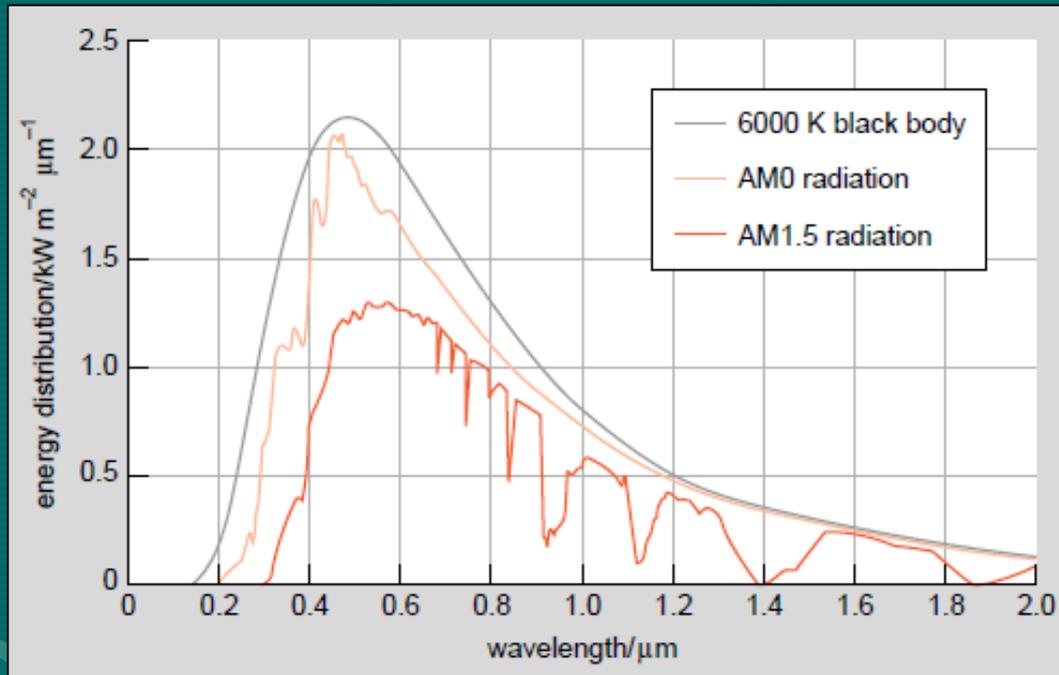
Se puede encontrar un cuerpo negro teórico equivalente que tenga una distribución espectral similar a la del cuerpo real

Modelo físico que tiene la propiedad de ser perfecto emisor y absorbedor (nada se refleja nada se transmite).



El Sol emite radiaciones que sufren absorciones discontinuas en su propia atm. y luego en la atm de la Tierra → irregularidad en la curva.

Cada elemento químico tiene su esquema de líneas de absorción.



Radiación que atraviesa la atm. sufre los siguientes efectos:

- disminución de energía**
- modificación de car.espectrales**
- modificación de distribución.**

Parte de la radiación solar que incide sobre la atm. de la Tierra:

- Reflejada directamente.**
- Difundida**
- Absorbida (interacción con los diferentes componentes presentes (vapor de agua, CO_2 , O_3 , partículas en suspensión)).**

Expresiones

Ley de Planck

$$P_{\lambda} = \frac{3.74 \times 10^{-8}}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{14400}{\lambda T}\right) - 1 \right]} \left[W / m^2 \mu m \right]$$

P_{λ} = Densidad de Potencia emitida por un cuerpo negro, en una λ [W/ m² μ m]
 λ = longitud de onda [μ m]
T = temperatura [°K]

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} \left[\mu m \right]$$

El máximo de la curva de distribución espectral de potencia

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \left[J \right]$$

h = cte de Planck = 6.626×10^{-34} [J·s]

f = frecuencia de la onda [hz]

c = velocidad de la luz = 3×10^8 [m/s]

λ = longitud de onda [m]

La radiación electromagnética radiada se puede considerar como compuesta de partículas elementales de energía, (fotones). El fotón contiene una cantidad fija de energía E.

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \left[W / m^2 \right]$$

P = Potencia total emitida por el cuerpo negro [W]

A = Area del cuerpo negro [m²]

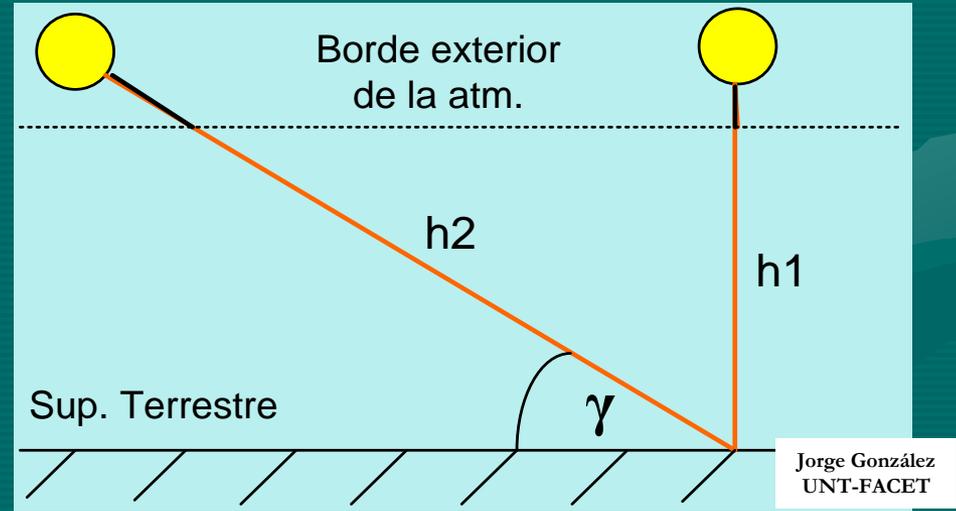
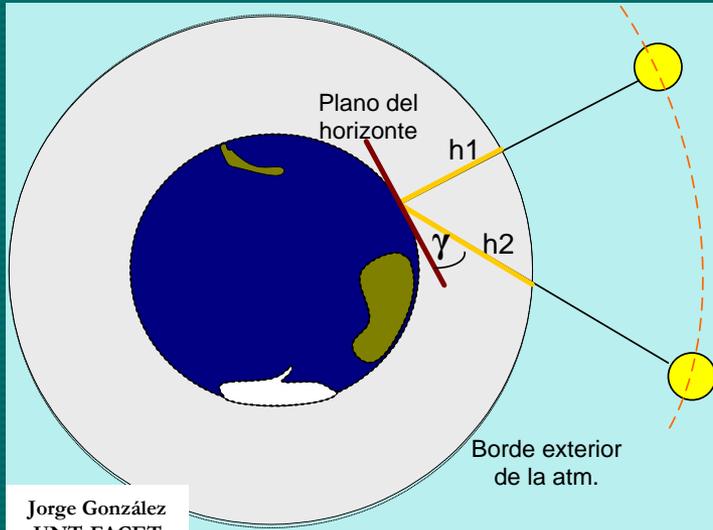
σ = cte de Stefan-Boltzmann = 5.67×10^{-8} [W/m² K⁴]

