Fundamentos de Sistemas de Energía Solar y Eólica

Repaso Examen #2

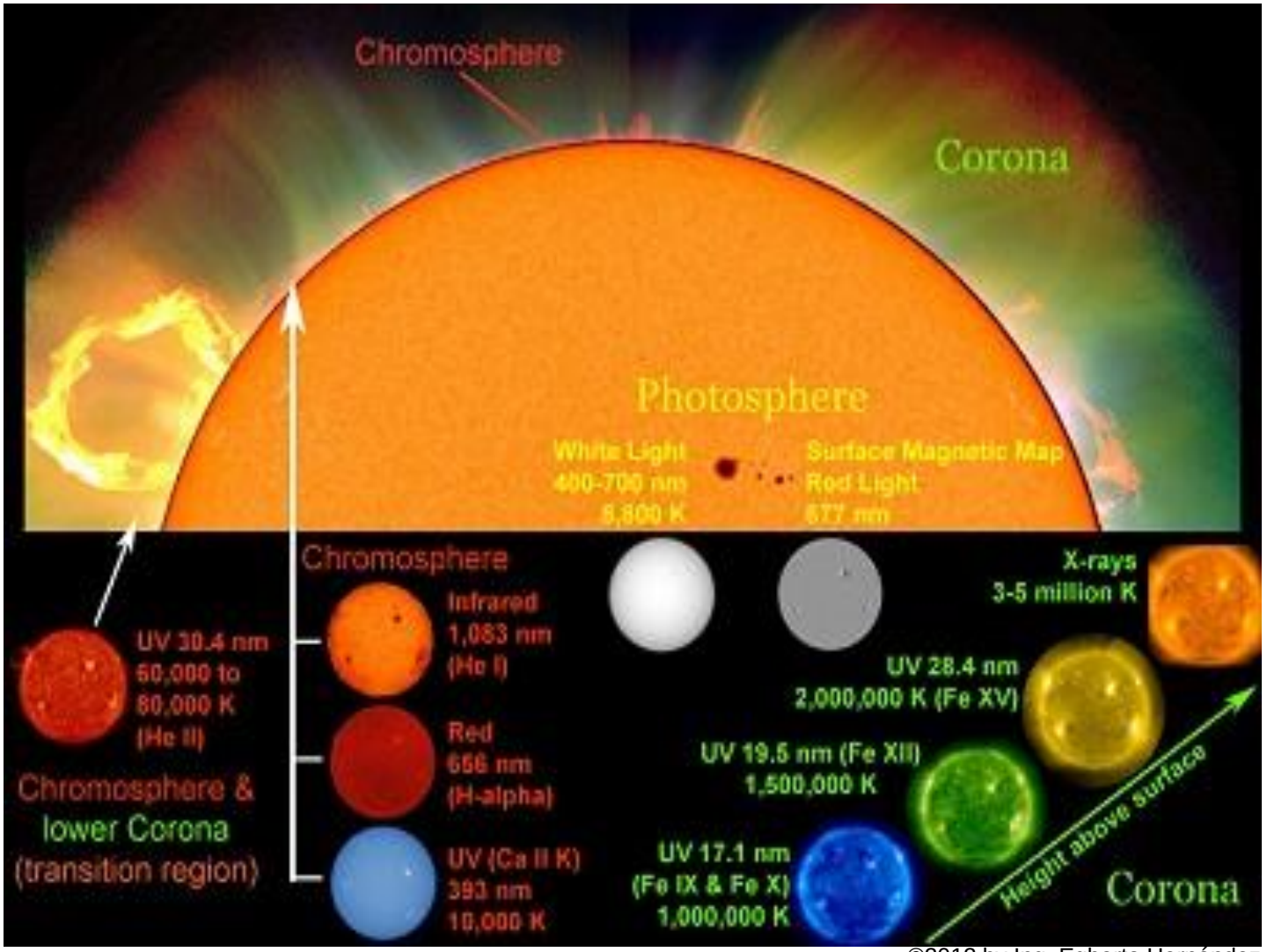
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

El Sol

- El Sol es la estrella más cercana a la Tierra, y es el centro de nuestro Sistema Solar.
- 93 millones de millas entre el Sol y la Tierra.
- La radiación del sol viaja a 186,000 mi/S, esta radiación se tarda aproximadamente 8.3 minutos en llegar a la tierra.
- La Tierra recibe aproximadamente 170 millones de GW.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Fotos



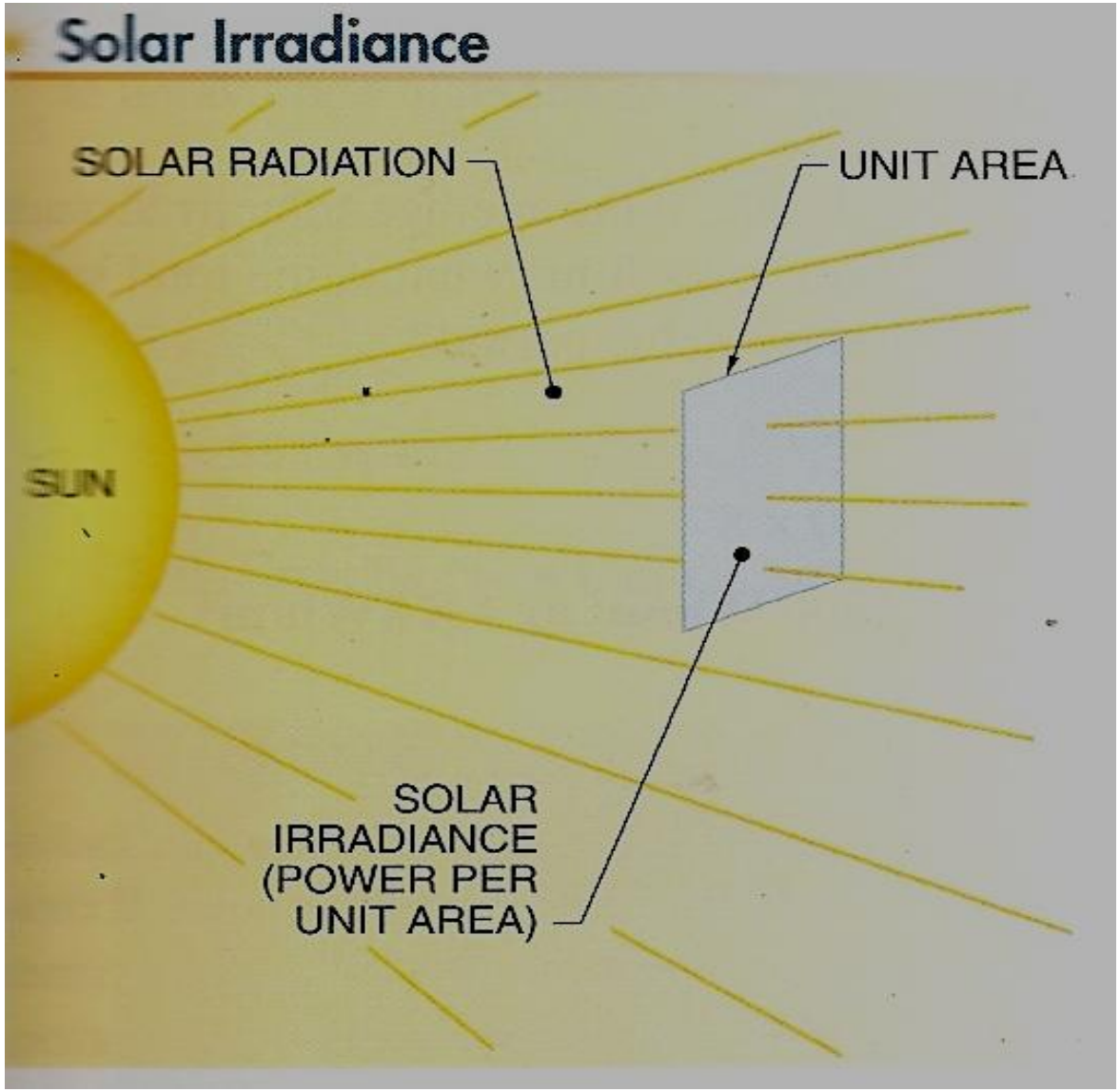
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol

- Radiación Solar
  - Fusión solar que convierte la masa en energía que se radia en diferentes direcciones.
- Irradiación Solar
  - Es la potencia de la radiación solar por unidad de área.
  - Es comúnmente expresada en (W/m^2) o kilovatios por metro cuadrado (kW/m^2).

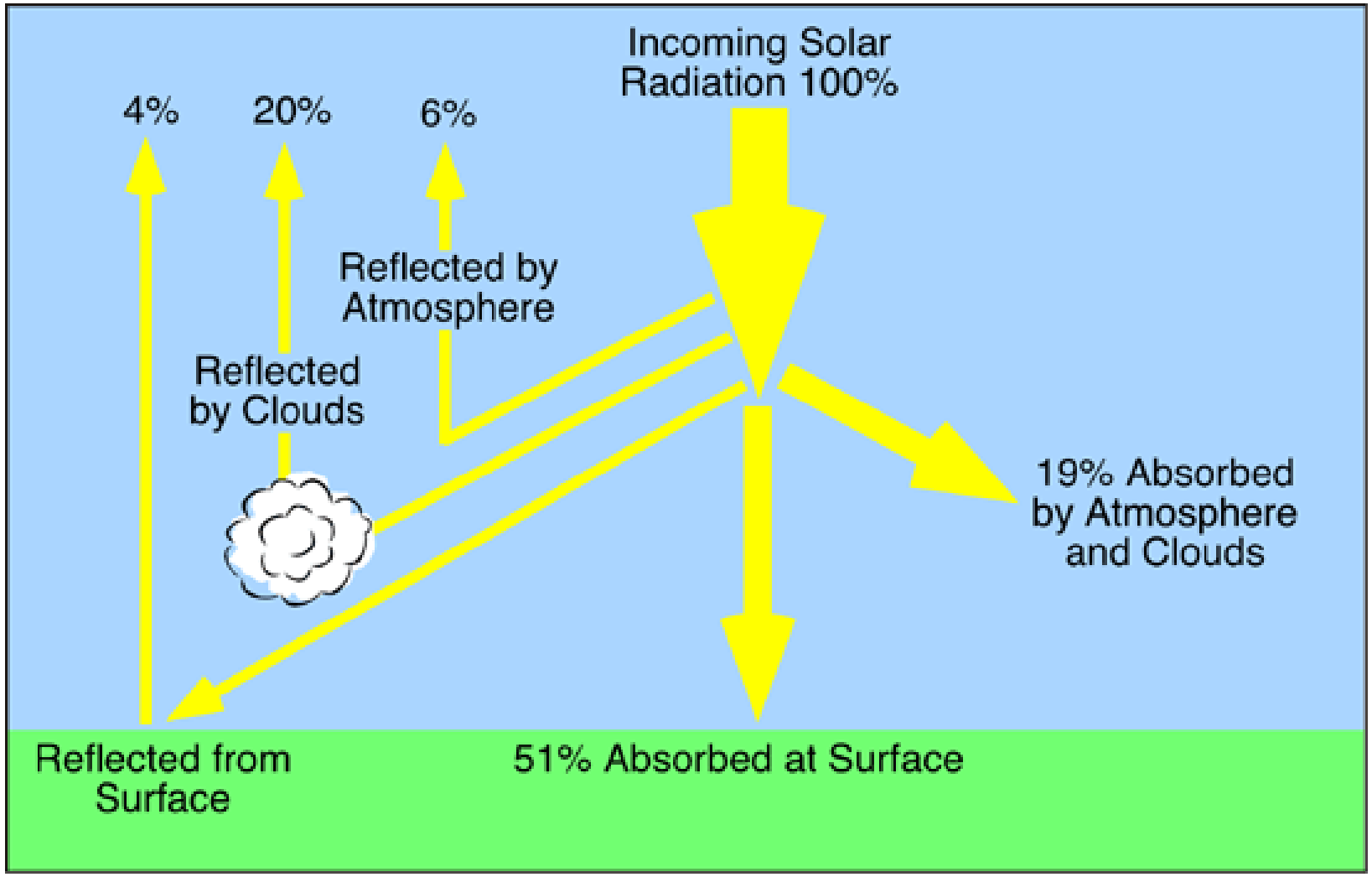
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol

- La Irradiación solar se usa como condición de referencia para evaluar el rendimiento de la energía solar en un sistema.
- La radiación solar varia dependiendo el clima.

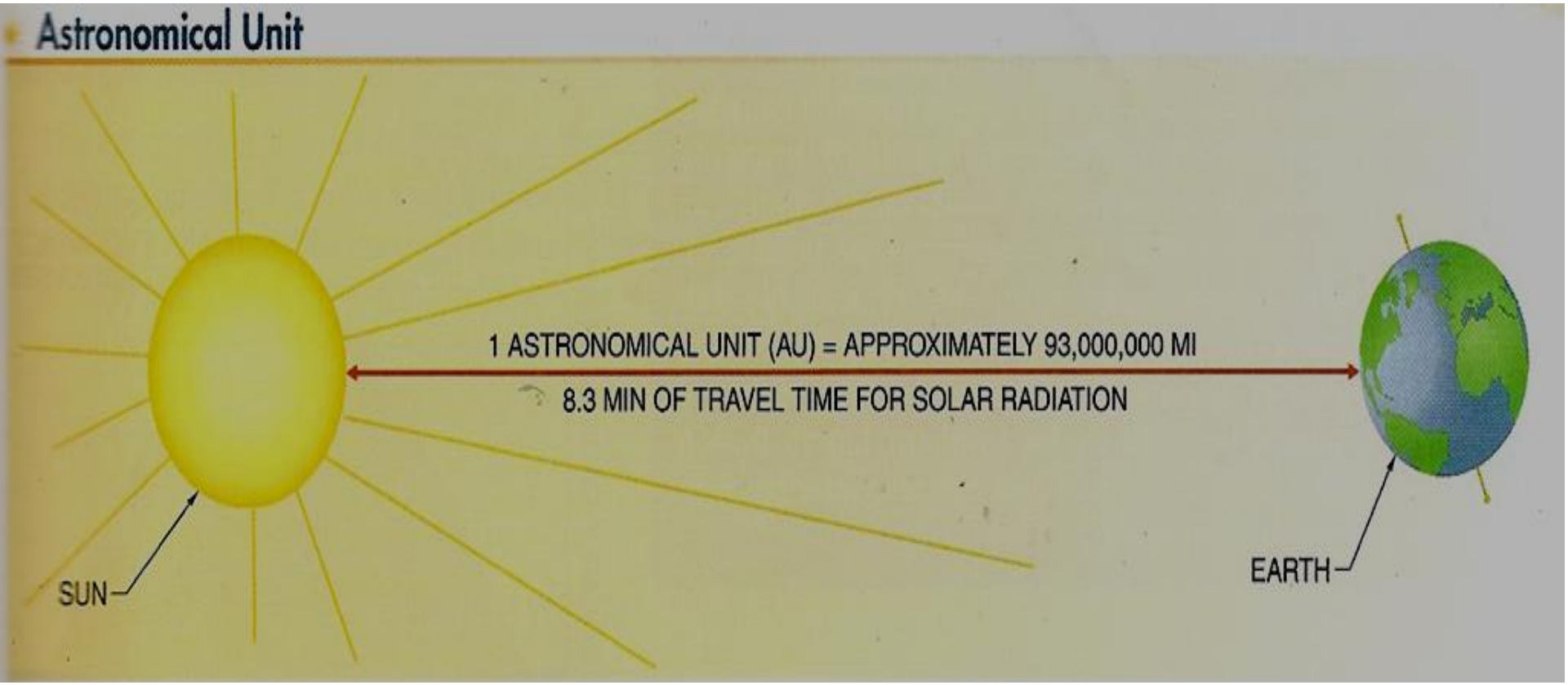
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol

- Ley de la inversa del cuadrado o ley cuadrática inversa
  - Se refiere a algunos fenómenos físicos cuya intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia al centro donde se originan. En particular, se refiere a fenómenos ondulatorios. En nuestro caso la onda de la luz.
  - Esta ley lo que nos dice es que la distancia entre la Tierra y el Sol se duplica y q la radiación solar que llega a la Tierra es una cuarta parte de la Tierra.
  - Esta ley se utiliza para calcular la radiación en los diferentes localizaciones del sistema solar.

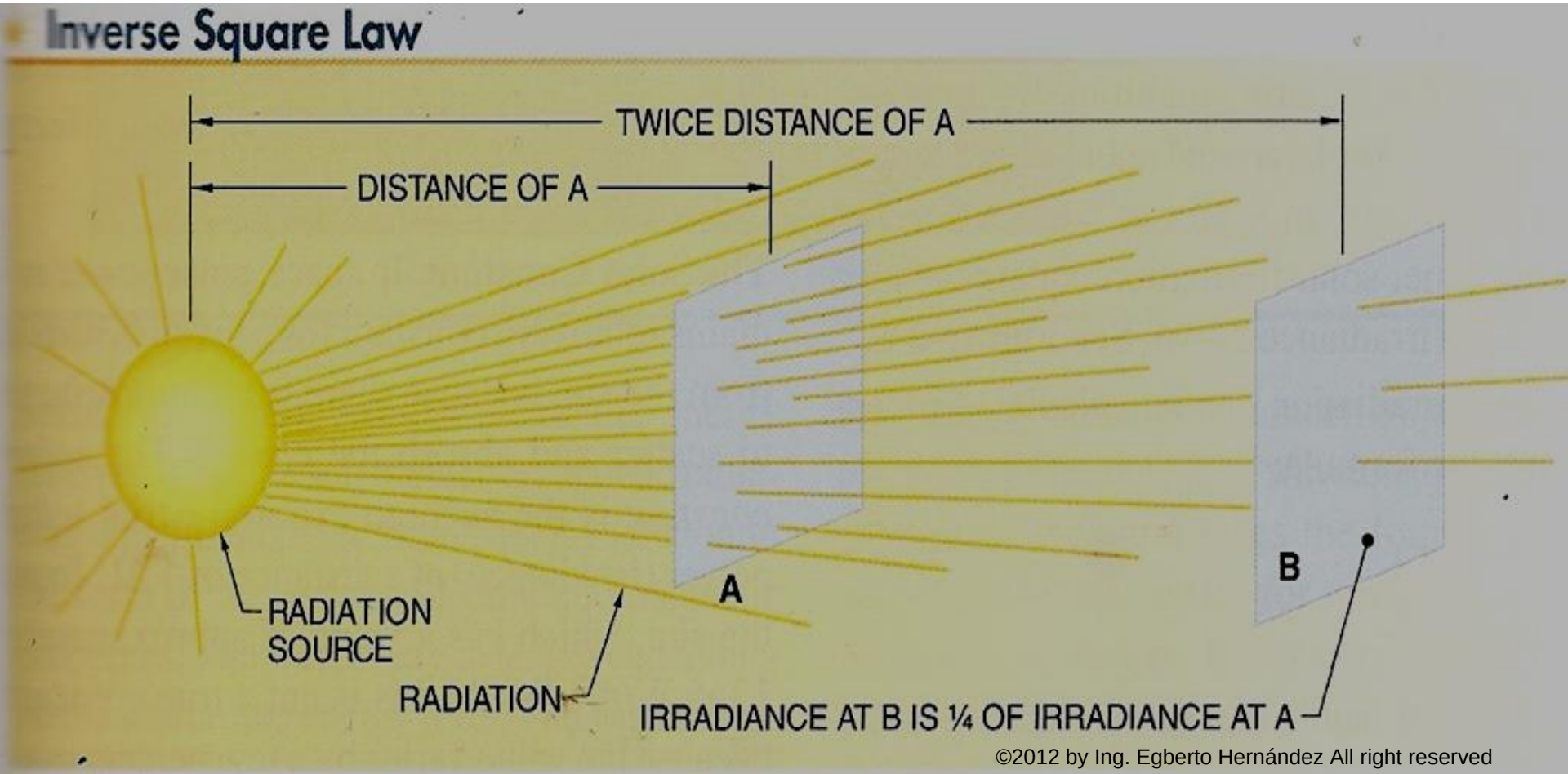
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Astronomical Unit



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Inverse Square Law



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Irradiación Solar

- Irradiación solar - Es la cantidad solar total de energía acumulada en una área por un periodo de tiempo. Este periodo de tiempo puede ser en hora, día meses y hasta años.
- Se expresa en (Wh/m^2) o en (kWh/m^2).
- Esta formula se usa para calcular y estimar el rendimiento de los PV.