T = temperatura [°K]

Ley de Stefan-Boltzmann

Masa de Aire

La forma de la curva de $P\lambda$ también depende de la cantidad de atmósfera que la radiación deba cruzar \rightarrow Masa de Aire (AM)



$$AM(\gamma) = \frac{h_2(\gamma)}{h_1} = \frac{1}{\text{sen } \gamma}$$

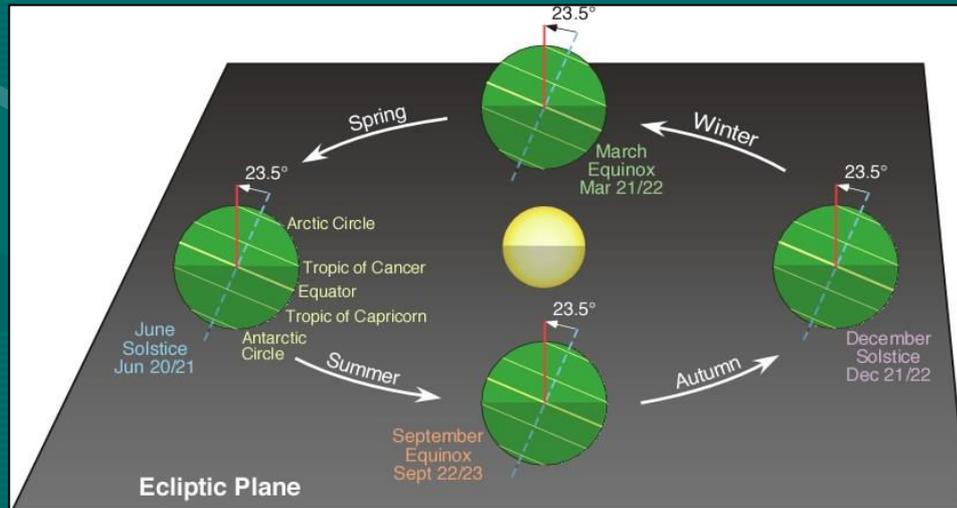
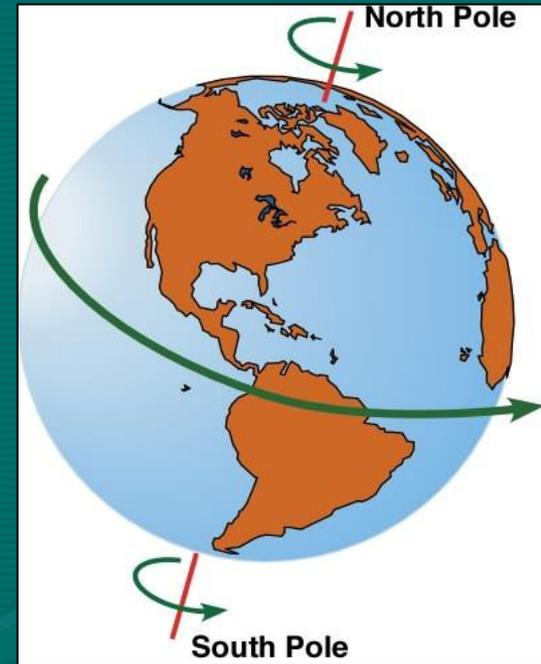
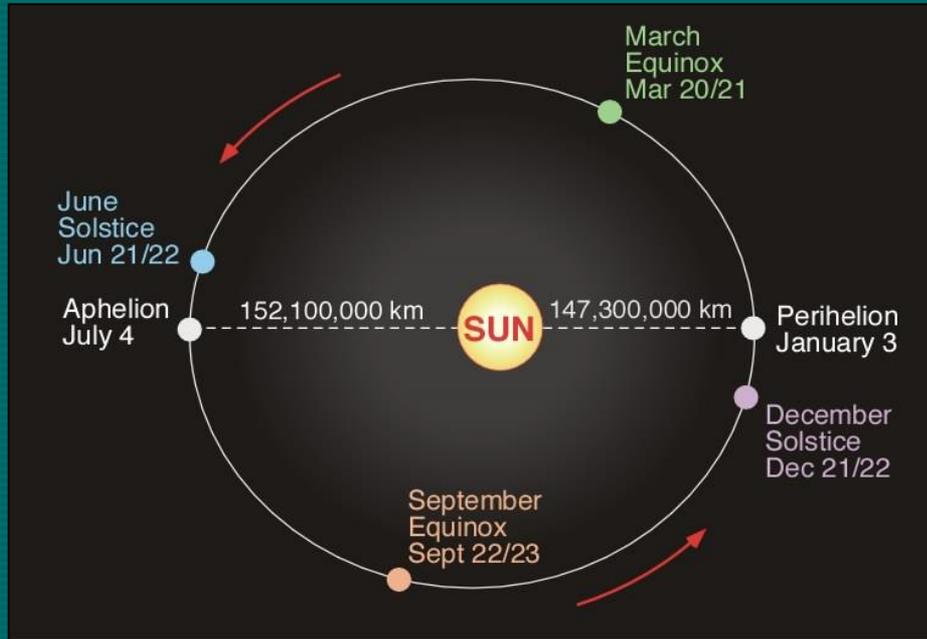
Cuanto más atm. debe atravesar la radiación, menos energía llega a la superficie (mayor absorción)

$h_1 \approx \text{cte} =$ longitud del camino del rayo en la atm. considerando al sol encima de la cabeza

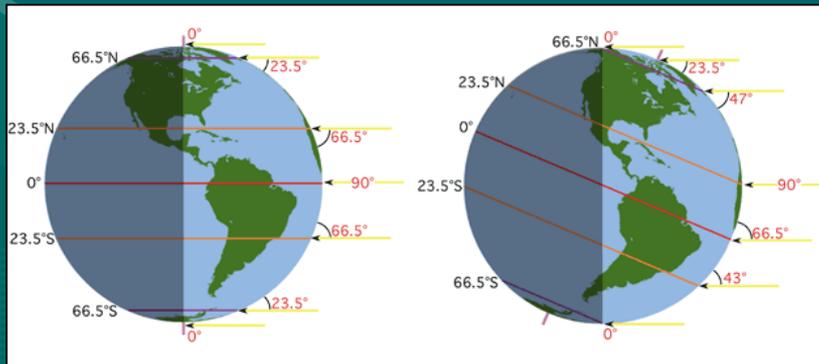
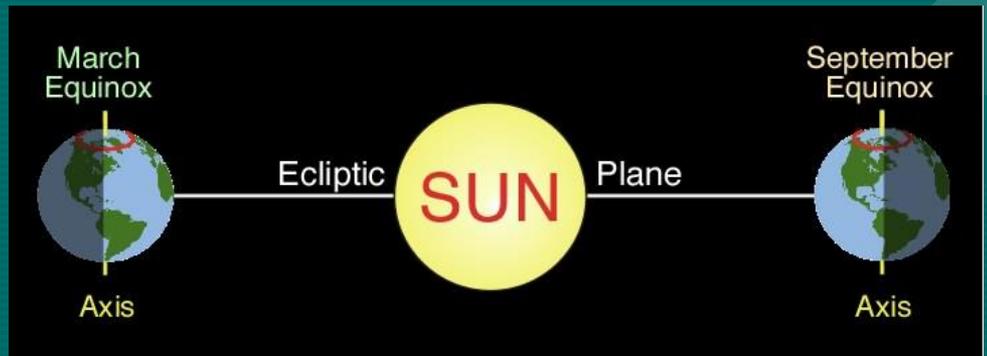
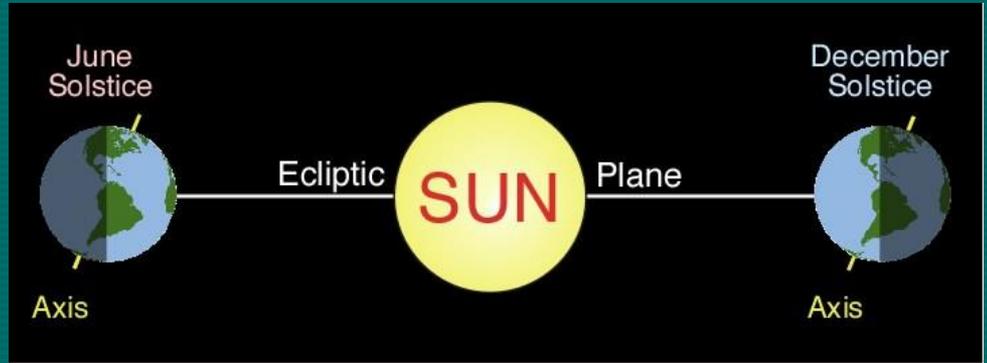
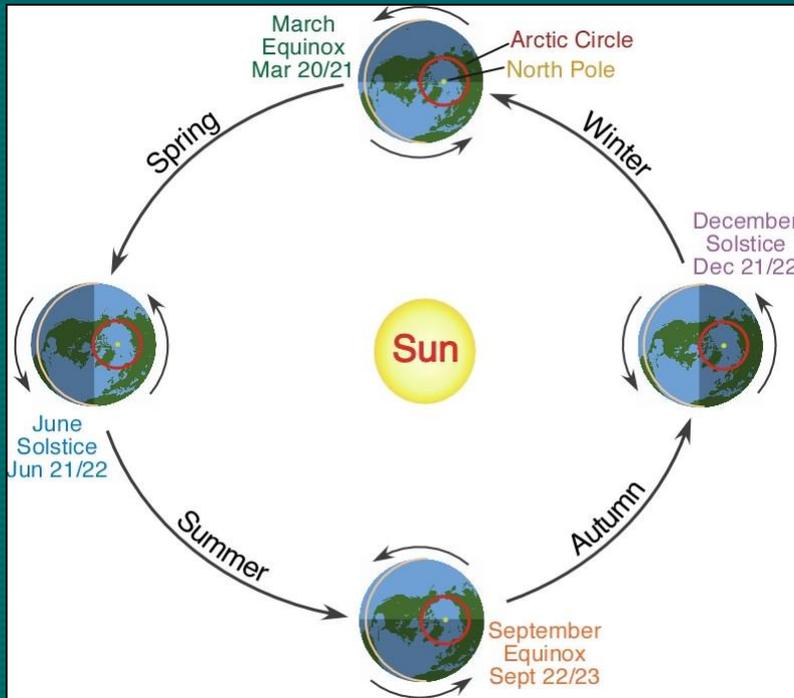
$h_2 =$ longitud del camino del rayo en la atm. considerando al sol en un punto cualquiera