- Formula

$$H = E \times t$$

Donde

H = Solar Irradiation

E = Solar Irradiance (Average)

t = time (hr)

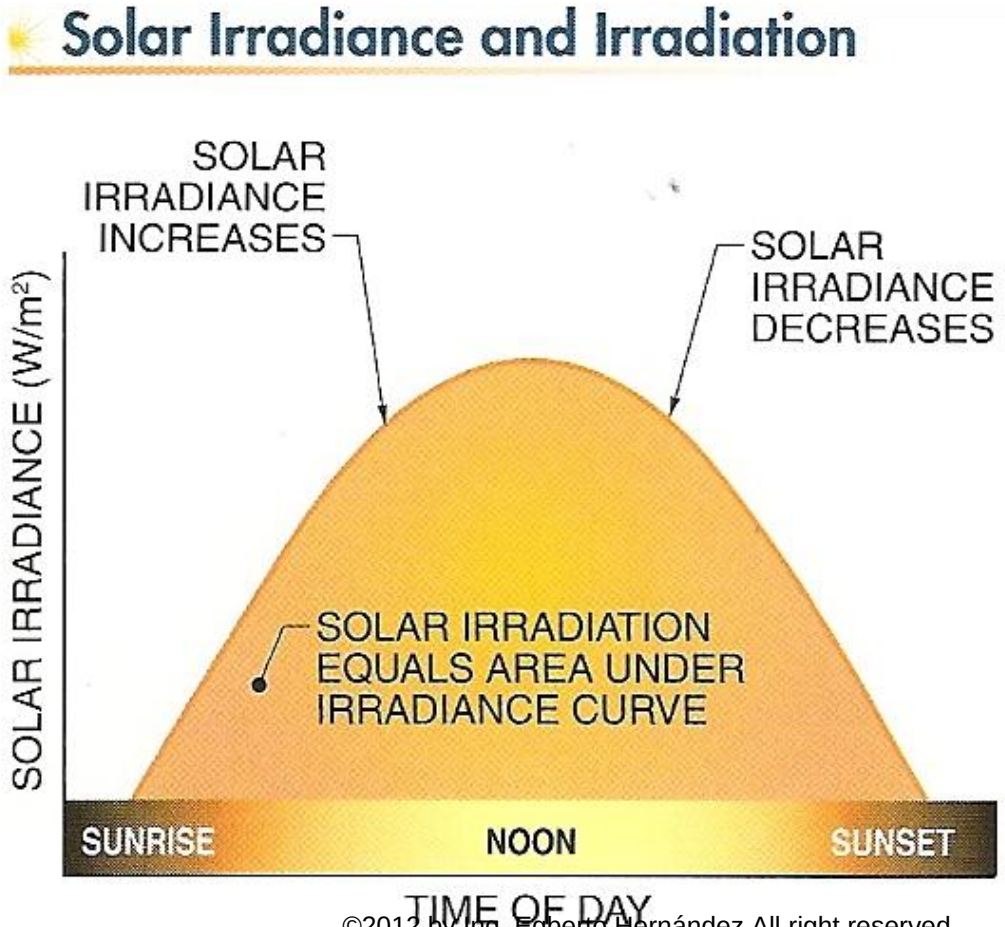
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Irradiación Solar

- Ej: #1 Si el porciento de Irradiación solar es de 600 W/m^2 sobre 8 hr, cual es la irradiación solar total durante ese periodo?

  H = E x t

  - H = 600 W/m^2 x 8 hr
  - H = 4800 Wh/m^2
  - H = 4.8 kWh/m^2



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Radiación Solar Extraterrestre

- Es la radiación solar que se encuentra afuera de la atmosfera de la Tierra.
- Este fenómeno es sumamente importante porque con el, es que se diseñan los diferentes arreglos de placas solares.
- **Constante Solar** constante de 1366 W/m^2, en su componente normal. Si la superficie imaginaria fuera de la atmósfera está en horizontal, se verá afectado por el coseno del ángulo que forma la radiación y el vector normal a dicha superficie. A nivel del suelo, la radiación que llegará estará afectada por el factor de claridad, teniendo como límite superior este valor.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Radiación Solar Extraterrestre

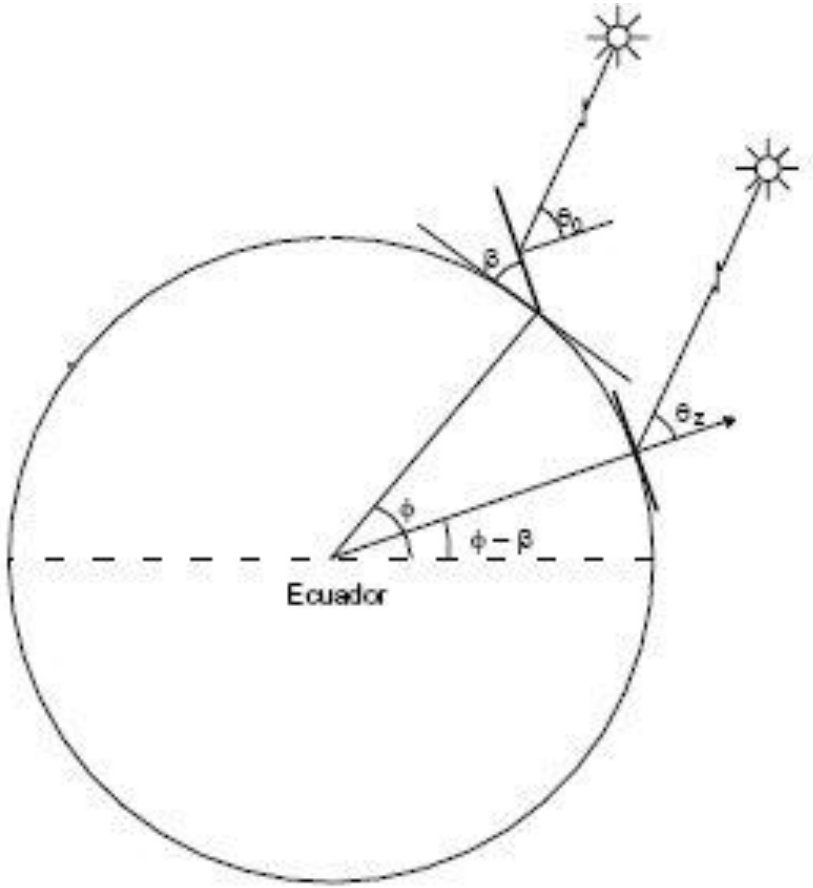
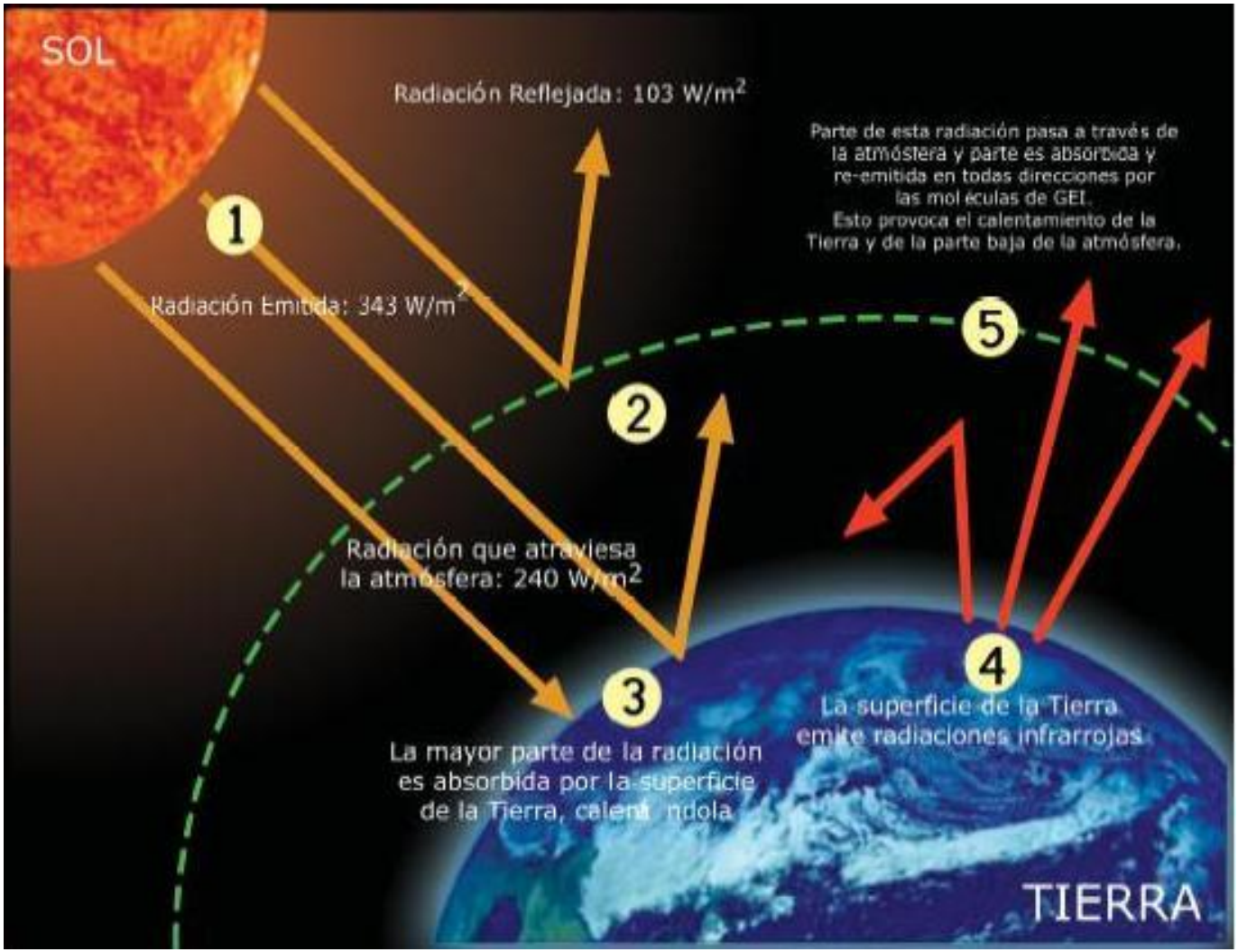


Fig. 12 Diagrama mostrando la igualdad de los ángulos θ_0 y θ_z

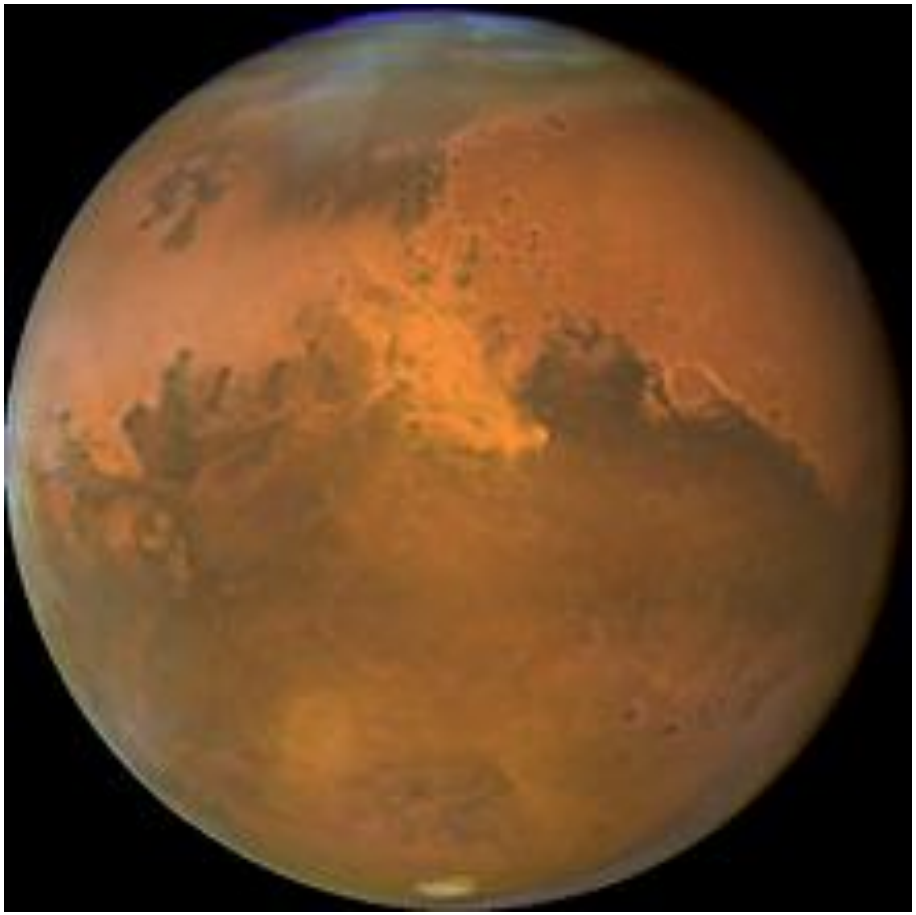
Radiación Solar Extraterrestre



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Radiación Solar Extraterrestre

- La constante solar es la calculación de la irradiación de la Tierra, este valor no se puede usar para diseñar un sistema PV, solo se usa para calcular sistemas PV fuera de la atmosfera (satélites).
- Usando la Ley de la inversa del cuadrado podemos sacar la formula para calcular la irradiación solar en cualquier punto del sistema solar



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Espectro Solar

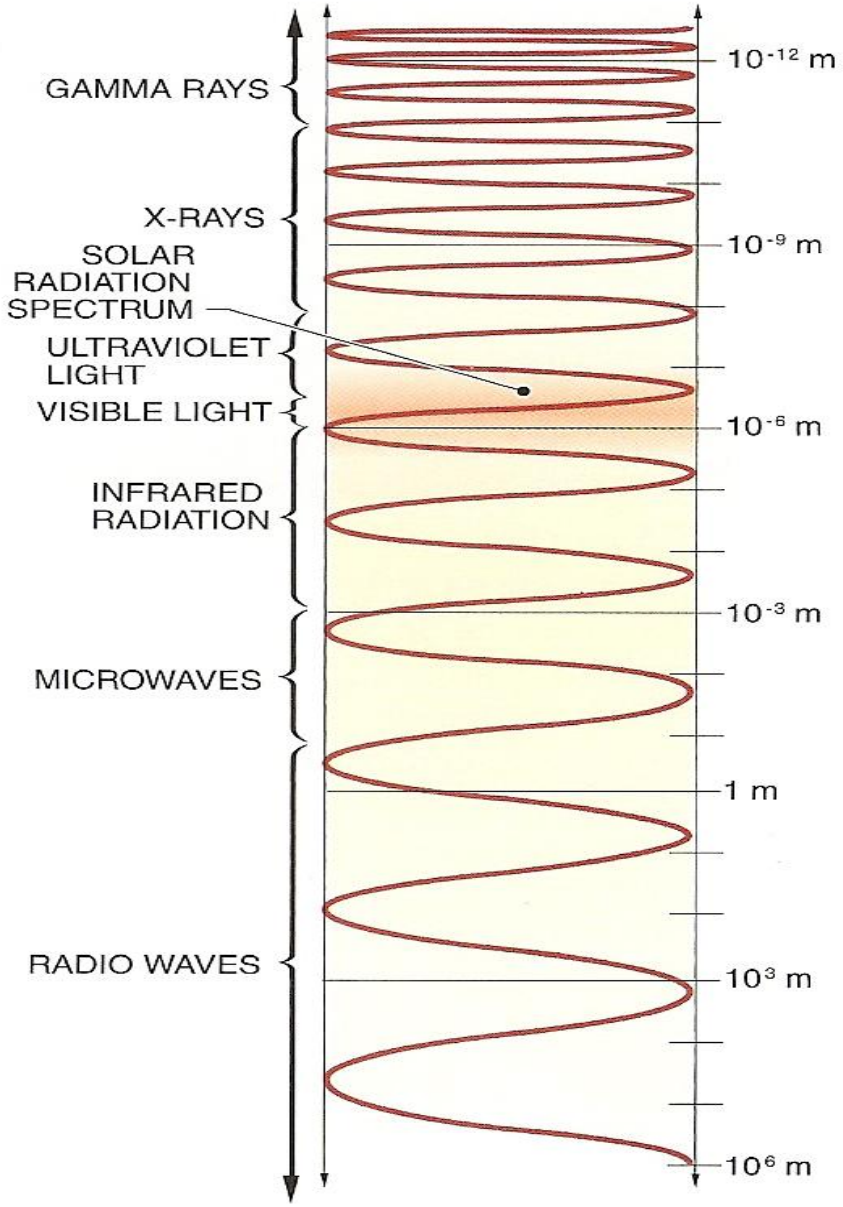
- Es la energía recibida de la Radiación Electromagnética.
- La Radiación Electromagnética – es la radiación en forma de ondas con propiedades eléctricas y magnéticas.
- Las ondas varían en longitud dependiendo de la fuente y de el nivel de energía.
- El espectro electromagnético es el rango de todos los tipos de radiación electromagnéticas con sus variaciones en lo largo de sus ondas.