$\gamma =$ ángulo de altitud solar

La Orbits Terrestre

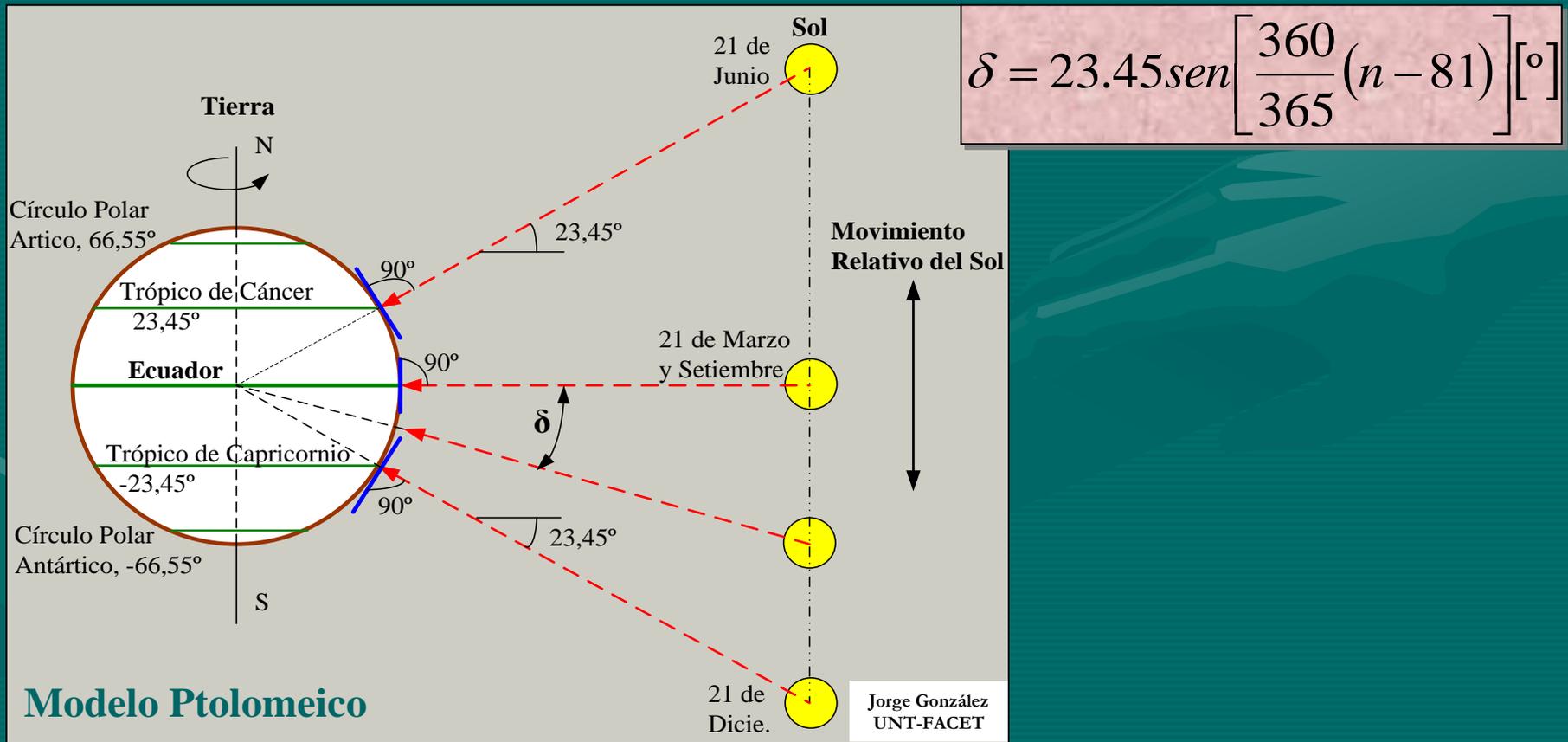


- Traslación, Rotación
- Excentricidad
- Eclíptica, eje polar
- Solsticios, Equinoccios

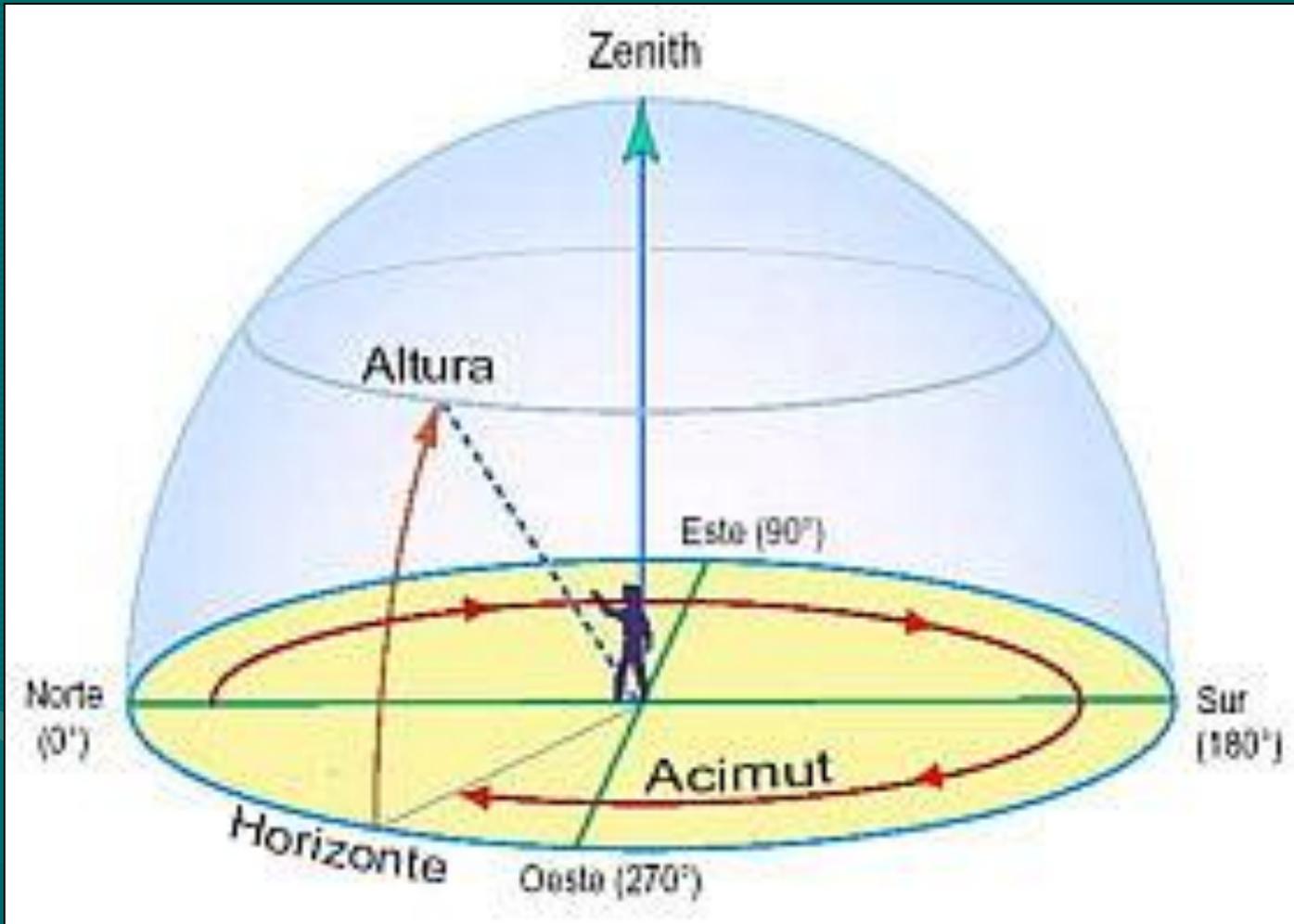


Declinación Solar

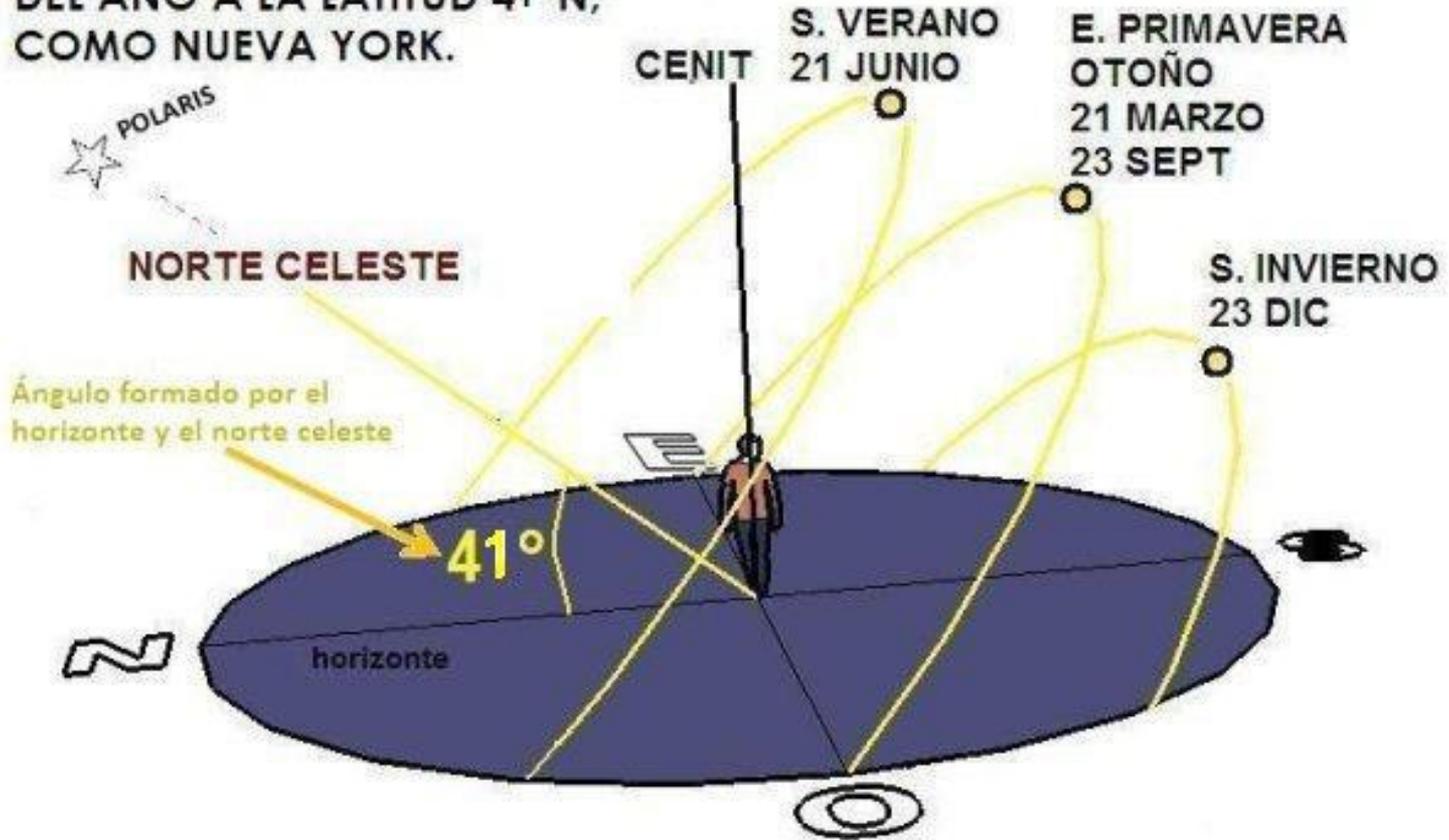
Es el ángulo δ formado entre el plano del ecuador y la línea que va del centro del Sol a la Tierra, que varía entre $\pm 23,45^\circ$.