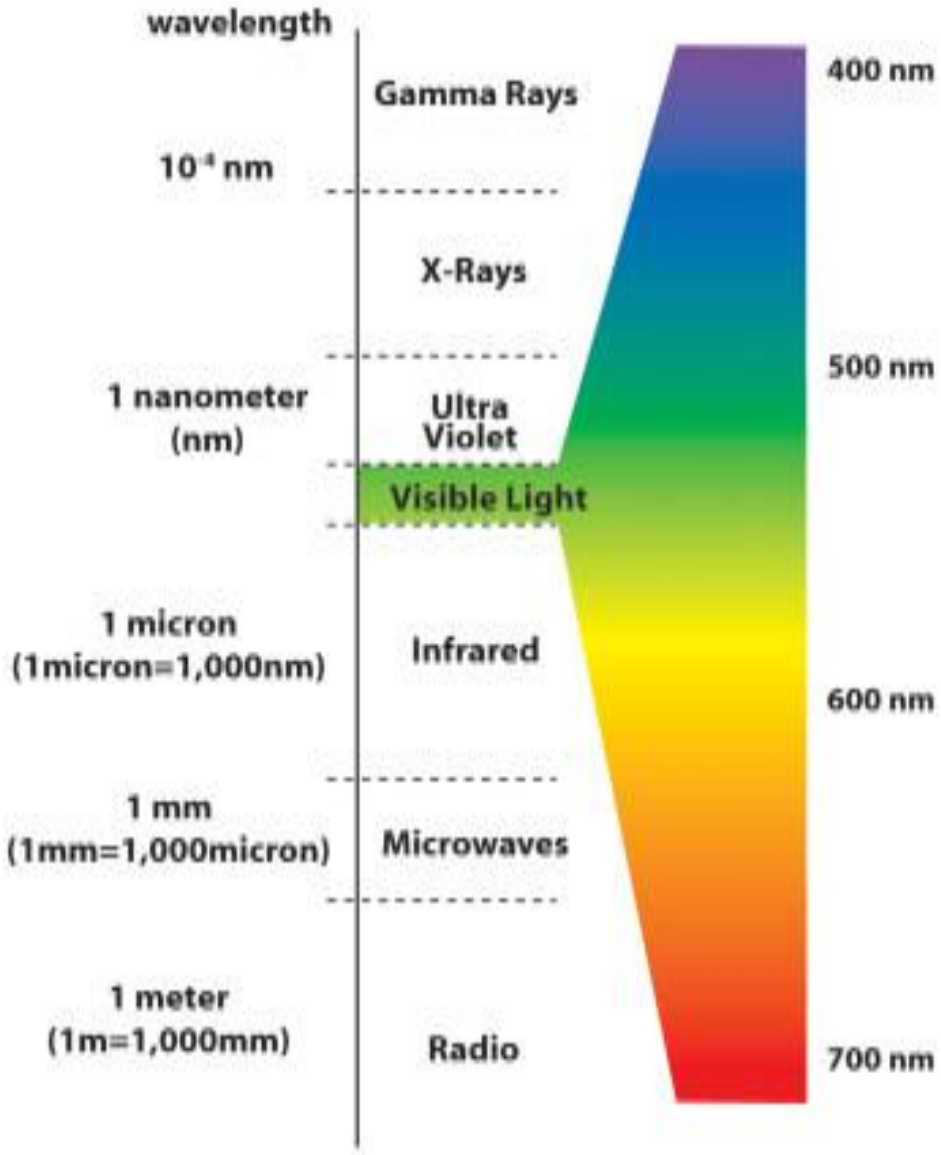
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Espectro Solar

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

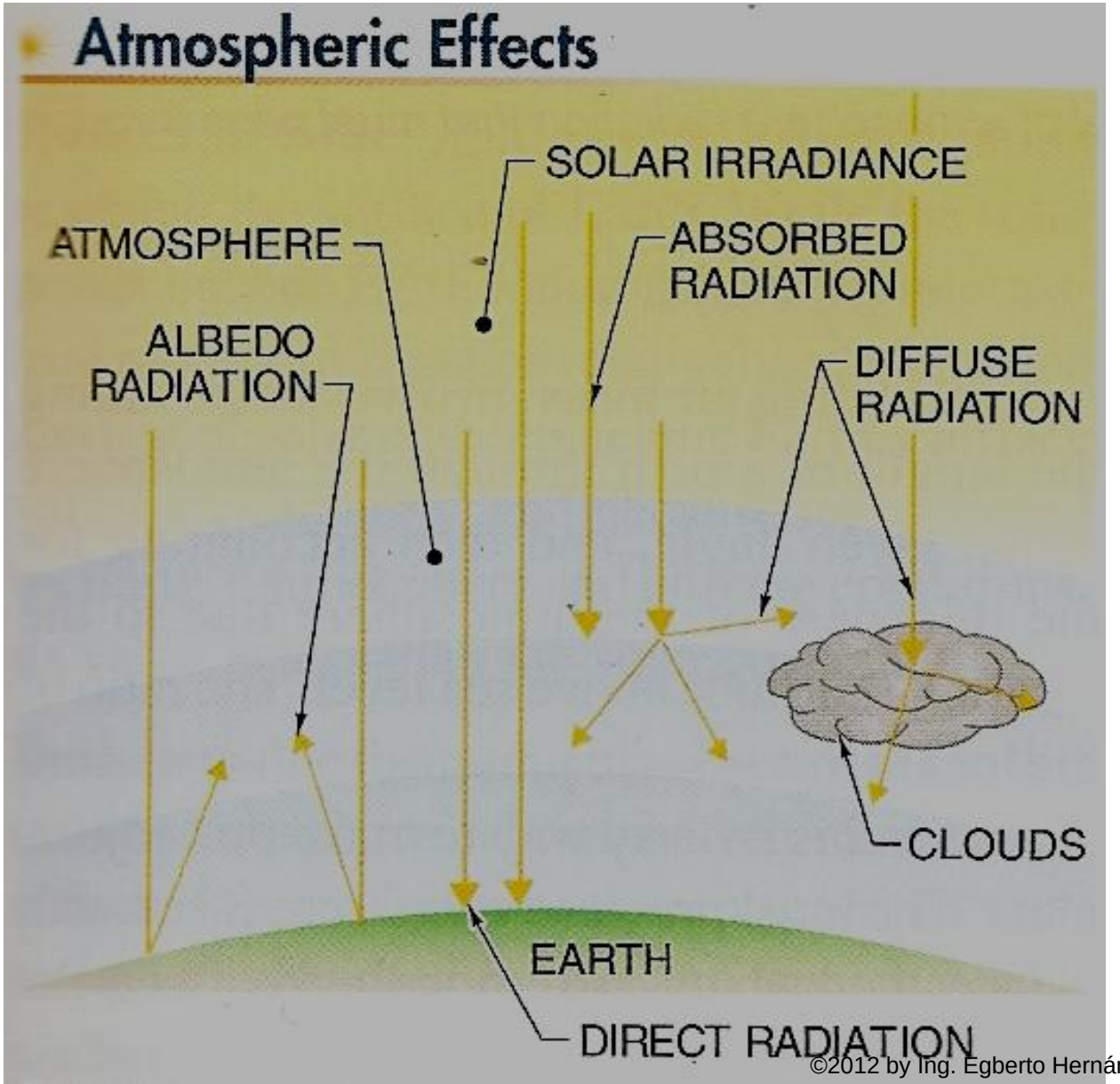
Electromagnetic Spectrum





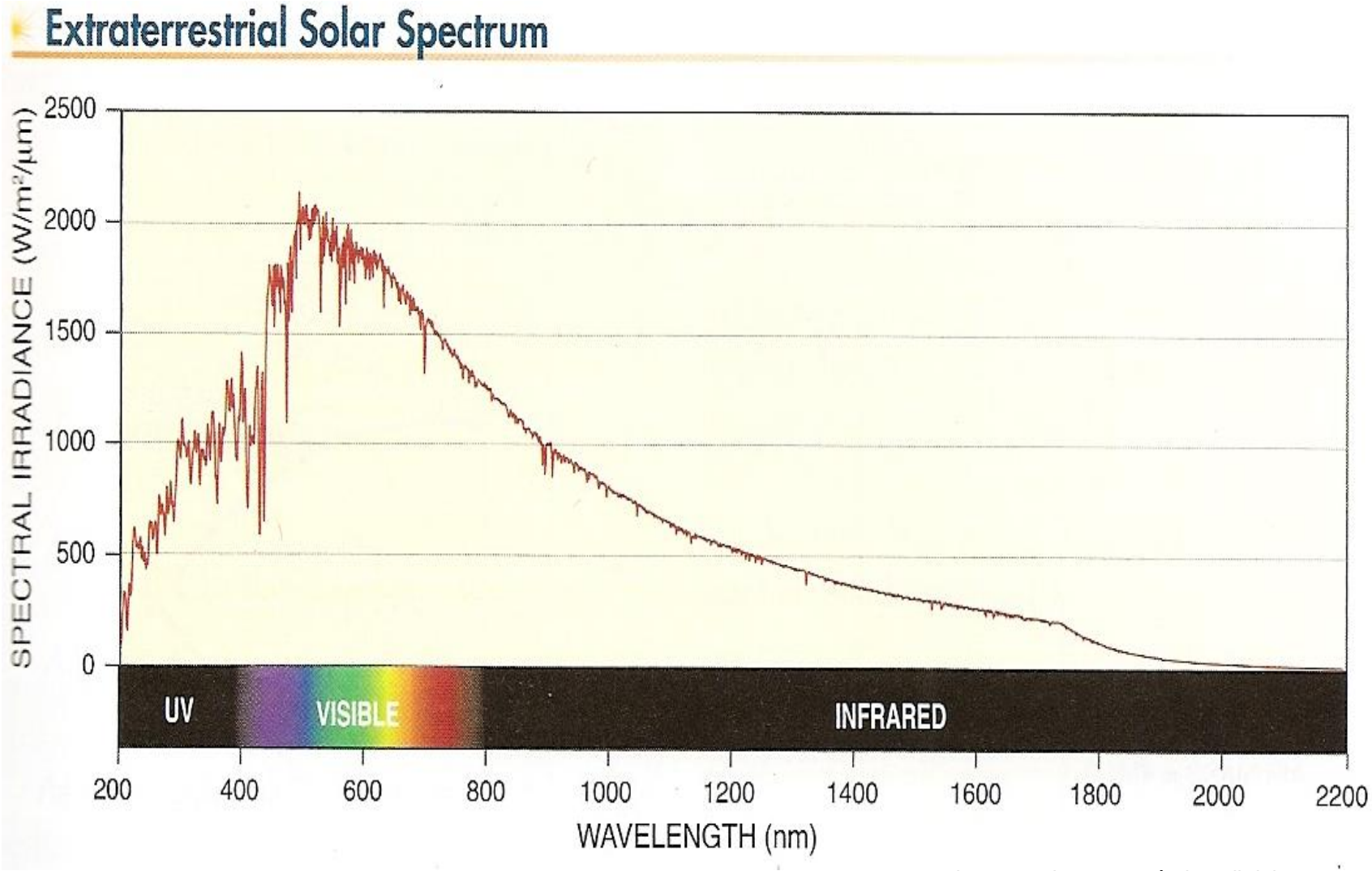
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Efectos atmosféricos



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Efectos atmosféricos



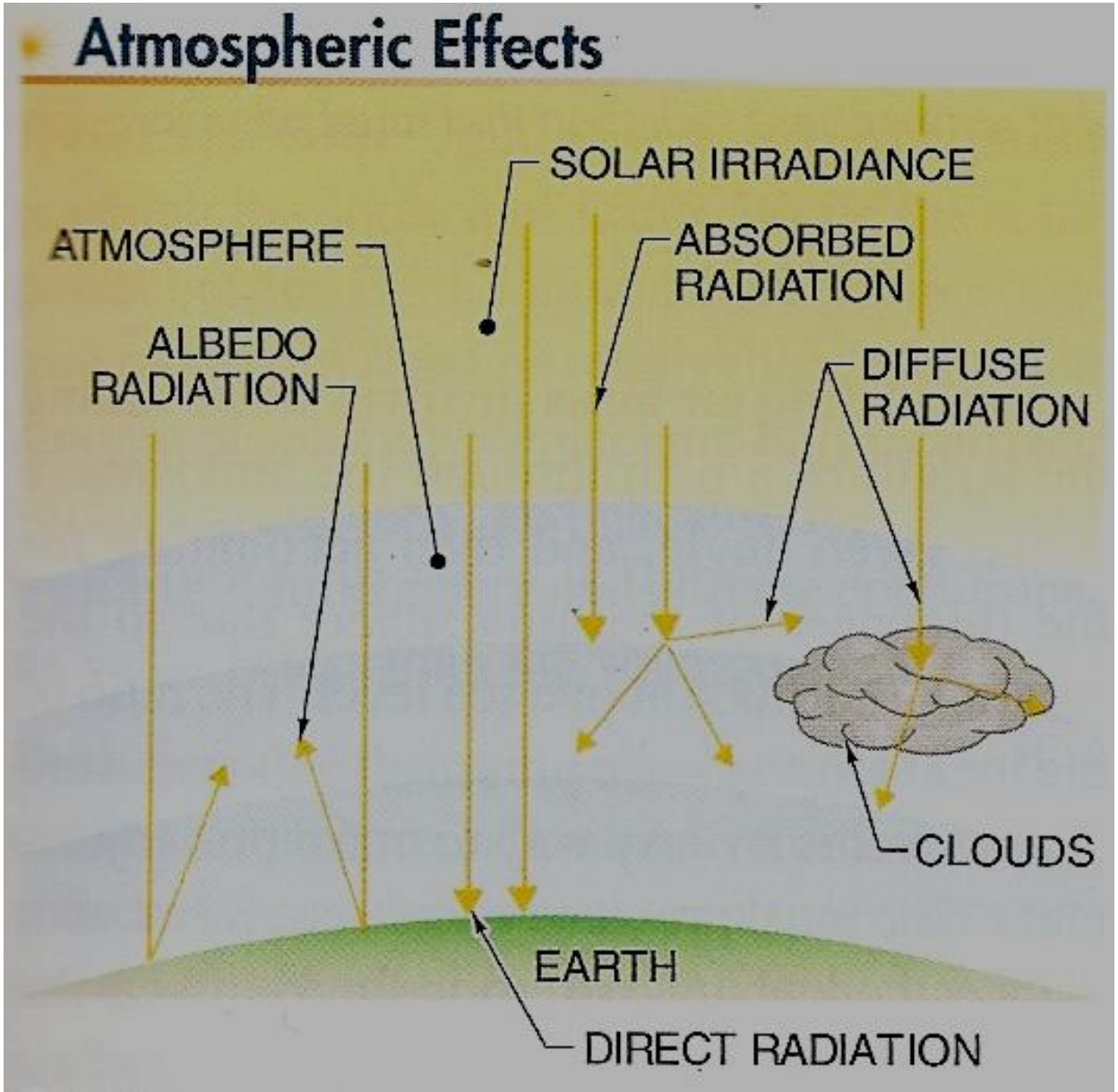
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Efectos atmosféricos

- Radiación Directa
  - Radiación solar que va directamente del Sol a la Tierra sin desviación ninguna.
- Radiación Difusa
  - Radiación solar que es desviada cuando entra a la atmosfera y por las nubes.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Efectos atmosféricos



Masa del Aire (AM)

Calculating Zenith Angle

The sun's zenith angle for air mass calculations can be determined at any time by using a vertical stake or ruler of known height and measuring the length of shadow cast. The ruler, shadow, and rays of the sun form a triangle. Using trigonometry, the zenith angle can be calculated with the following formula:

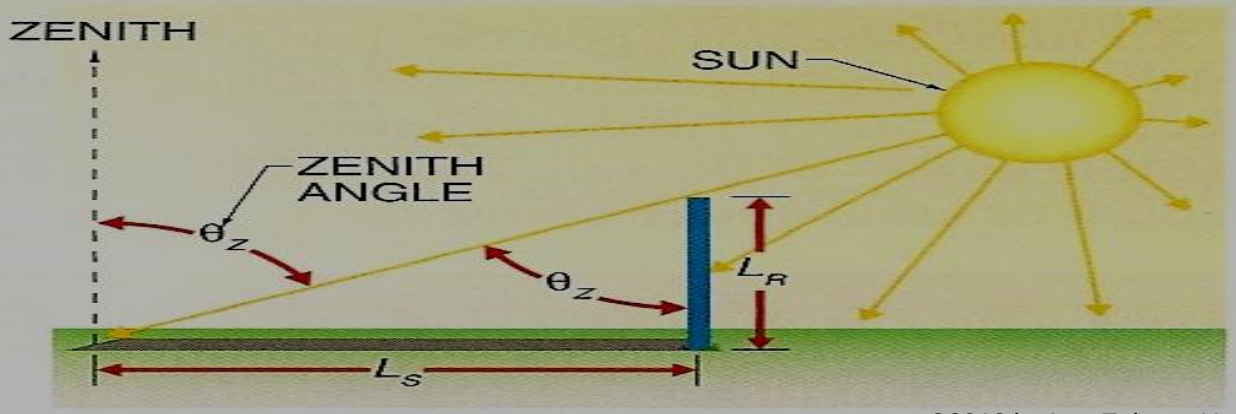
$$\theta_Z = \arctan\left(\frac{L_S}{L_R}\right)$$

where

θ_Z = zenith angle (in deg)

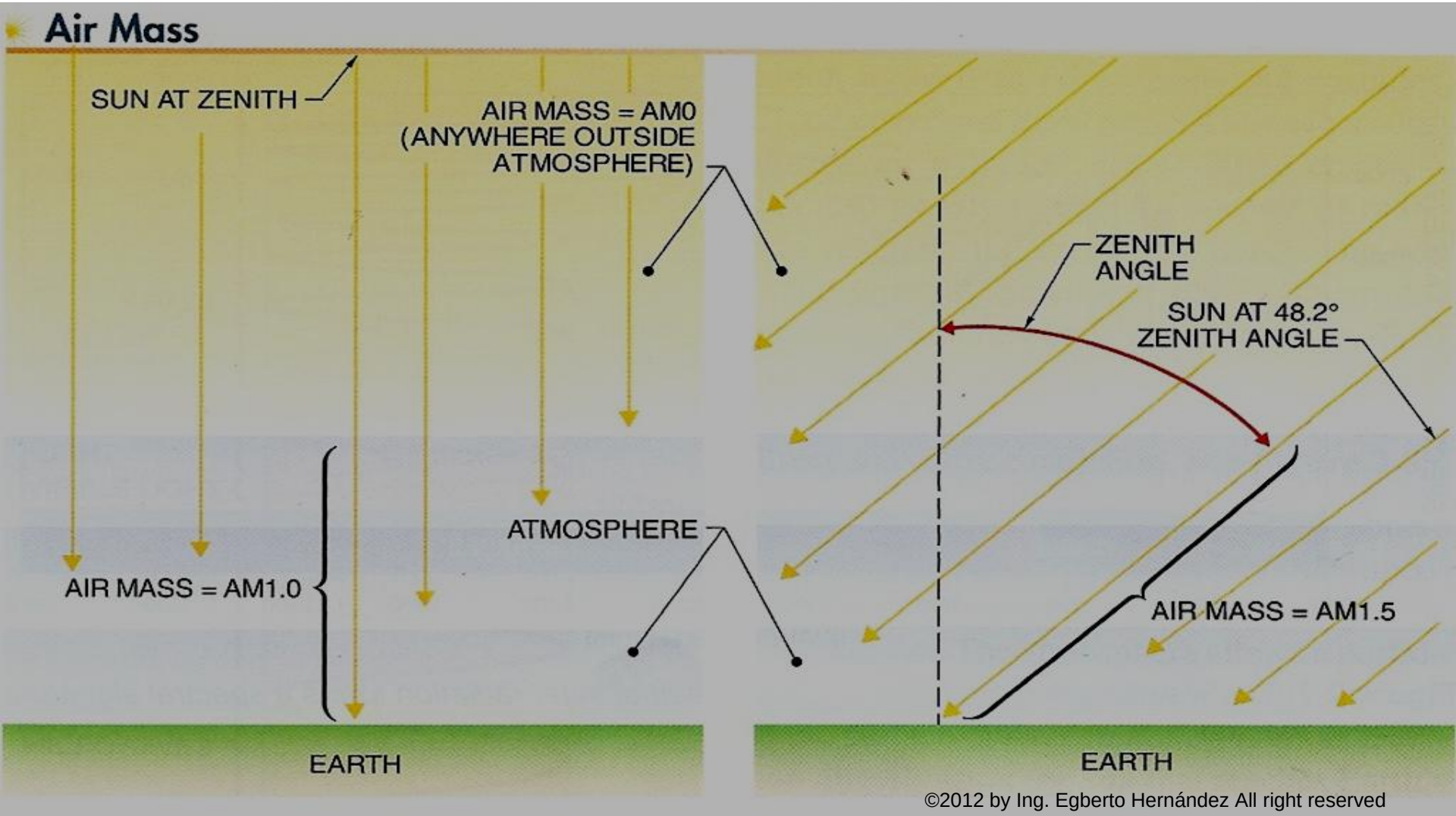
L_S = length of the shadow (in in.)