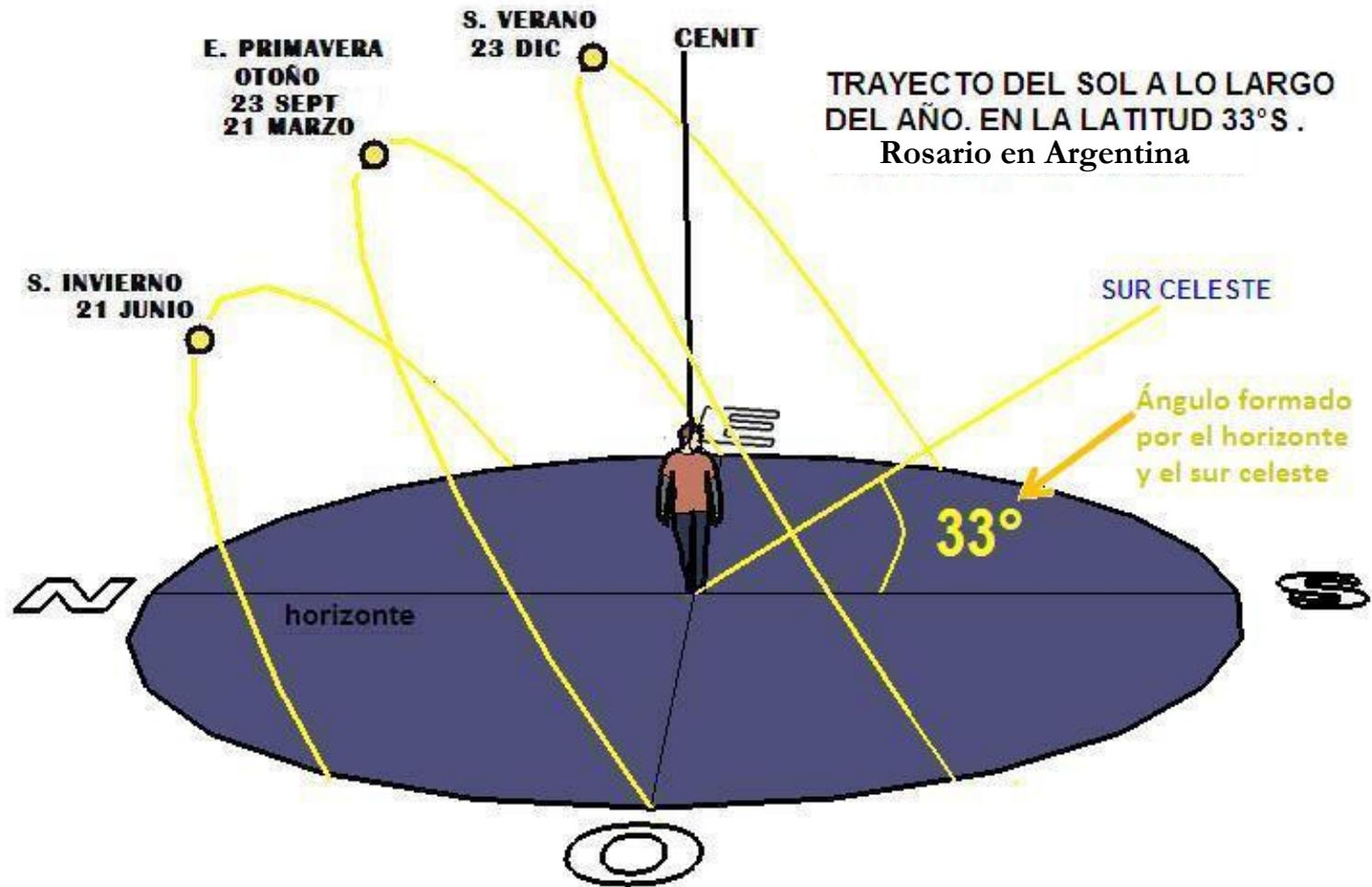


Sistema de Referencia

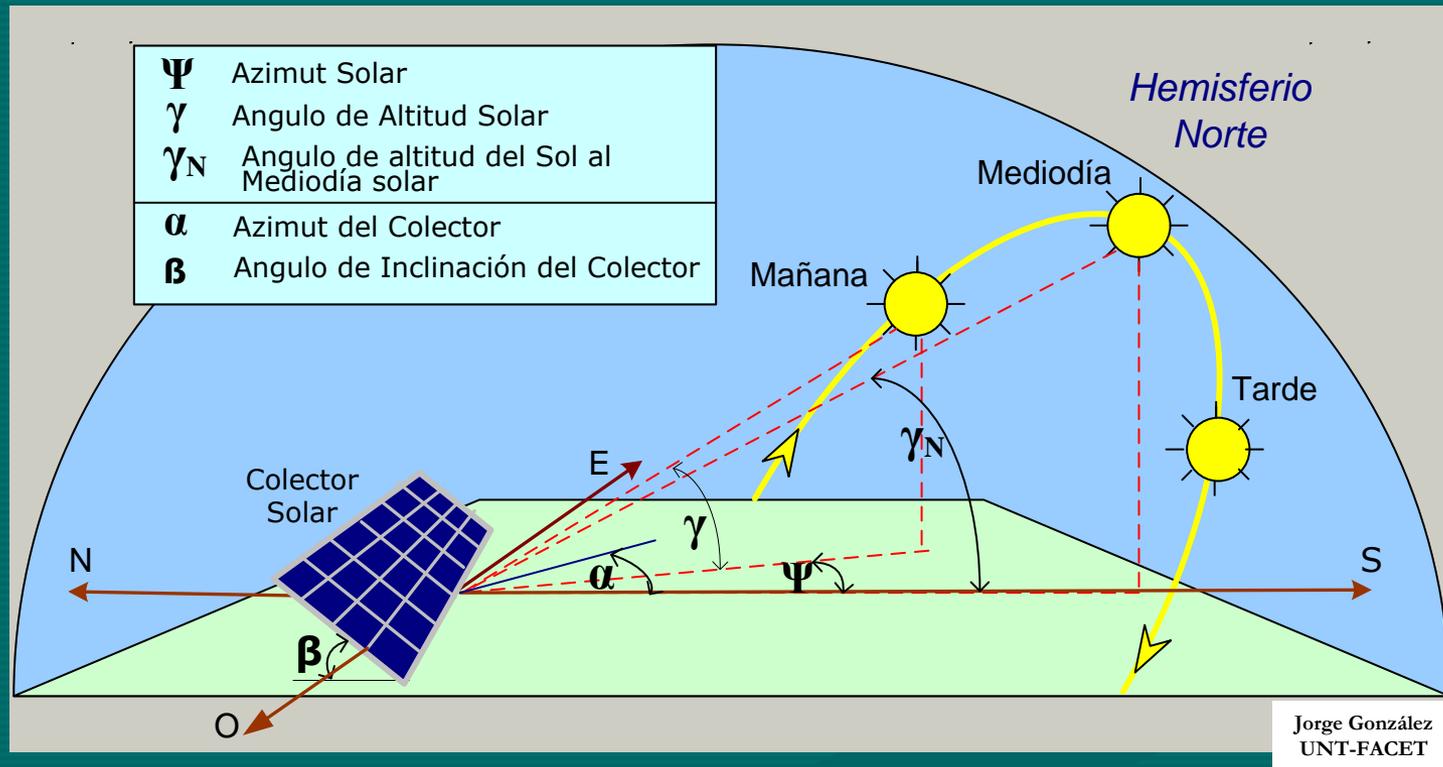


**TRAYECTORIA DEL SOL A LO LARGO
DEL AÑO A LA LATITUD 41°N,
COMO NUEVA YORK.**





Posición Solar en cualquier instante del tiempo (HN)



La posición del Sol queda definido si se conoce: γ y Ψ

Ψ se considera positivo a la mañana y negativo a la tarde (eje N ref.)

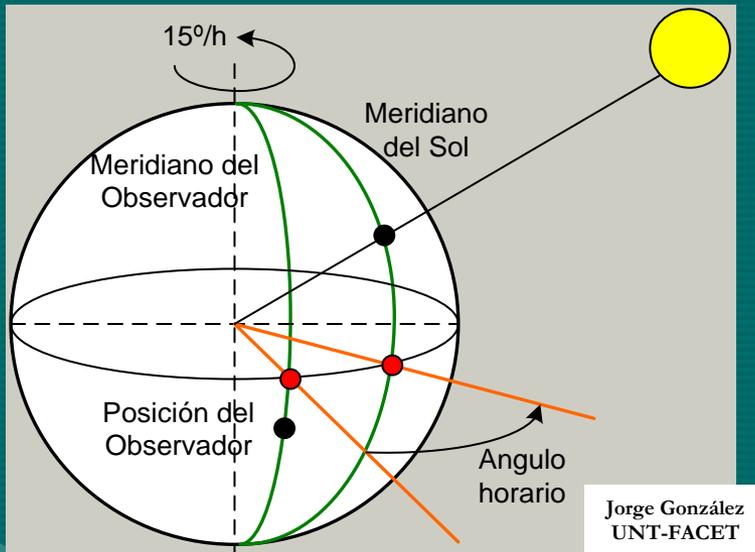
$$\text{sen } \gamma = \cos L \cos \delta \cos H + \text{sen } L \text{sen } \delta$$

L = latitud **H** = ángulo horario

$$\text{sen } \psi = \frac{\cos \delta \text{sen } H}{\cos \gamma}$$

Angulo horario

Es el ángulo H formado por el meridiano del observador y el meridiano donde se encuentra el sol = meridiano local – meridiano solar



$$H = \left(\frac{15^\circ}{\text{hora}} \right) \times (\text{hs. antes.} / 2.\text{dia.solar})$$

Las 10 hs AM $\rightarrow H = +30^\circ$

Las 15 hs AM $\rightarrow H = -45^\circ$

Angulo horario del sol naciente y poniente cuando $\gamma = 0^\circ$:

$$H_{SR} = \cos^{-1}(-\text{tg}L\text{tg}\delta)$$

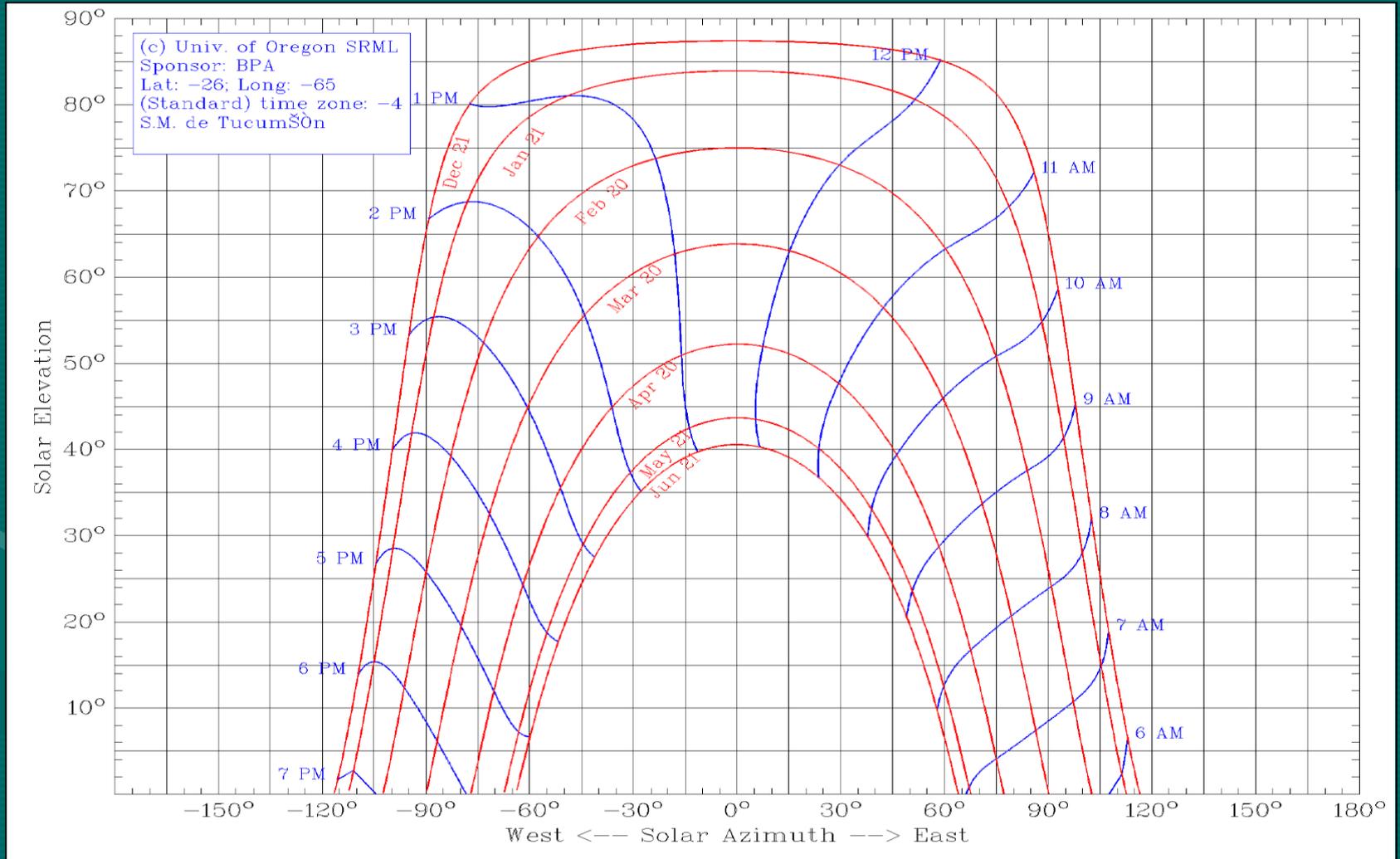
+ para sol naciente

- para sol poniente

Trayectorias o Caminos Solares

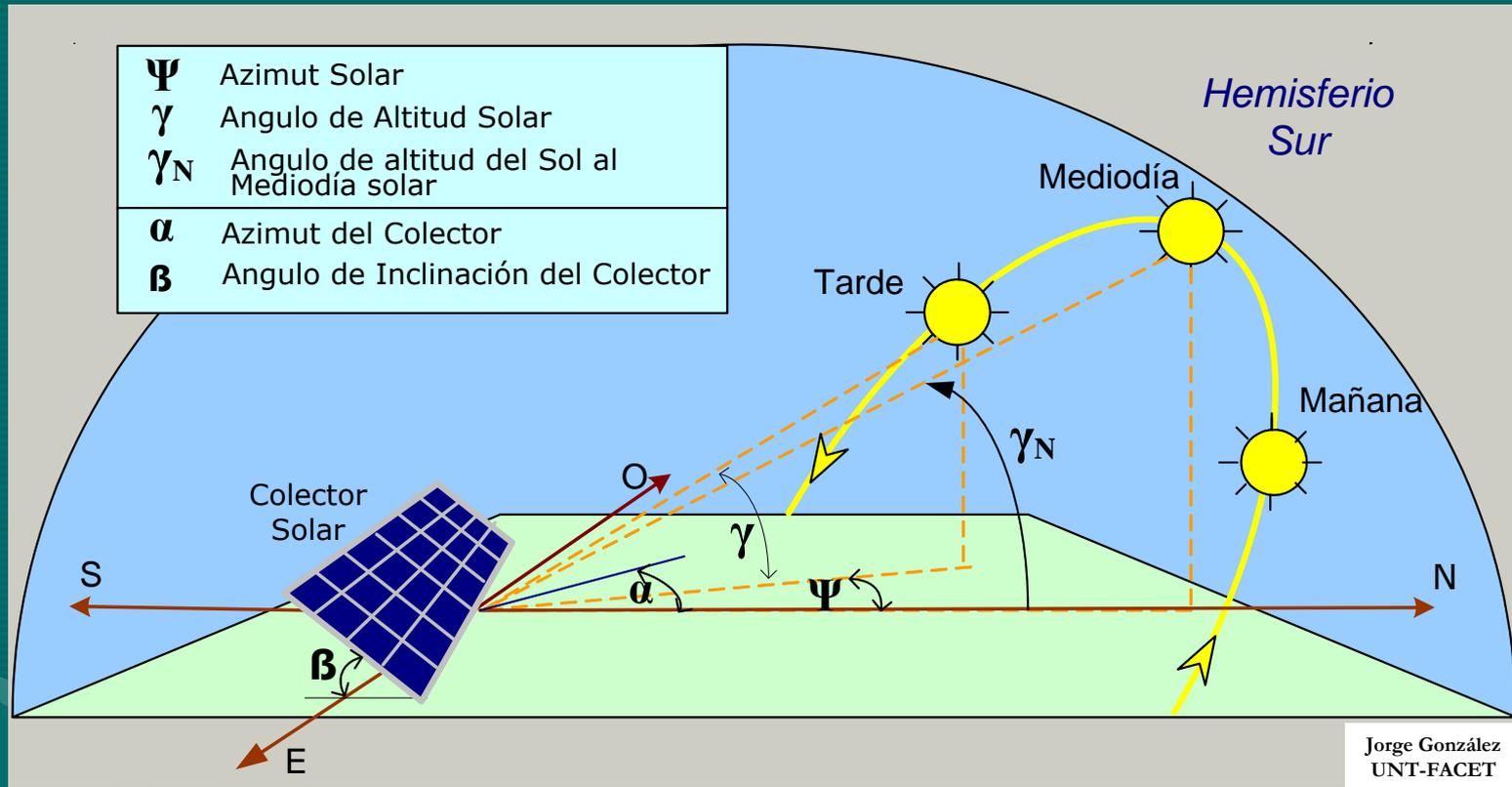