L_R = length of ruler (in in.)



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

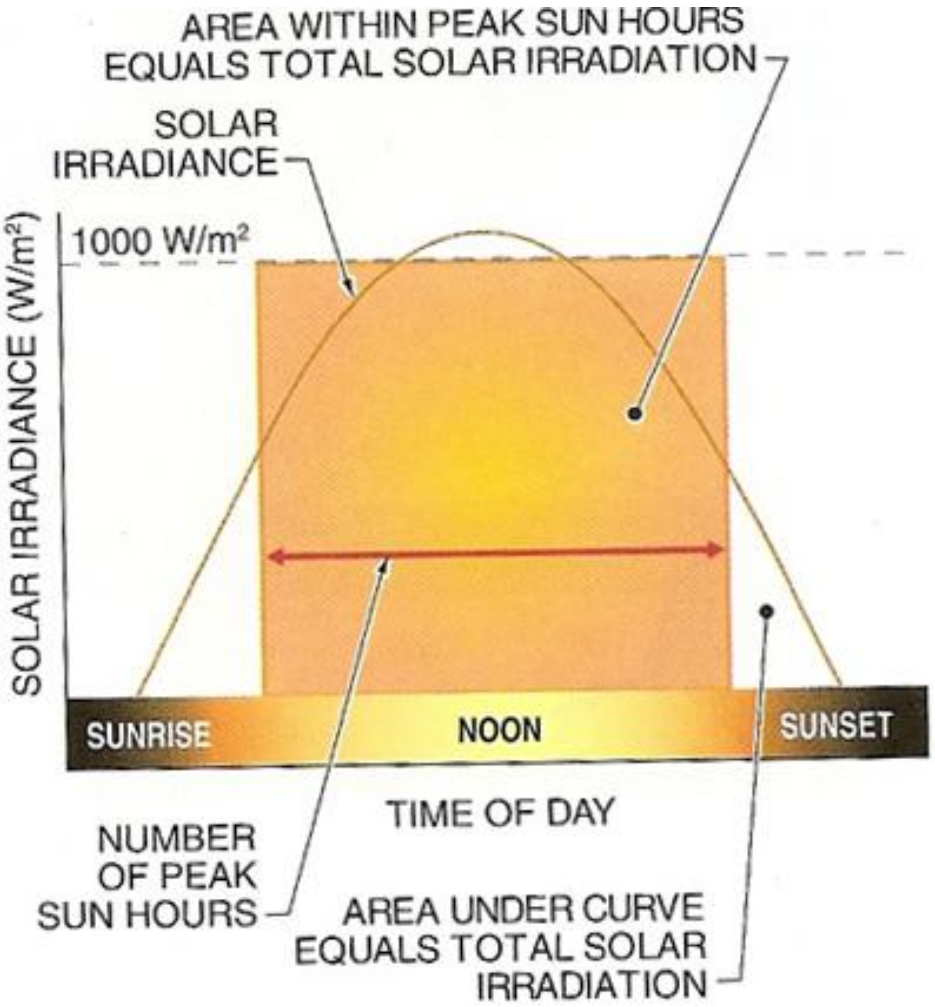
Masa del Aire (AM)



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Radiación Solar Terrestre

- Radiación solar que llega a la superficie de la Tierra.
- “Peak Sun hour”
  - Es el numero de horas total requeridas por día de irradiación solar.



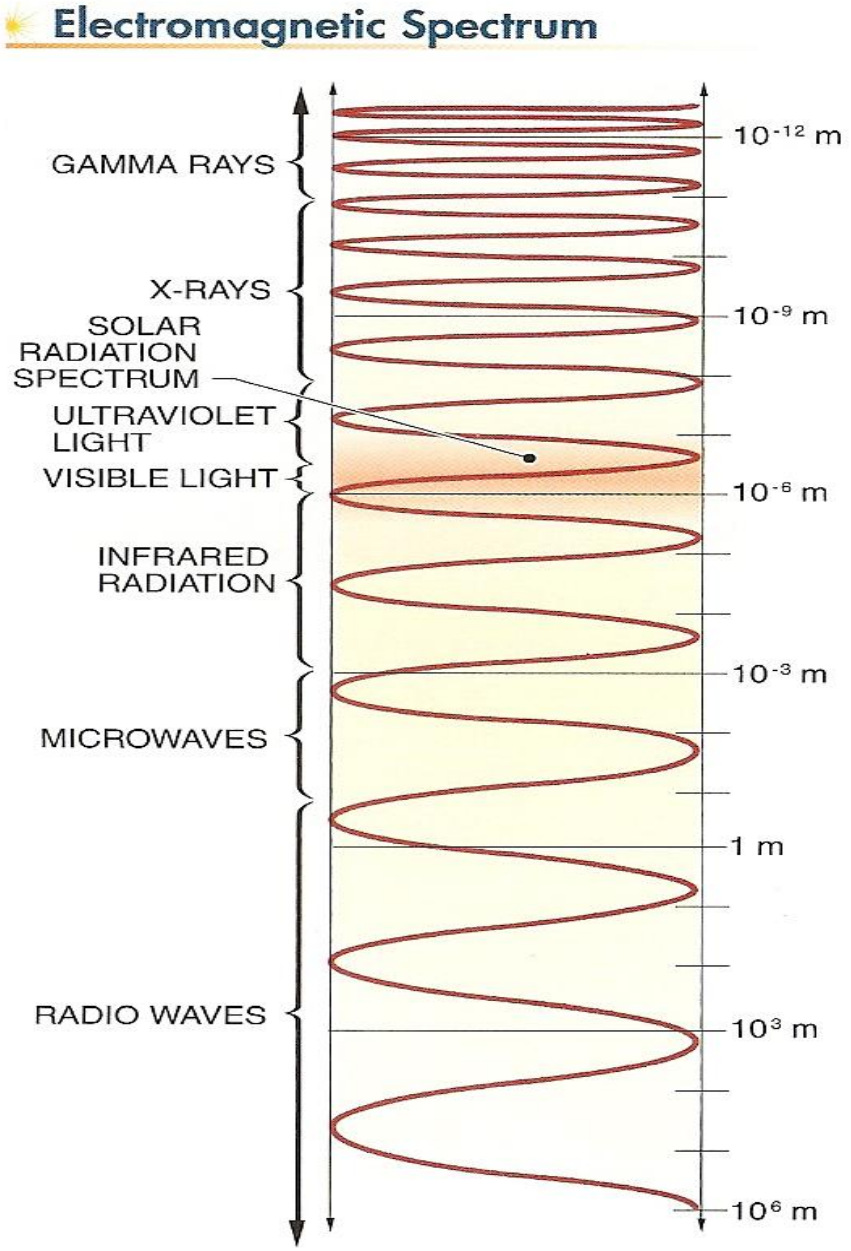
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

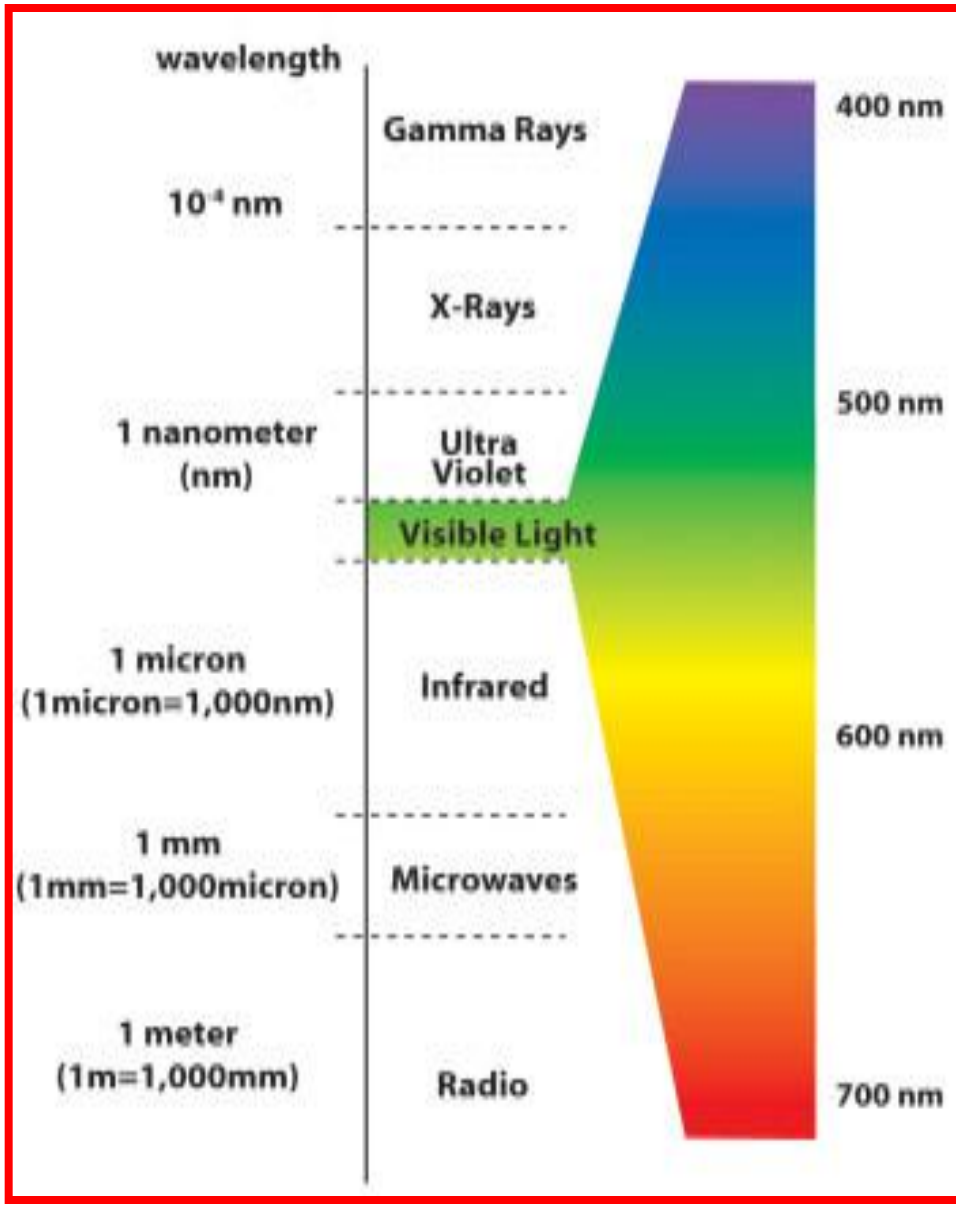
Insolación

- Es la radiación solar recibida en periodos de tiempo típicamente por el día.
- Se expresa en kWh/m^2 /day.
- Para determinar esto se debe buscar el mapa de Insolación del país donde se va a montar el sistema PV.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Espectro Solar

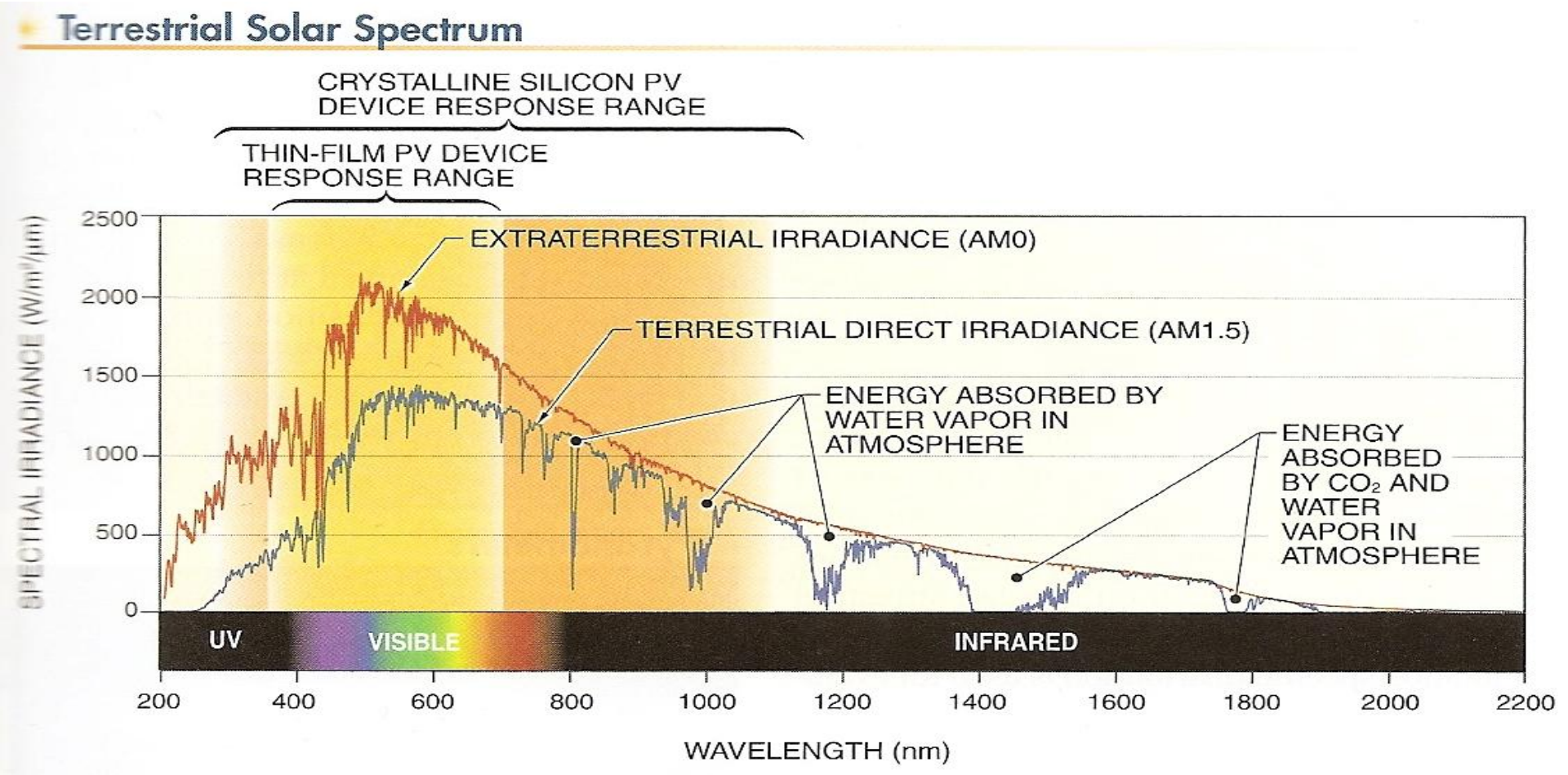




©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Distribución Espectral

- Es la absorción de radiación en cierto largo de onda de gases específicos en la atmosfera.



Rotación de la Tierra

- Tiempo Solar
  - Es la escala que representa el aparente movimiento de la Tierra cruzando el meridiano.
  - Meridiano – plano formado por una línea de norte-sur que pasa por la Tierra y se proyecta hacia el espacio.
- Tiempo estándar
  - Es la escala de tiempo que esta basada en el aparente movimiento del Sol atreves de meridiano este.

Nota: esta es la forma de que cada continente tenga diferentes horarios.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

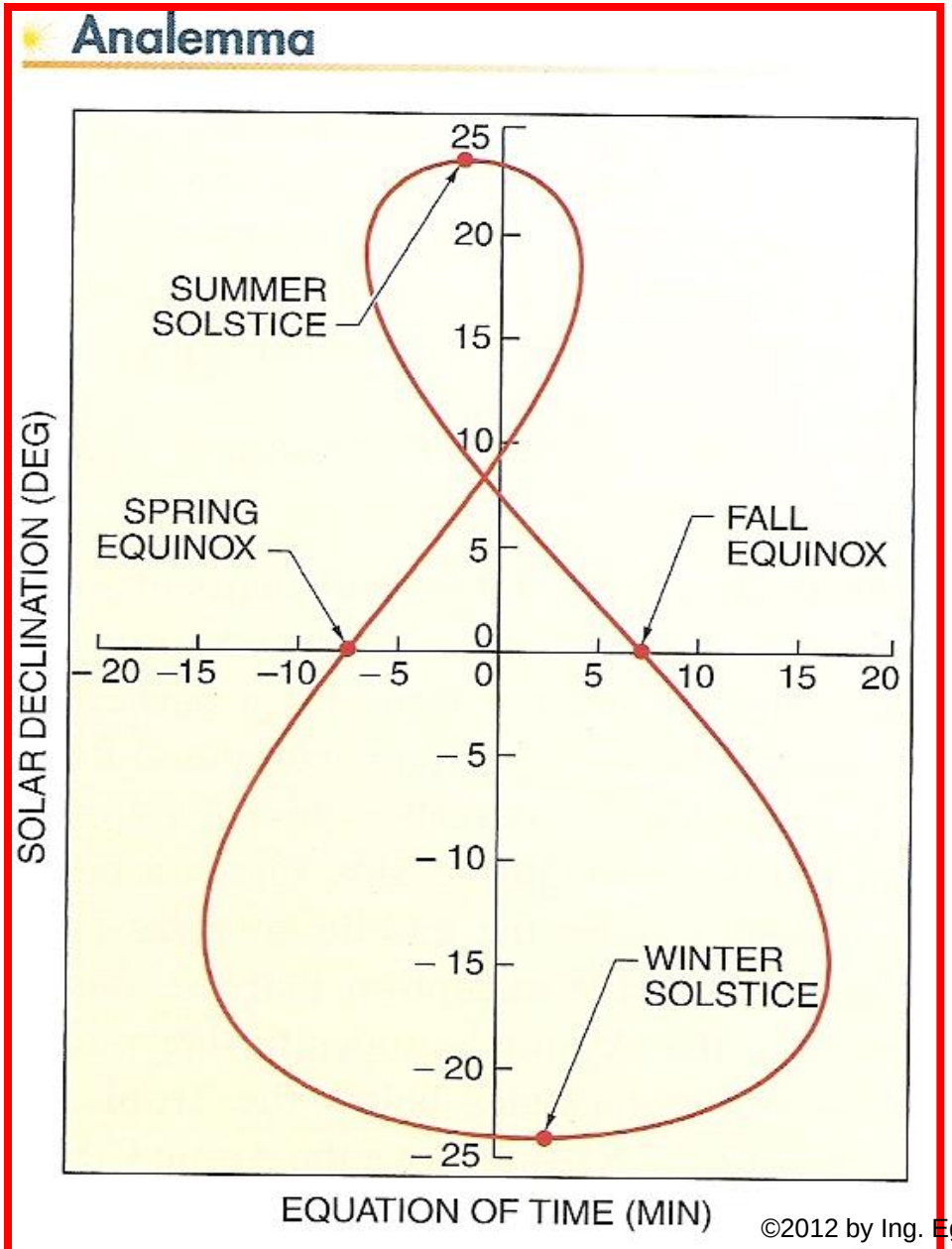
Trayectoria del Sol

- En cualquier parte de la Tierra el sol aparenta estar en una posición en el cielo dependiendo la latitud, el tiempo del día y el tiempo de los años.
- Analemma
  - Diagrama que relaciona la declinación solar y lo representa en una ecuación.
  - Esta grafica muestra como la posición en el mismo tiempo del día cambia con

    el pasar de los años.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Trayectoria del Sol