Grafica la trayectoria solar en función de Ψ y γ , hora, día y latitud.

<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

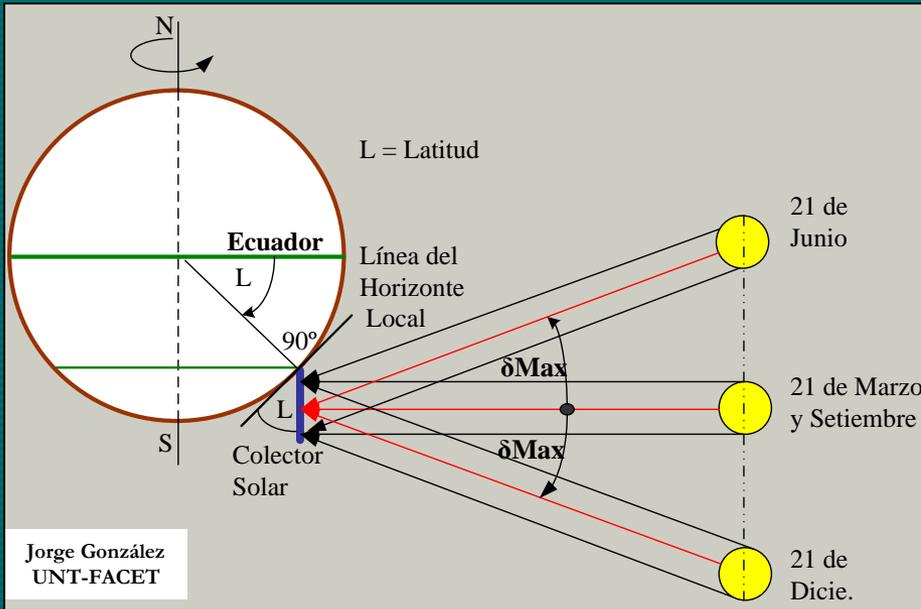


Posición del Colector Solar

La posición del colector solar queda definido si se conoce: β y α



El Colector debe mirar al Norte en el HS y mirar al Sur en el HN.



Colectar la máx. cantidad de energía
(en principio)

a) **Anual:**

Inclinac. del Colector Solar = $\beta = L$

Azimuth del Colector = $\alpha = 0^\circ$

b) **En Invierno:**

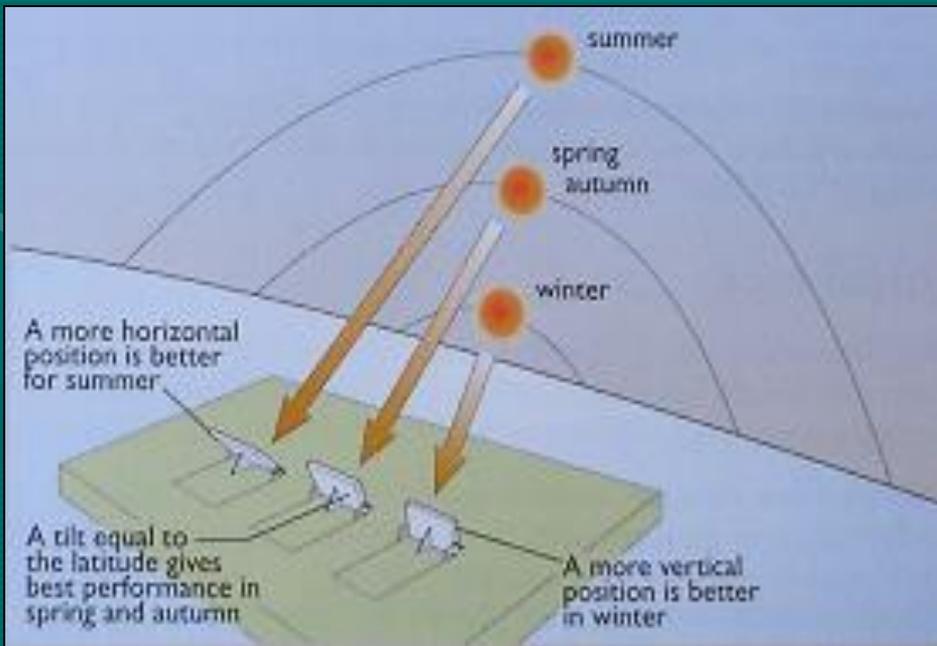
$\beta \approx L + 15^\circ$

$\alpha = 0^\circ$

c) **En Verano:**

$\beta \approx L - 15^\circ$

$\alpha = 0^\circ$



La radiación anual colectada es poco sensible a la variación de β y α