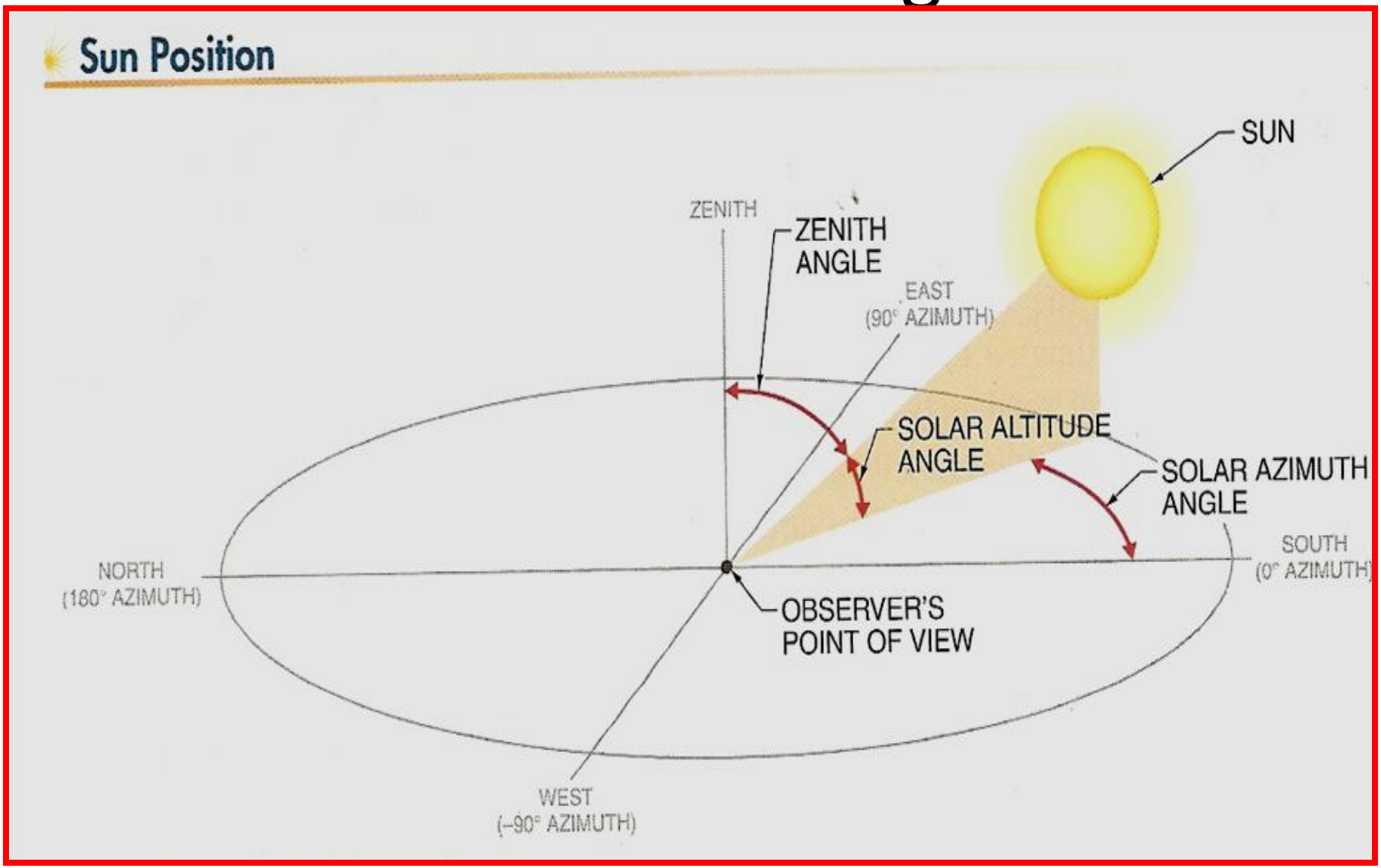
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Posición Solar

- Se rige por dos ángulos.
  - Ángulo de altitud Solar – es el ángulo vertical entre el Sol y el horizonte.
    - Durante el día este ángulo varia entre los 0^{o} y los 90^{o}.
  - "Azimuth Angle" – es el ángulo horizontal entre la dirección de referencia y el Sol.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Posición Solar Diagrama



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Tipos de Estados del Sol

- **La Irradiación solar** se usa como condición de referencia para evaluar el rendimiento de la energía solar en un sistema.
- **La radiación solar varia dependiendo el clima**.

- Ley de la inversa del cuadrado o ley cuadrática inversa
  - Se refiere a algunos fenómenos físicos cuya intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia al centro donde se originan. En particular, se refiere a fenómenos ondulatorios. En nuestro caso la onda de la luz.
  - Esta ley lo que nos dice es que la distancia entre la Tierra y el Sol se duplica y q la radiación solar que llega a la Tierra es una cuarta parte de la Tierra.
  - Esta ley se utiliza para calcular la radiación en los diferentes localizaciones del sistema solar.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

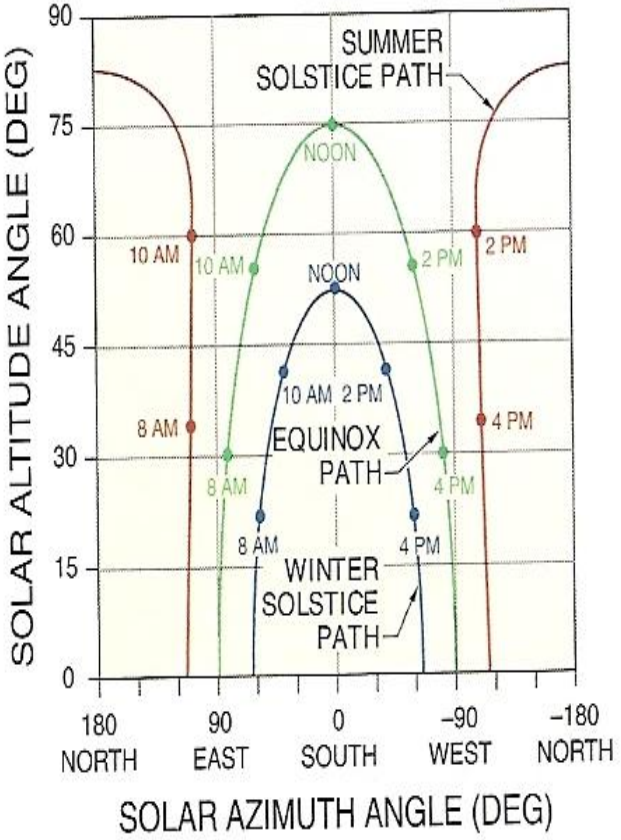
Trayectoria del Sol

- En cualquier parte de la Tierra el sol aparenta estar en una posición en el cielo dependiendo la latitud, el tiempo del día y el tiempo de los años.
- Analemma
  - Diagrama que relaciona la declinación solar y lo representa en una ecuación.
  - Esta grafica muestra como la posición en el mismo tiempo del día cambia con el pasar de los años.

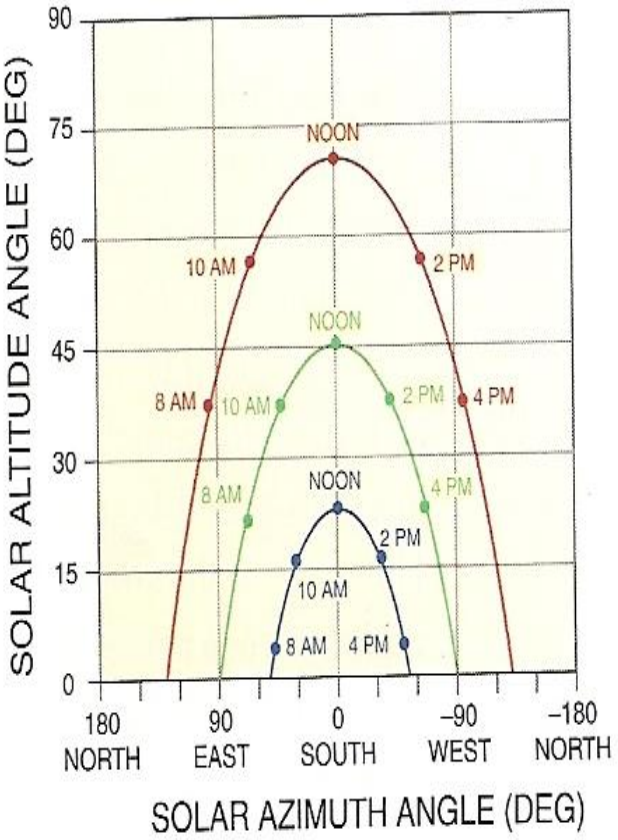
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Posición Solar Diagrama

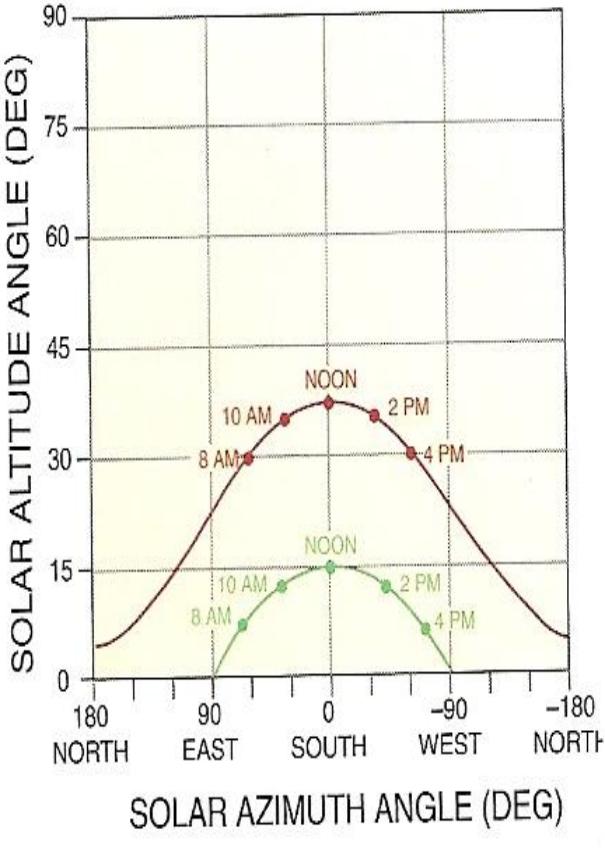
Sun Paths



SUN PATHS FOR 15°N LATITUDE



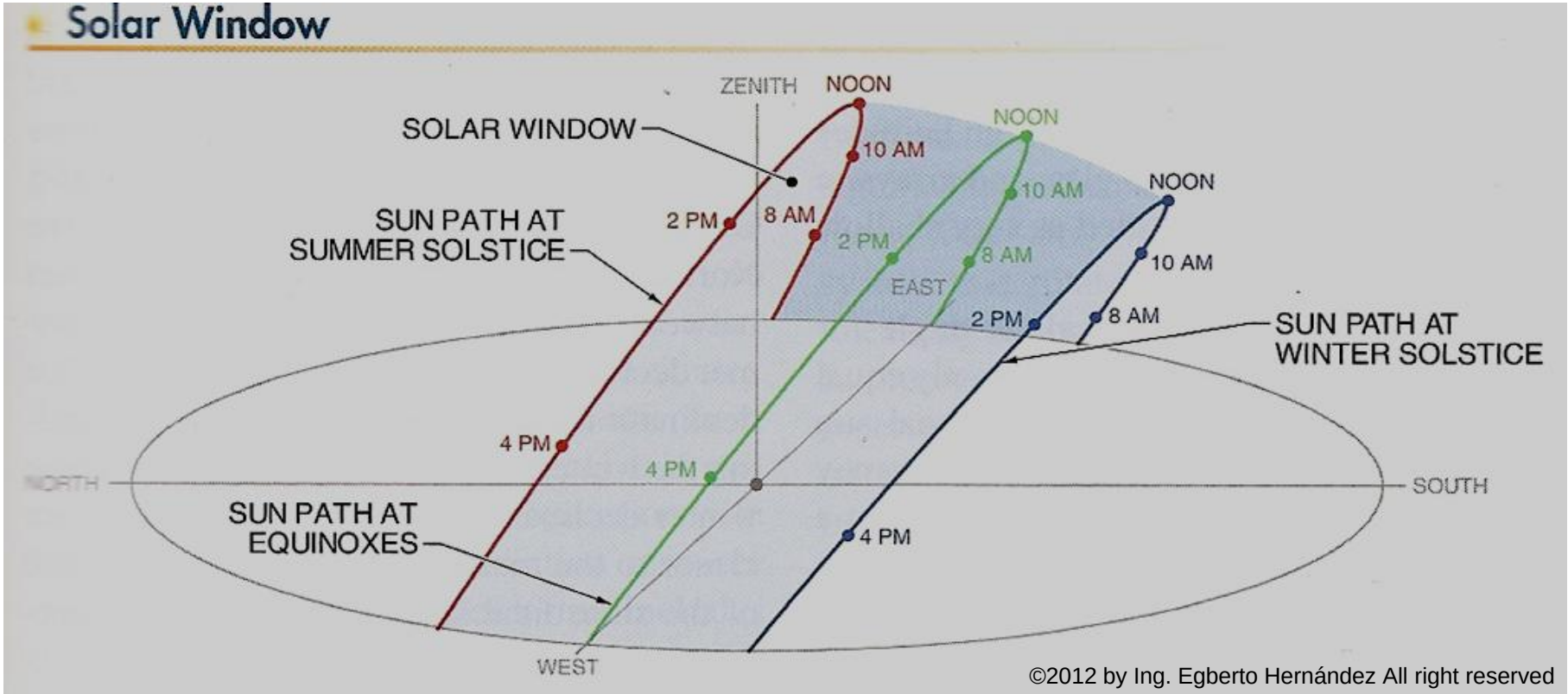
SUN PATHS FOR 45°N LATITUDE



SUN PATHS FOR 75°N LATITUDE

Solar Window

- Es el area en el cielo donde este contiene todas las posibles localizaciones posibles en donde el sol pasa particularmente en una localización constante en un año.



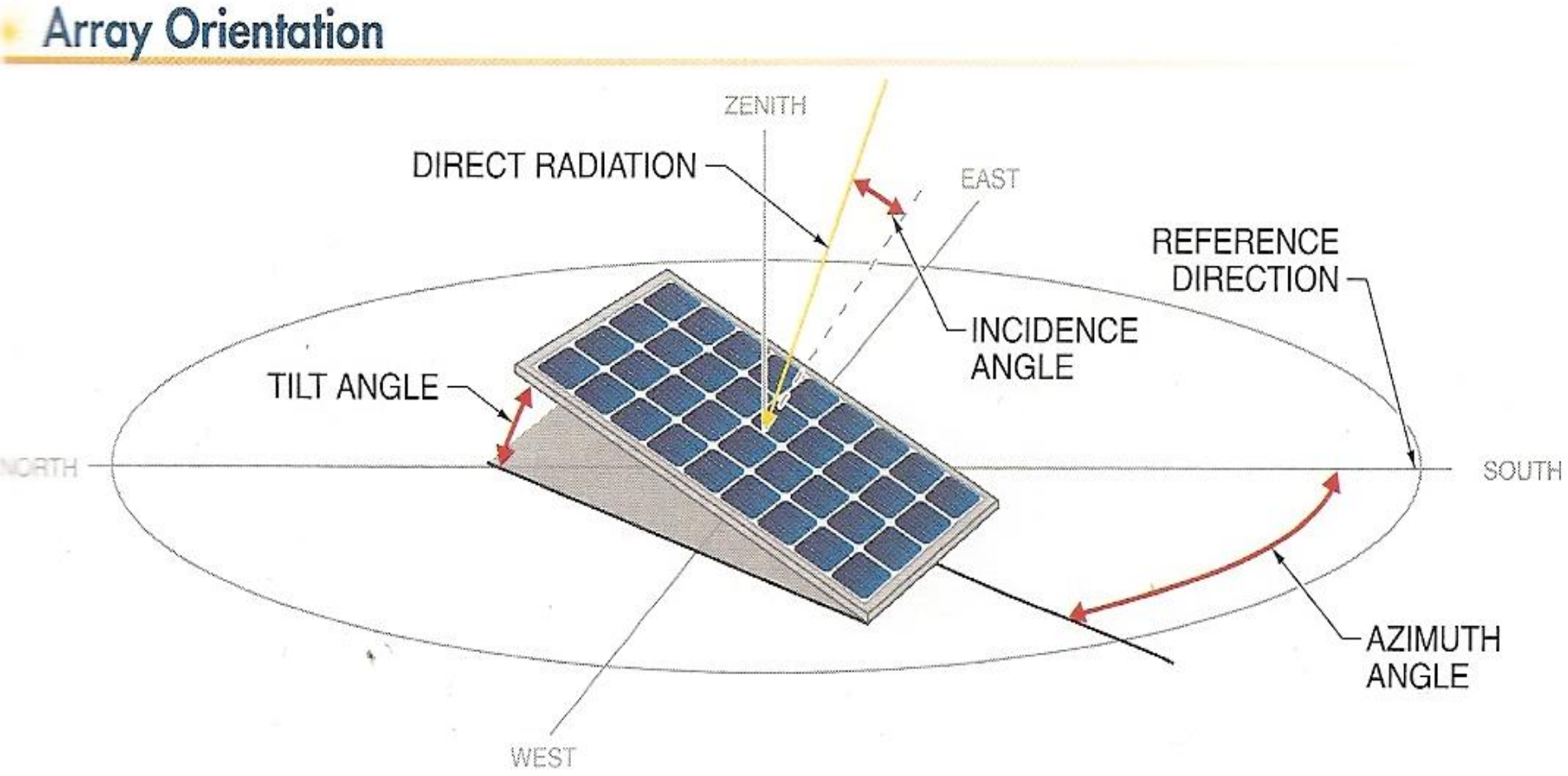
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Orientación de los Arreglos

- Esta orientación depende de los ángulos y la latitud a la cual nos encontremos.
- En nuestro caso la latitud es 18.15 grados norte.
- Tenemos que tener en cuenta el “Tilt angle”
  - Ángulo vertical entre el ángulo horizontal y la superficie del arreglo.
- “Azimuth angle”
  - Ángulo horizontal entre el ángulo de referencia y la superficie del arreglo de frente.

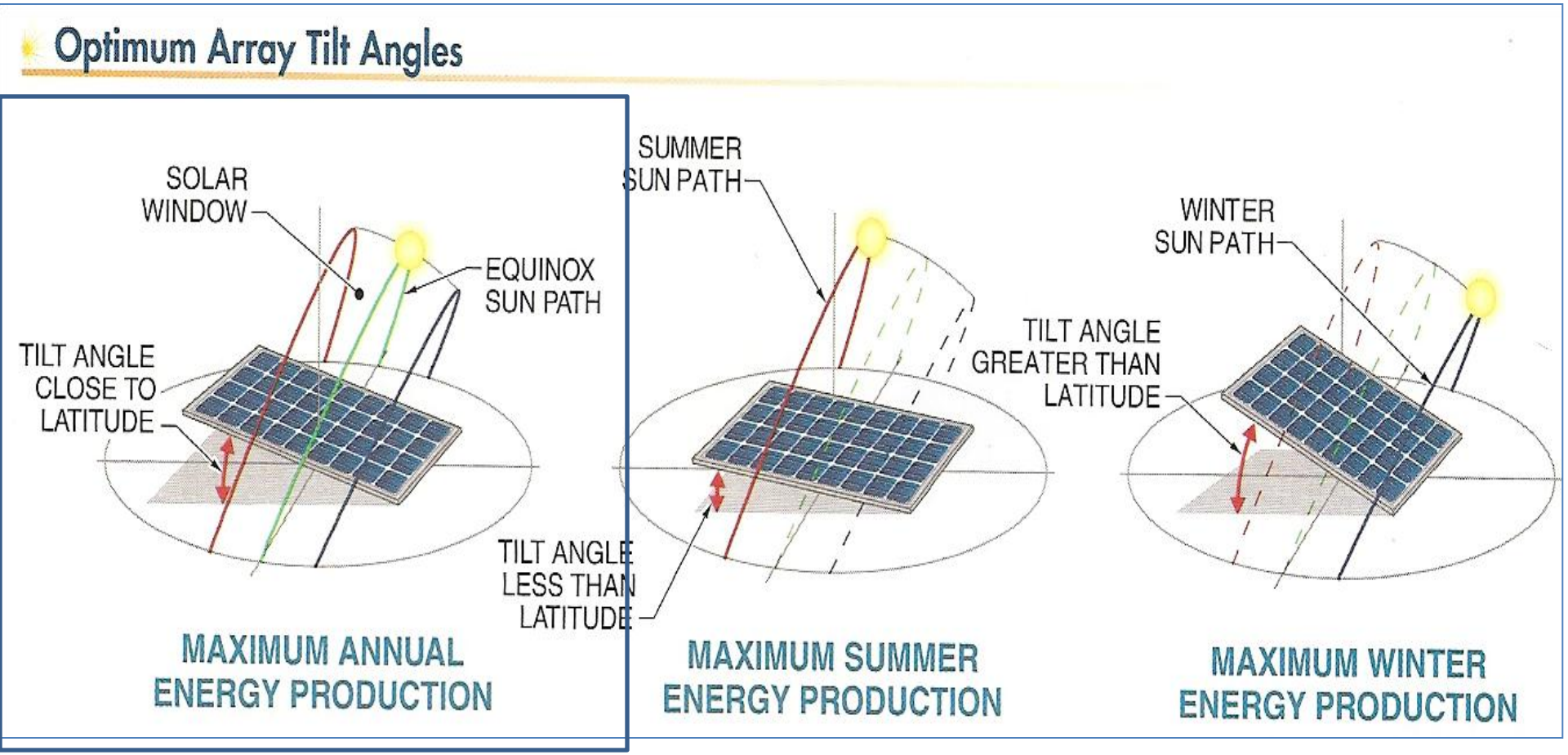
©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Orientación del arreglo



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Orientación del arreglo



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio y Planificación Previa

- Objetivos
  - Identificar problemas a examinarse para determinar las necesidades del cliente, preocupaciones y expectativas.
  - Identificar factores examinados en una evaluación preliminar, incluyendo el recurso solar local, condiciones ambientales y códigos y requisitos de interconexión.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio y Planificación Previa

- Explicar el proceso de determinar posibles ubicaciones del arreglo del las Placas o del sistema PV.
- Describir los métodos para determinar y diagramar los patrones de sombreado.
- Discutir las consideraciones para determinar la viabilidad y la condición existente del techo, sistema estructural y del sistema eléctrico y equipos.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio y Planificación Previa

- Explicar la función de una auditoría energética e identificar oportunidades para la conservación y la eficiencia energética.
- Identificar los factores a considerar al preparar una propuesta, incluyendo estimaciones de costo, tamaño, rendimiento y valor de un sistema de PV.
- Explicar los efectos de la supervisión de datos y analizar la opción de recopilación de datos del sistema.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación preliminar del Sitio

- **Una evaluación preliminar aborda varias preguntas necesarias para decidir el tipo básico del sistema deseado.**
- **Estos incluyen la necesidad del cliente y preocupaciones, el recurso solar disponible, las condiciones ambientales y los requisitos eléctricos y estructurales.**
- **La identificación de estos factores, comienza el proceso de evaluación, que influye en todos los procesos posteriores de diseño e instalación del sistema, incluyendo la selección de equipos, preparación de cotización, realización de valoración y planificación y el completar la instalación.**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación preliminar del Sitio

- **Pasos**
  - **Reunión con cliente** – entablar una buena comunicación, tomar nota de sus necesidades, lo que desea, orientarlo sobre los requerimientos de instalación, leyes aplicables, etc.
  - **Recurso Solar Local** – el recurso de radiación solar debe ser verificada antes de visitar el lugar.
  - **Condiciones ambientales** – temperatura, humedad, viento, nieve, etc.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación preliminar del Sitio

- **Pasos**
  - **Cumplimiento de código** – se debe conocer y entender todo requerimiento y código aplicable para instalación de un sistema PV en una estructura.
    - International Building Code
    - International Residential code
    - National Electrical Code
    - O contactar a la agencia de jurisdicción local

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación preliminar del Sitio

- **Pasos**
  - **Interconexión de utilidad –** contactar a la agencia de jurisdicción local

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio

- **Pasos**
- Las **evaluación del sitio** es una visita al sitio de instalación para evaluar las condiciones del sitio y establecer las necesidades y requisitos del sistema.
- Al evaluar el sitio se podrá identificar los lugares apropiados para el instalar el sistema PV y sus diferentes componentes y equipos.
- También y lo mas necesario la localización, orientación y área disponible de la estructura.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio

- **Equipos necesarios para la evaluación del sitio**
  - **Equipo de protección personal (Personal Protective Equipment (PPE) en ingles) –**
  - **Herramientas de mano –**
  - **Escaleras –**
  - **Libreta de apuntes, Cámara, etc.**
  - **Llenar hoja de Evaluación del Sitio**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

- **Hoja de Evaluación del Sitio**

PV SYSTEM SITE SURVEY INFORMATION

GENERAL INFORMATION

Customer _____
Site Address _____
Contact Name _____
Phone _____ Fax _____ Email _____

Utility _____
Contact Name _____
Phone _____ Fax _____ Email _____

Permitting Authority _____
Contact Name _____
Phone _____ Fax _____ Email _____

Type of System Desired _____ Output (kW) _____
Critical Loads (W) _____ Autonomy (days) _____

SOLAR RESOURCE & WEATHER

Latitude _____ Longitude _____ Basic Wind Speed (mph) _____
Insolation (kW/m²) AVG _____ MAX _____ MIN _____
Temperatures (°F) AVG _____ MAX _____ MIN _____
Potential for Extreme Weather _____

PROPOSED ARRAY LOCATION

Area (ft²) _____ Slope (°) _____ Azimuth Orientation (°) _____ Height (ft) _____
Accessibility _____
Shading Analysis Results _____

ROOFING

Type of Roofing _____ Age (yrs) _____ Thickness (") _____
Surface Condition _____
Type of Supporting Structure _____
Structural Concerns _____

ELECTRICAL SYSTEM

Primary Service _____ Source _____
Other Sources _____
Ratings _____
Annual Electricity Use (kWh) _____ Rate (¢/kWh) _____
Point of Connection _____
Proposed Inverter Location _____ Accessibility _____
Proposed Battery Location _____ Accessibility _____
Proposed Disconnect Locations _____ Accessibility _____
Electrical Concerns _____

Other Comments or Issues _____

Surveyor _____ Date _____
Signature _____

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio

- **Seguridad**
  - **Al instalar un sistema PV sobre una estructura o en un techo se debe de seguir con los debidos pasos de seguridad en trabajos en alturas. Dado a que estamos expuestos a techos o estructuras inclinadas.**
  - **Seguir las debidas precauciones al levantar objetos pesados y utilizar los equipos necesarios para llevar los equipos hacia las especificadas aéreas.**
  - **La Agencia de Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA) requiere que todo trabajo a realizarse por encima de los 6’ de altura(seis pies de altura) sobre el nivel de la tierra, se requiere de protección sobre caídas libres.**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio

- **Seguridad**
  - **Los métodos y equipos a utilizar en protección sobre caídas libres están descritas en la:**
    - **Regulación CFR 1926.500 hasta la 1926.503**
  - **El uso de "Harness" son requeridos en trabajos de alturas.**
  - **Una escalera debe estar fija en todo momento, para el libre acceso a los techos.**
  - **De la altura no exceder los 6' (seis pies) delimitar con una cinta de peligro para evitar alguna caída de cualquier otra cosa.**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Evaluación del Sitio

- **Materiales de documentación –** libretas de botas, calculadora
- **Equipo para medir electricidad –**
- **Equipos para medir –** cinta de medir, “compass”, nivel, etc.
- **Equipo para calcular la ruta del sol – calculo de sombras**
- **Equipos para marcar –**
- **Herramientas adicionales –**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Sun Path Calculator

Solar Pathfinder

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Testing and Measuring Devices

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- **Localización del Sistema PV**
  - **Uno o mas aéreas para instalar el arreglo de sistema PV pueden ser identificados durante la visita para evaluar el sitio.**
  - **Recordar que solo hay una mejor manera de localizar los sistemas PV y son la orientación hacia el meridiano sur, con su pendiente de 18.15 grados.**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- **Localización del Sistema PV**
  - **La localización apropiada para la instalación del sistema PV debe ser seleccionada por varios factores:**
    - **Área del arreglo o del Sistema PV – el sistema PV es un sistema de generación de baja intensidad, pero con gran área de superficie según la cantidad de potencia a generar.**
    - **Para obtener un estimado del área de superficie a ocupar podemos utilizar la siguiente formula:**

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

$$A = \frac{P_{mp}}{\eta_m}$$

where

A = estimated required array area (in m^2)

P_{mp} = desired peak array power (in kW)

η_m = module efficiency

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Ejemplo:

For example, what is the estimated size of an array using 12% efficient modules that should produce approximately 5 kW at peak sun?

$$A = \frac{P_{mp}}{\eta_m}$$

$$A = \frac{5}{0.12}$$

$$A = \mathbf{42\ m^2}$$

$$A = \frac{P_{mp}}{\eta_m}$$

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

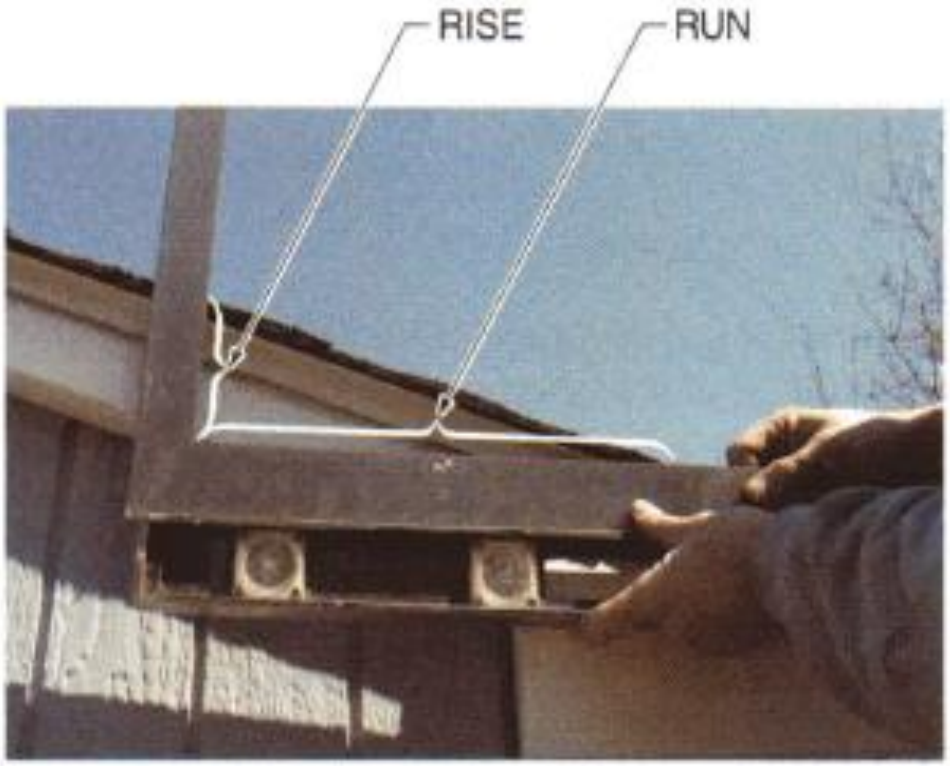
Localización

- Orientación del sistema PV
  - Debe ser colocado para recibir la mayor cantidad de energía solar. Se tiene que tomar la medida de la pendiente del techo y será de mayor importancia si el techo consta de múltiples ángulos. Todo esto debe ser medido durante la visita.
  - Lo mejor para medir ángulo es con un buscador de ángulo o un inclinometro, aunque lo puede medir con una escuadra y un nivel. (ver dibujo)

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

ANGLE FINDER



RISE AND RUN

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Para calcular la pendiente se debe utilizar la siguiente formula:

$$\theta = \arctan\left(\frac{rise}{run}\right)$$

where

θ = roof slope angle (in deg)

rise = rise (vertical) of roof slope (in in.)

run = run (horizontal) of roof slope (in in.)

- Ejemplo: Cual seria el angulo de pendiente del techo si el techo consta de una superficie de 5” de alto (rise) y 12”de corrida (run).

$$\theta = \arctan\left(\frac{rise}{run}\right)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{5}{12}\right)$$

$$\theta = \arctan(0.42)$$

$$\theta = 23^\circ$$

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

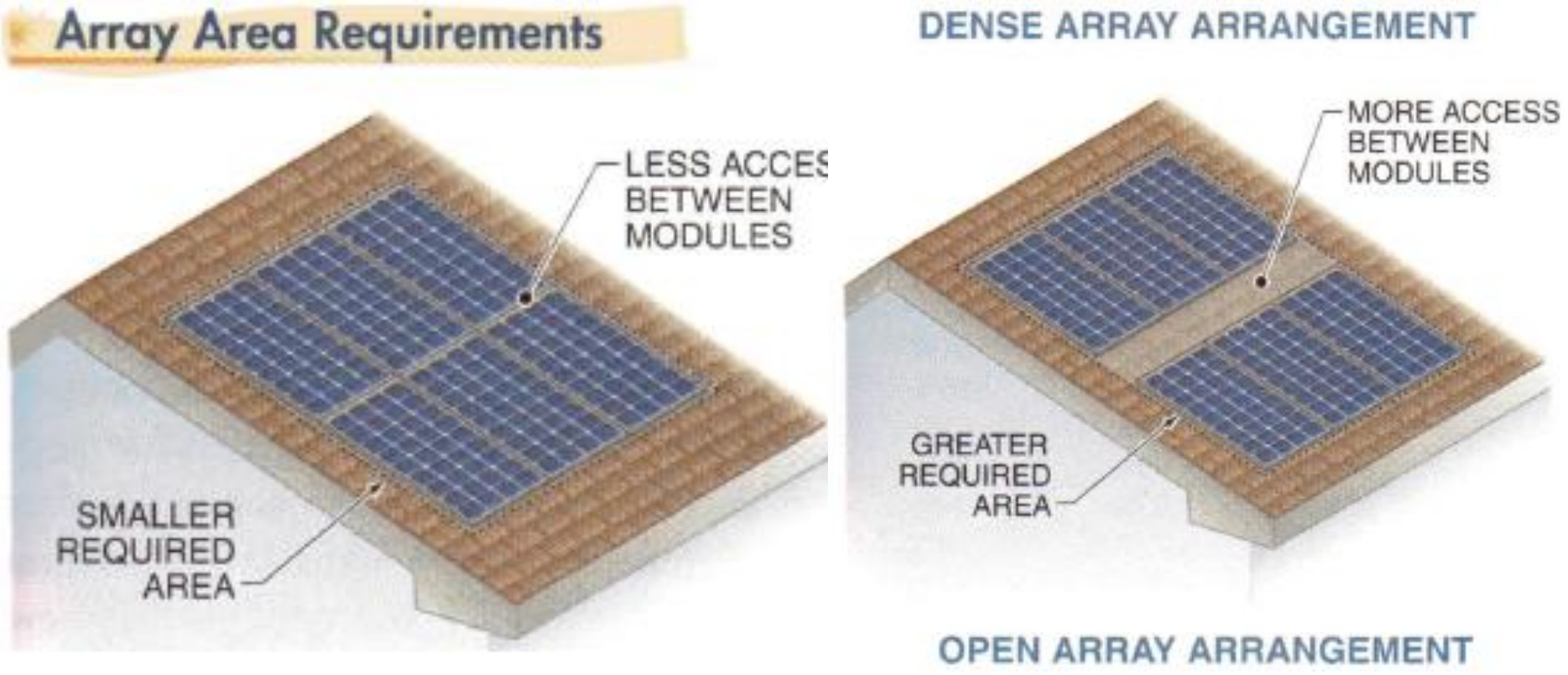
Material de Clase a discutir el

Martes, 20/ Marzo/ 2012

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

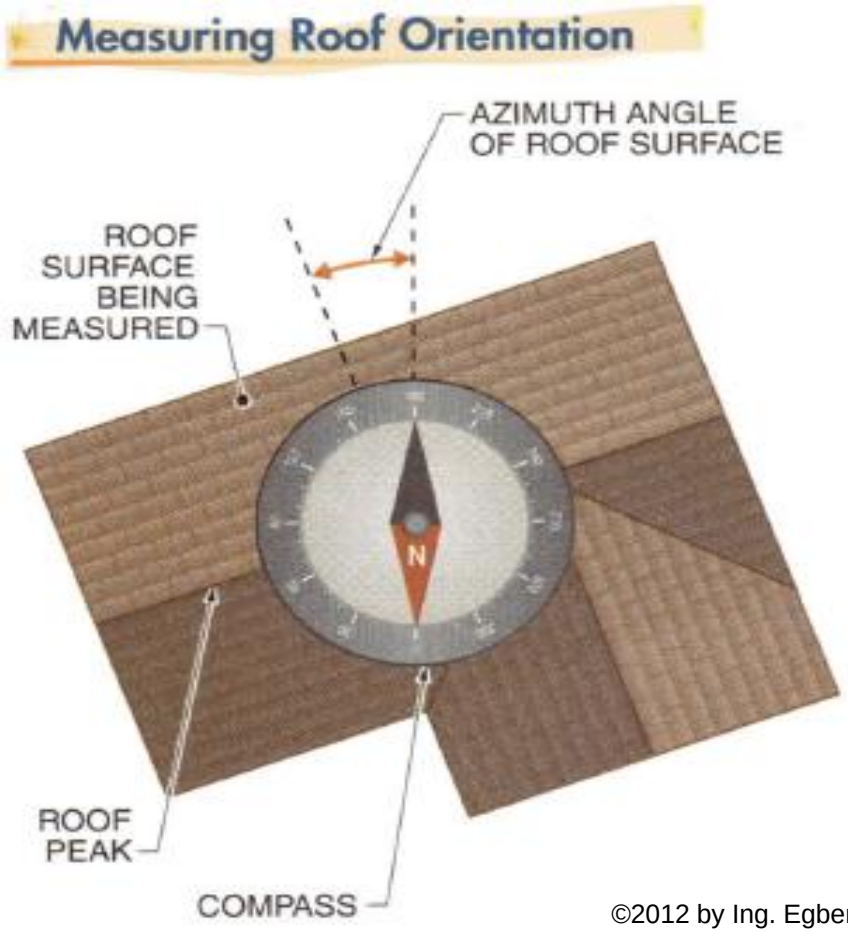
- Área requerida para nuestro sistema



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- La orientación azimuta del techo puede ser realizada con un compas apuntando hacia el sur.



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

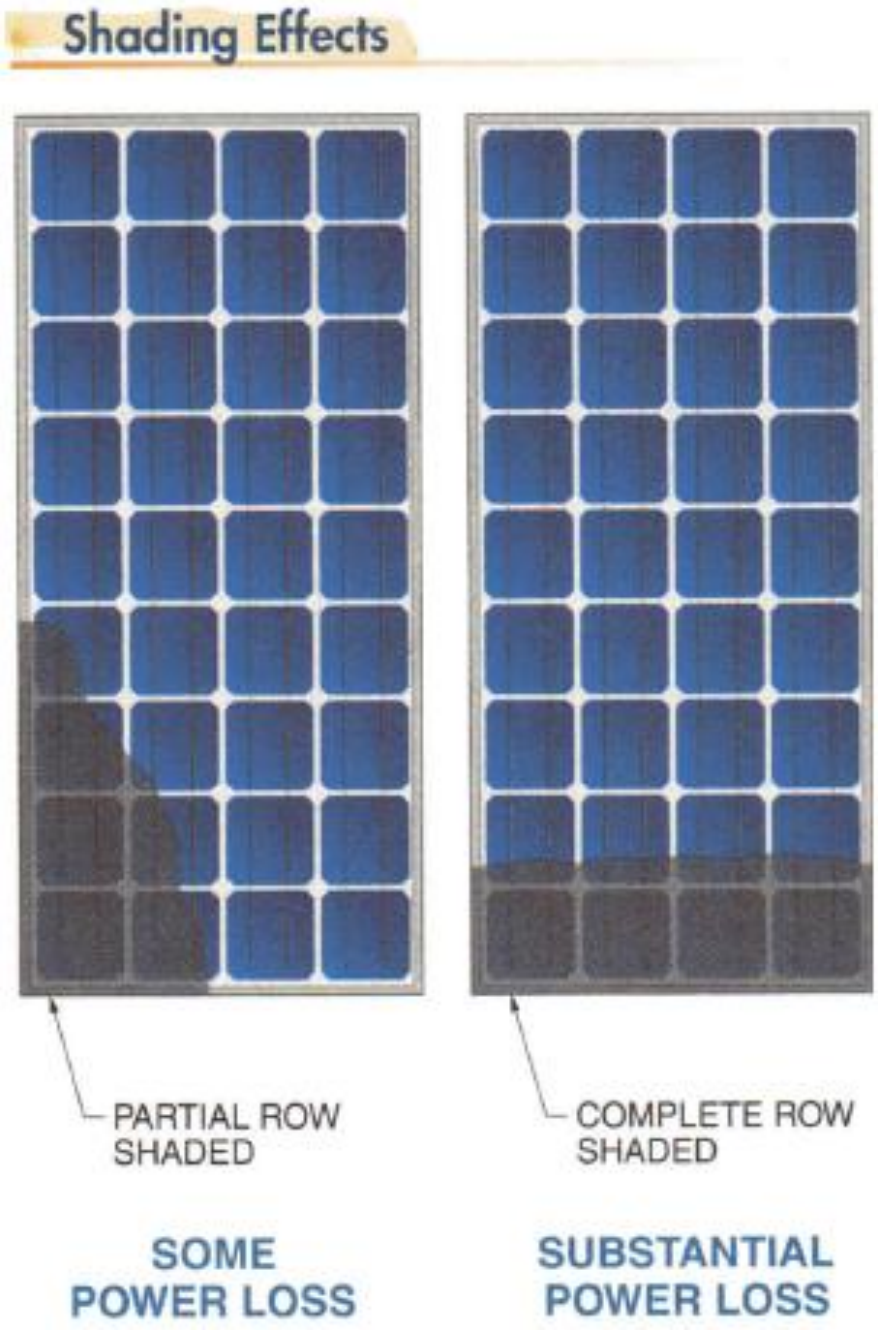
Localización

- Análisis de sombra – en un colector solar termal la sombra causaría una reducción proporcional al nivel de sombra recibida. Pero nuestros sistemas PV son mucho mas sensitivos a las sombra.
- Dependiendo de la magnitud y dirección de la sombra la reducción de nuestra potencia de salida podría ser desproporcionalmente alta, en comparación con el porciento de sombra que esta recibiendo nuestro sistema PV.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- En el peor caso, el recibir solo un 10% de sombra podría resultar en la perdida de nuestra potencia de salida. Por esto la importancia de realizar una excelente evaluación del lugar de instalación de nuestro sistema PV.



©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- De 9:00am a 3:00pm es donde mayor energía solar se recibe durante el día, por tal razón durante este horario debemos evitar algún tipo de sombra en nuestro sistema.

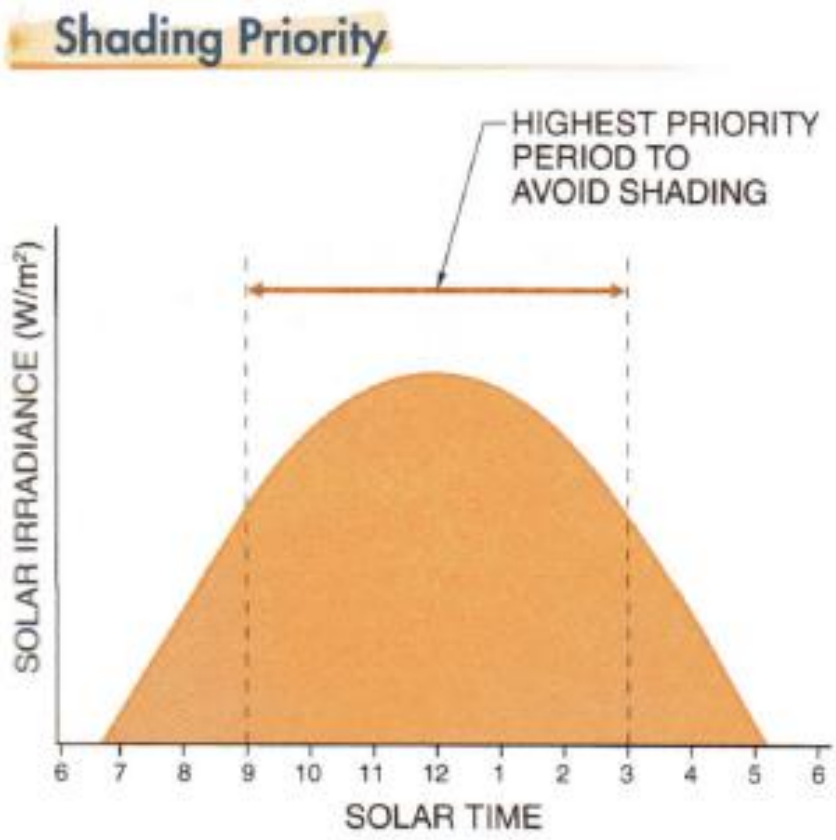
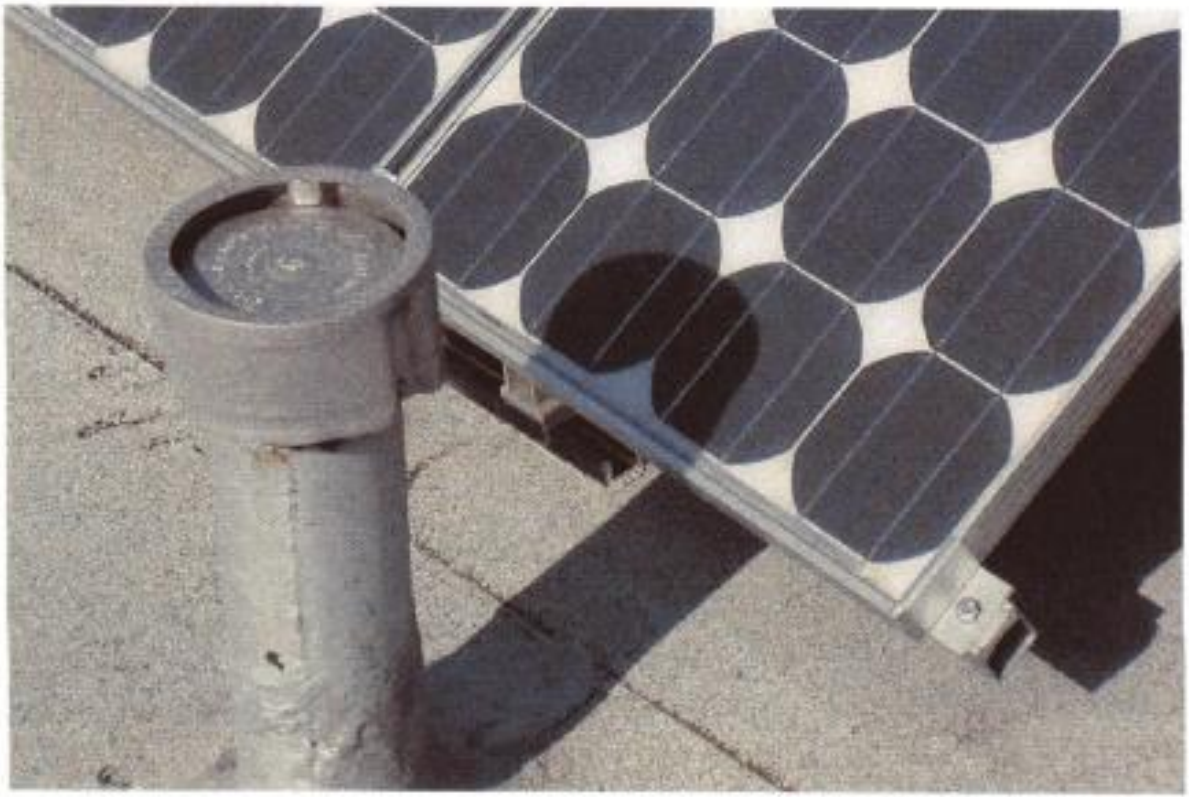


Figure 3-16. *Most of the daily solar energy is received between 9 AM and 3 PM, so avoiding shading during this period is high priority, especially during the summer.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Todo objeto debe ser considerado:



Sharp Electronics Corp.

Even shading from small obstructions, such as a rooftop vent, may be a significant issue.

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Hay que tener en cuenta la localización del sol durante el periodo de verano y de tener un árbol considerar el crecimiento del mismo.

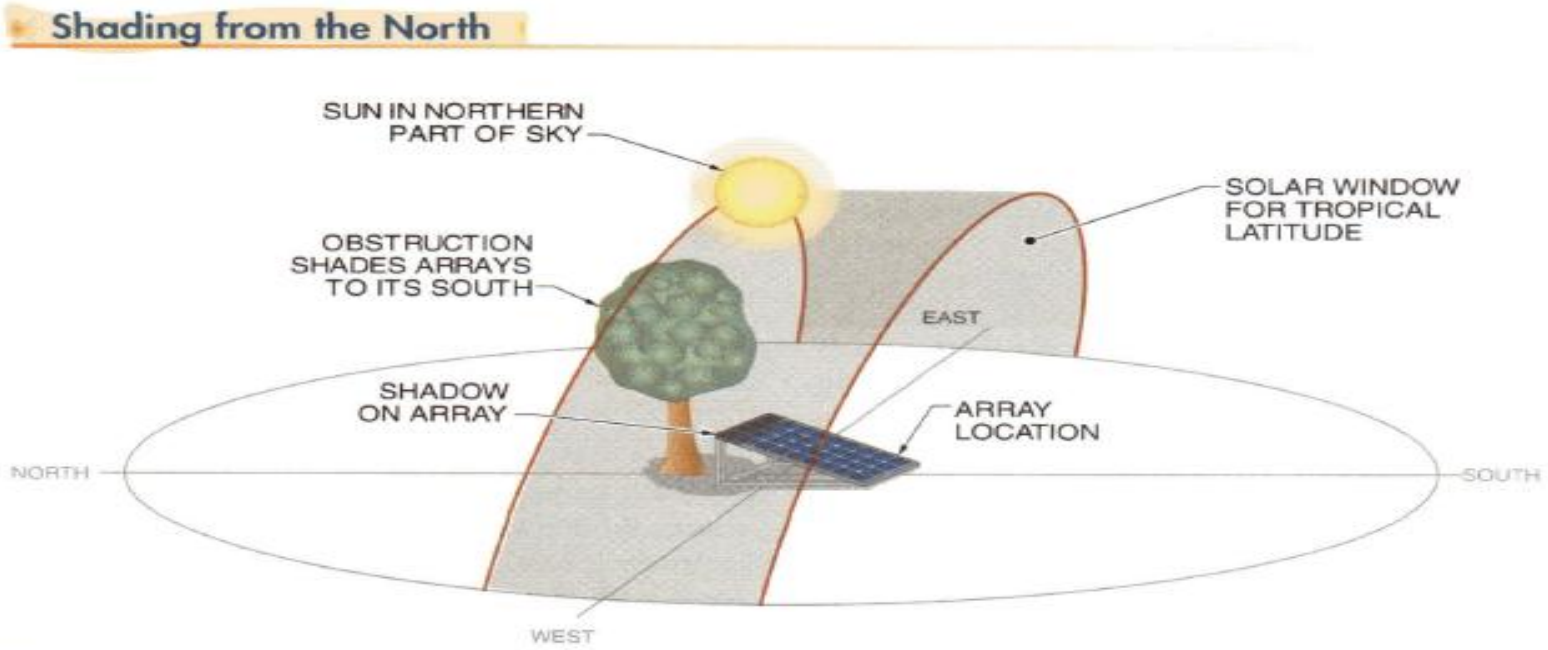


Figure 3-17. *When the sun is in the northern part of the sky, which can occur at low latitudes during the summer, shading can be caused by obstructions immediately nearby on the south.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Es altamente recomendado utilizar un “Solar Pathfinder”

Solar Pathfinder

Standard Configuration:

~~$309.00~~ **Online price: $299.00**

Configure Now

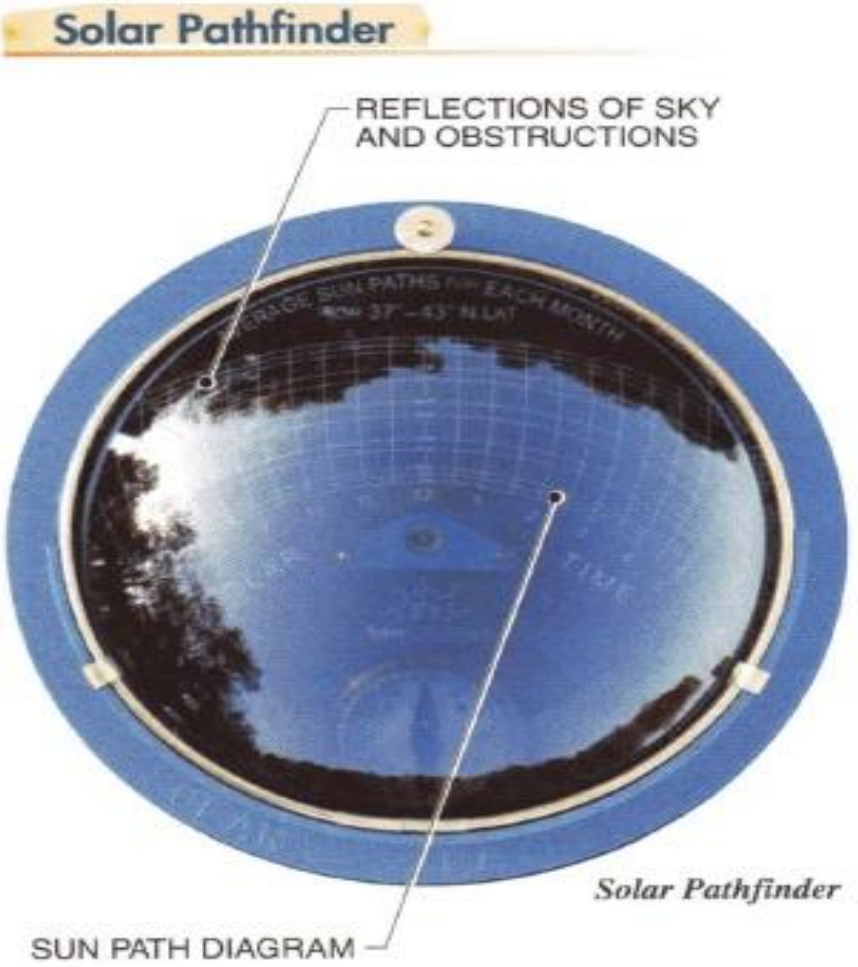


Figure 3-18. *The Solar Pathfinder analyzes shading for potential array locations by comparing the reflections of potential obstructions on the horizon to a sun path diagram of the solar window.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Otros equipos:

Solmetric SunEye

Solmetric Corporation

Figure 3-20. *The Solmetric SunEye is an electronic device that includes an on-board camera with a fish-eye lens for photographing the entire sky and horizon at once.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método de la altitud del ángulo - es un método simple para evaluar la sombra en una localización particular.

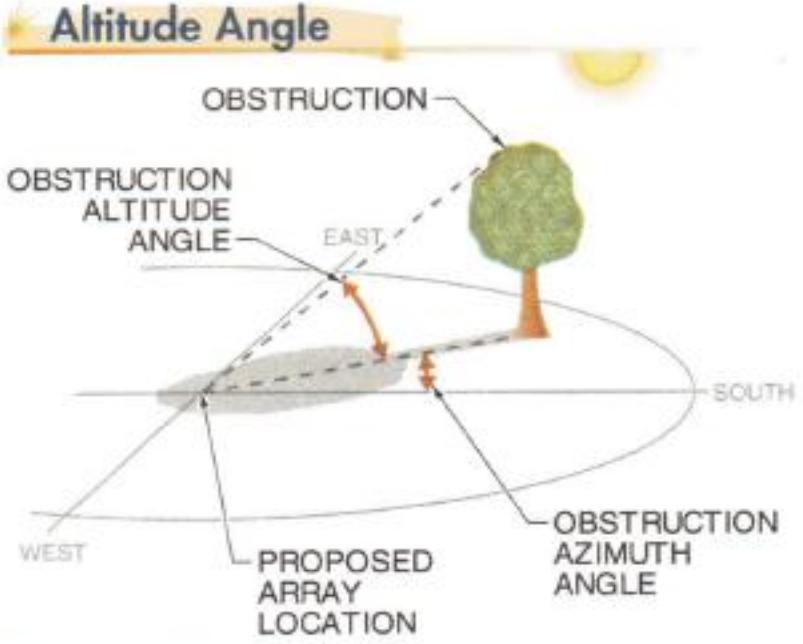


Figure 3-22. *The altitude angle is the vertical angle to the top of an obstruction.*

$$\alpha_{obs} = \arctan\left(\frac{h}{d}\right)$$

where

α_{obs} = altitude angle of obstruction (in deg)

h = height of obstruction (in ft)

d = distance to obstruction (in ft)

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

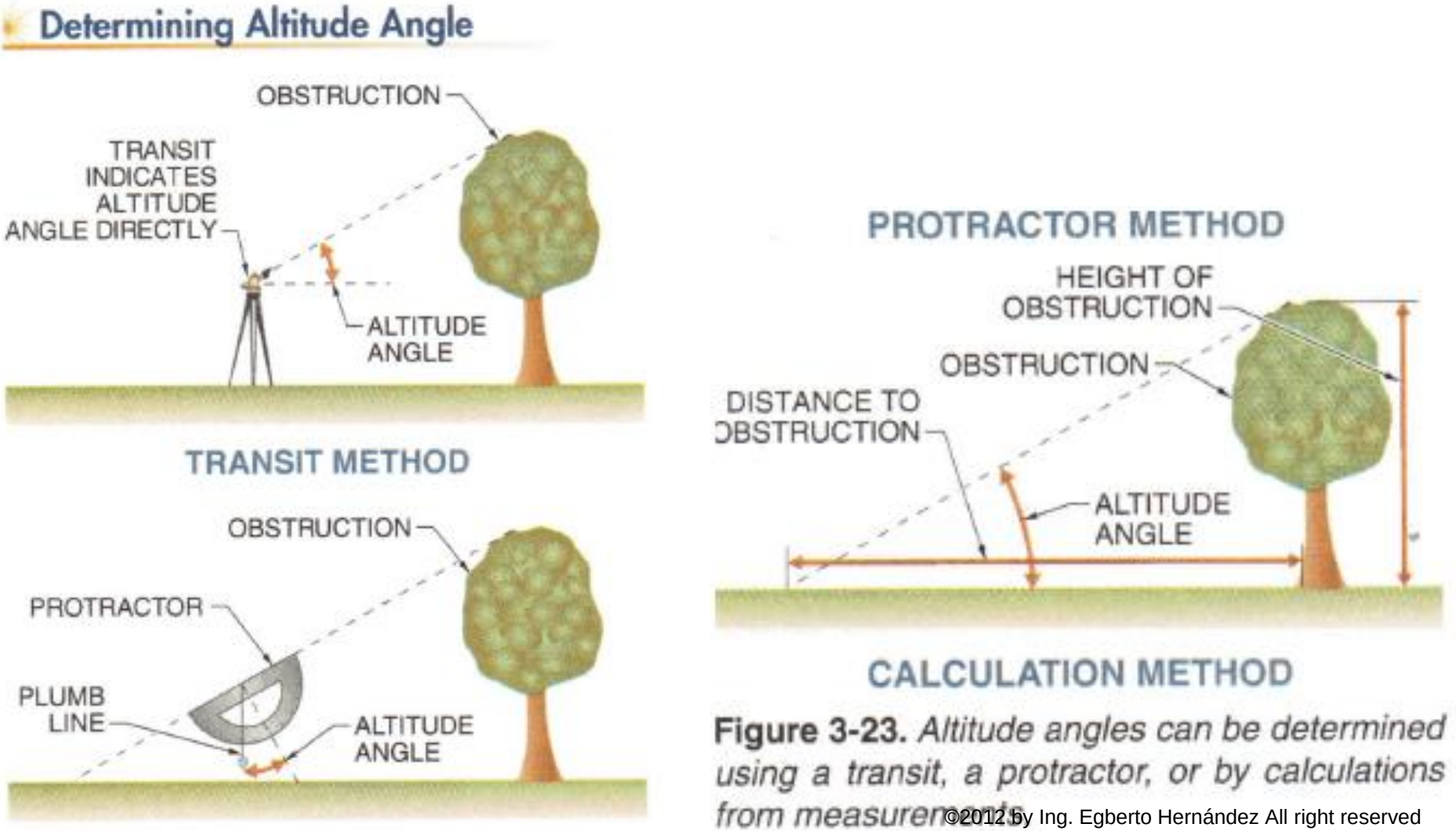


Figure 3-23. *Altitude angles can be determined using a transit, a protractor, or by calculations from measurements.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Ejemplo: - Cual será el ángulo de altitud de un árbol de 30’ y se encuentra a 43’ de distancia de nuestro lugar propuesto a instalar el sistema PV localizado a 41 grados norte de latitud?

$$\alpha_{obs} = \arctan\left(\frac{h}{d}\right)$$

$$\alpha_{obs} = \arctan\left(\frac{h}{d}\right)$$

$$\alpha_{obs} = \arctan\left(\frac{30}{43}\right)$$

$$\alpha_{obs} = \arctan(0.70)$$

$$\alpha_{obs} = \mathbf{35}^{\circ}$$

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Crear diagrama de obstrucción

(Diagrama del ángulo de altitud)

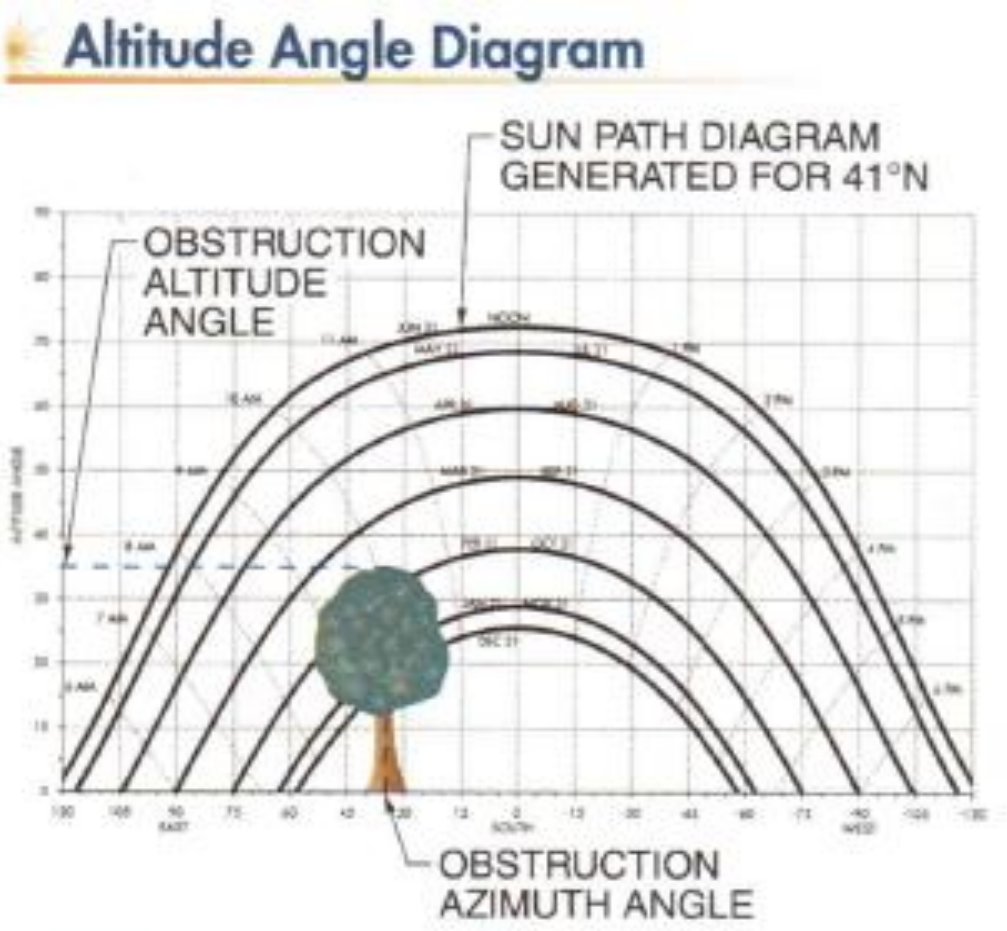


Figure 3-24. *The altitude angle method of shading analysis compares the altitude angle and azimuth angle of potential obstructions to a sun path diagram.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil
  - El calculo de la trayectoria del sol y el método del ángulo de altitud son los tipos de análisis de sombra que determinan solamente si tendremos y cuando la localización de una área sombreada por alguna obstrucción próxima

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil
- El ángulo de perfil -es la proyección del ángulo solar de altitud sobre un plano perpendicular imaginario de la superficie de una obstrucción. Estos cálculos se utilizan para determinar el largo de una sombra por cierto periodo de tiempo, será igual a la distancia mínima para evitar una sombra. La formula es:

$$\beta = \arctan\left(\frac{\tan\alpha}{\cos\psi}\right)$$

where

β = profile angle (in deg)

α = solar altitude angle (in deg)

ψ = azimuth angle between solar azimuth and plane of profile angle (in deg)

$$\beta = \arctan\left(\frac{h}{d}\right)$$

where

β = profile angle (in deg)

h = height of obstruction (in ft)

d = length of shadow (in ft)

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil

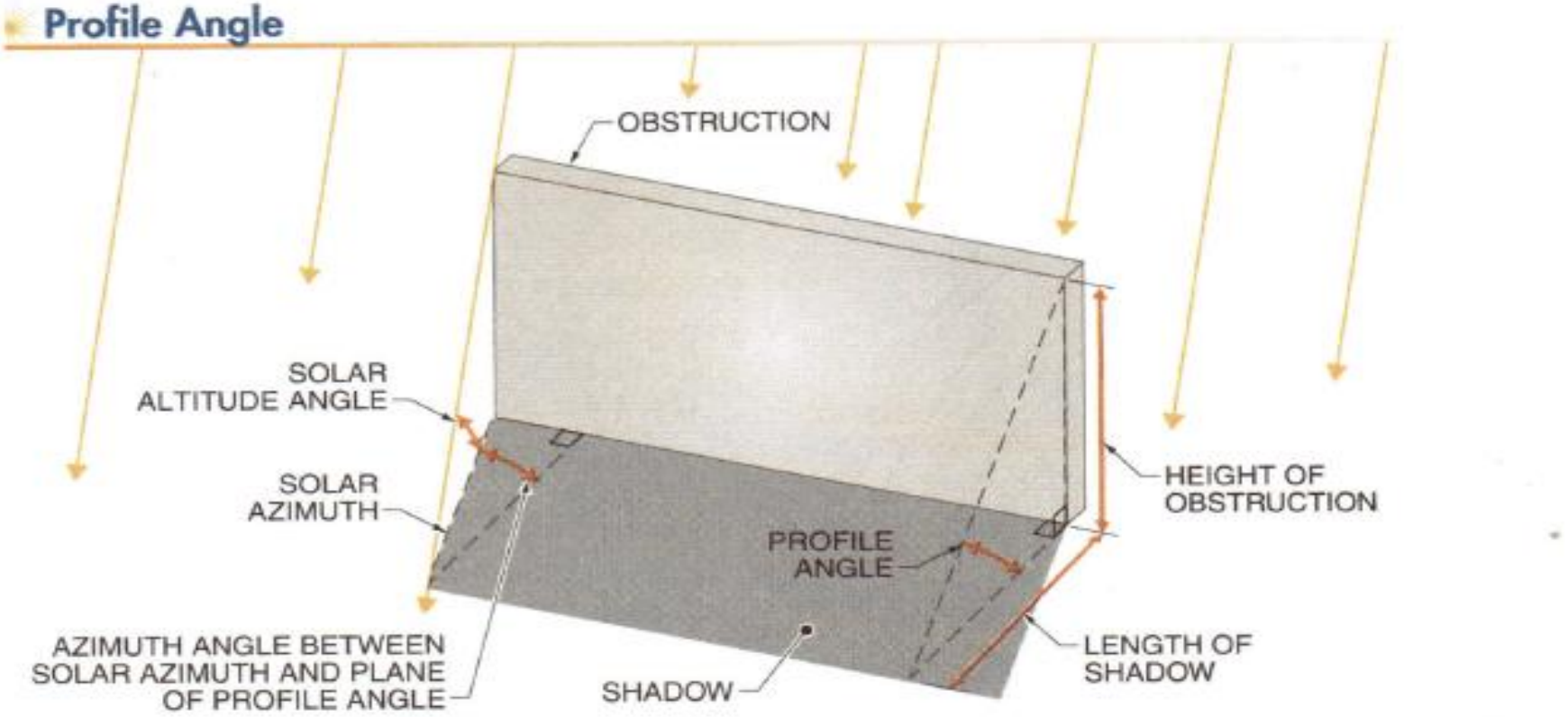


Figure 3-25. *The profile angle is the projection of the solar altitude angle onto an imaginary plane perpendicular to a shading surface. This angle is used to calculate the length of shadows.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil

$$d = h \times \frac{\cos\psi}{\tan\alpha}$$

where

d = minimum row separation distance (in ft)

h = row height (in ft)

ψ = azimuth angle between solar azimuth and array azimuth (in deg)

α = solar altitude angle (in deg)

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil
  - Ejemplo: Si un arreglo consiste de múltiples filas de módulos y son instalados en un techo plano a 40 grados latitud norte. Las filas deben tener un espacio para evitar la sombra una de la otra entre las 9:00am hasta las 3:00pm durante el invierno. En estos tiempos, el ángulo de altitud solar es 14 grados y el ángulo azimuto es 42 grados. Dado a la orientación del edificio las filas deberán ser instaladas a 10 grados oeste desde el sur, por otra parte el angulo azimuto entre el azimuto solar (solar azimuth) y el arreglo azimuto (array azimuth) es de 52 grados a las 9:00am o sea (42grados + 10 grados) y 32 a las 3:00pm (42 grados – 10 grados). Se debera calcular ambos angulos azimutos para determinar cual tiene el mayor efecto. Si al inclinar el modulo resulta en una altura de 1.5 pies, entonces encuentra la distancia minima de separacion de las filas según estas circunstancias?

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Método del ángulo de Perfil
  - Ejemplo: Respuesta

A las 9:00am

$$d = h \times \frac{\cos \psi}{\tan \alpha}$$

$$d = 1.5 \times \frac{\cos 52^\circ}{\tan 14^\circ}$$

$$d = 1.5 \times \frac{0.62}{0.25}$$

$$d = \mathbf{3.7'}$$

A las 3:00pm

$$d = 1.5 \times \frac{\cos 32^\circ}{\tan 14^\circ}$$

$$d = 1.5 \times \frac{0.85}{0.25}$$

$$d = \mathbf{5.1'}$$

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

Localización

- Sombra interior

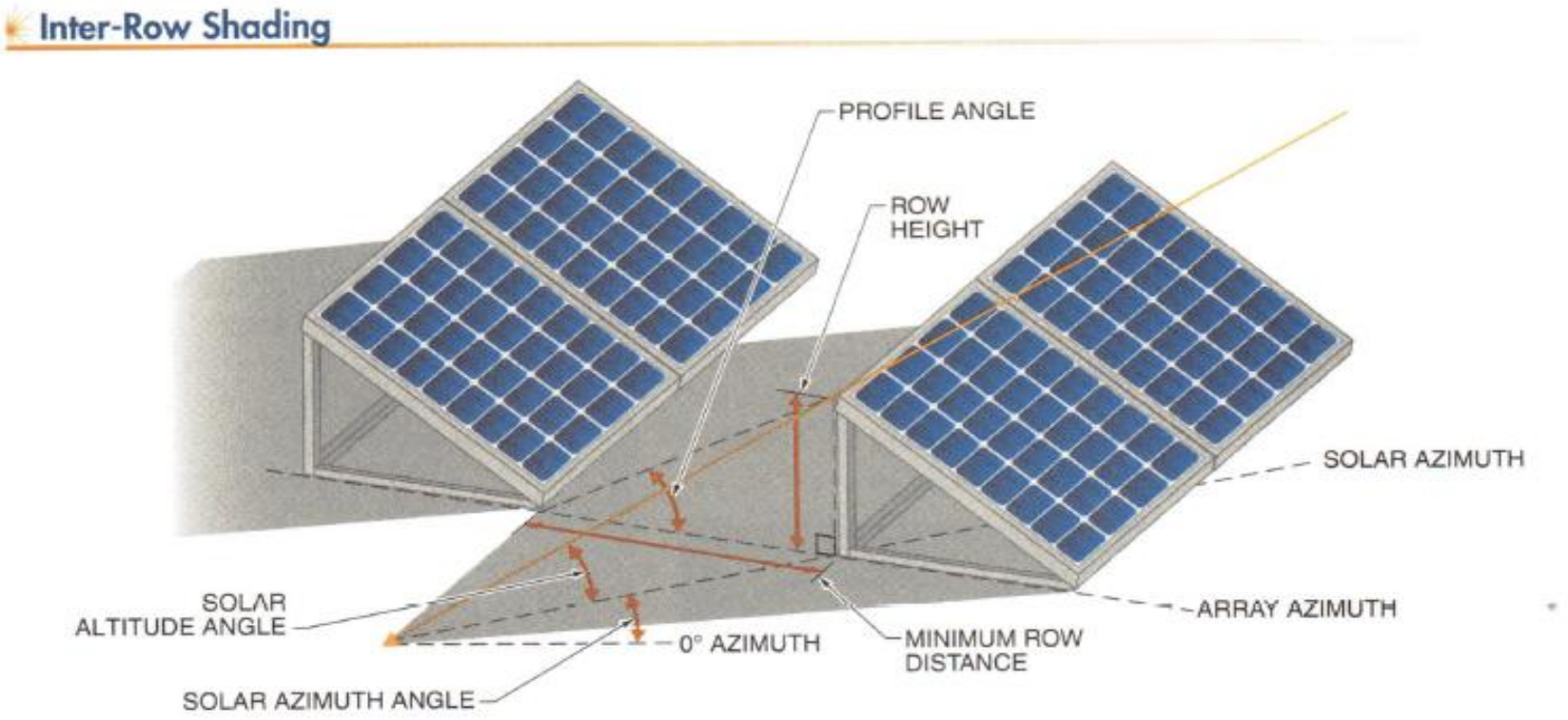


Figure 3-26. *Profile angle calculations are particularly useful for arranging arrays consisting of multiple rows of modules installed at a tilt. The calculation determines the minimum row spacing to avoid modules shading each other at certain times of the day.*

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved

- Favor de dirigirse al documento adjunto para contestar las preguntas.
- Dichas preguntas serán para entregar en la siguiente clase

©2012 by Ing. Egberto Hernández All right reserved