

Energía solar fotovoltaica y termica



Intelligent Energy 



Angeles López Agüera
Sustentable **E**nergetic **A**plications
a.lopez.aguera@usc.es

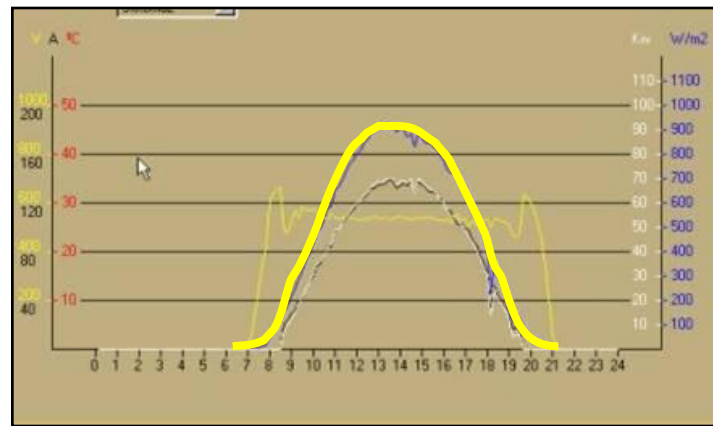
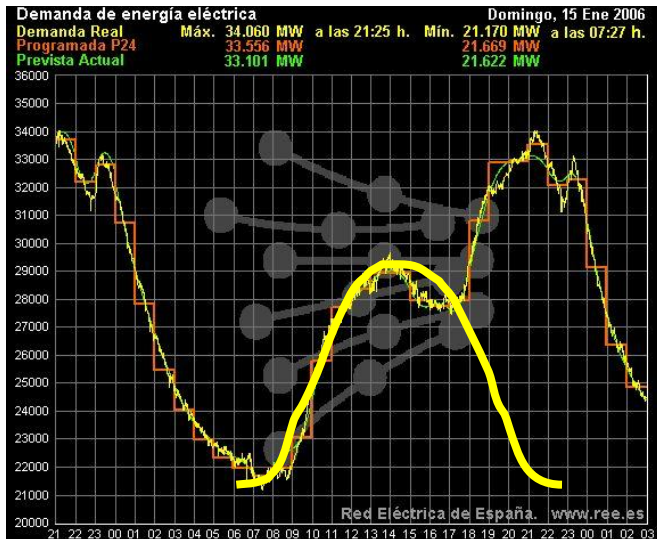
ENERGIA ELÉCTRICA EN ESPAÑA



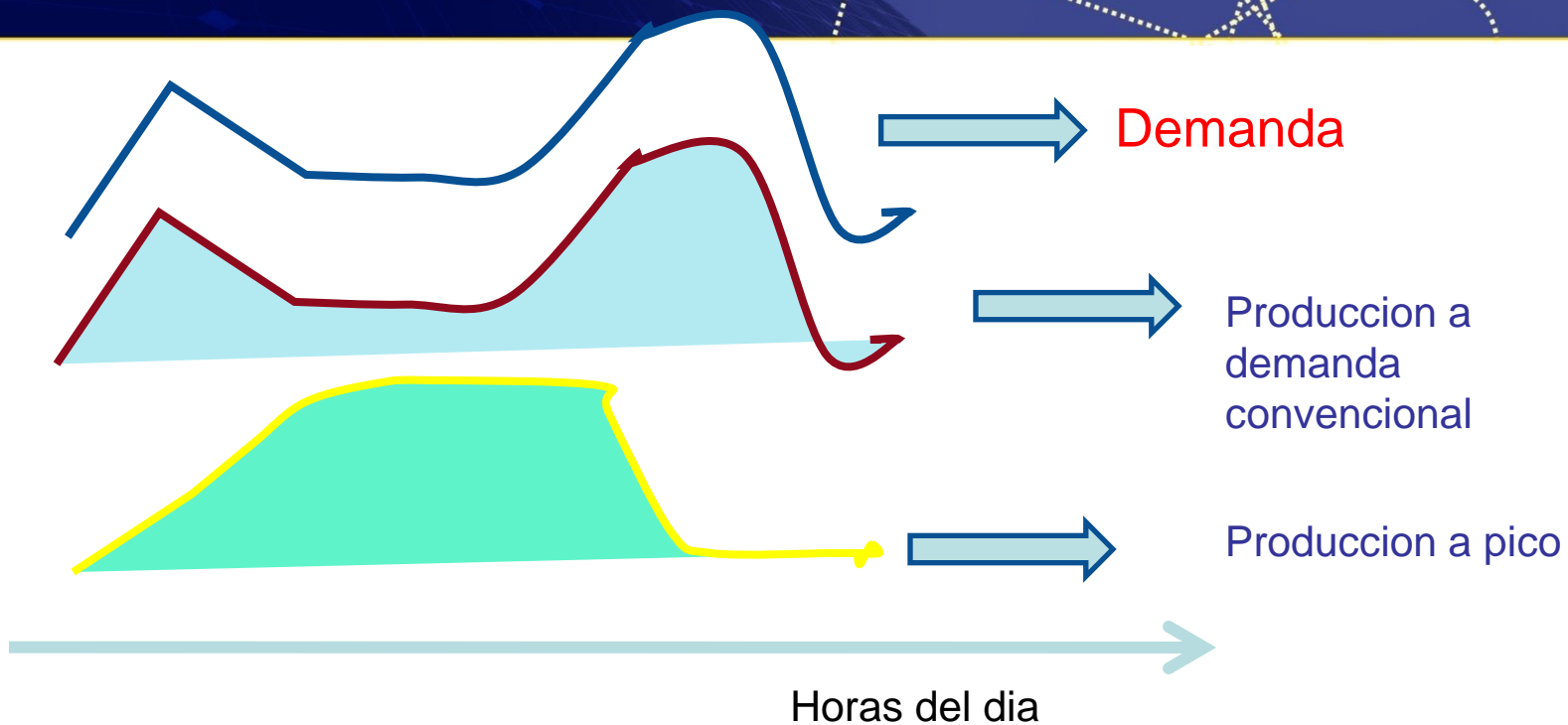
○ Generación convencional



CONSUMO ELÉCTRICO



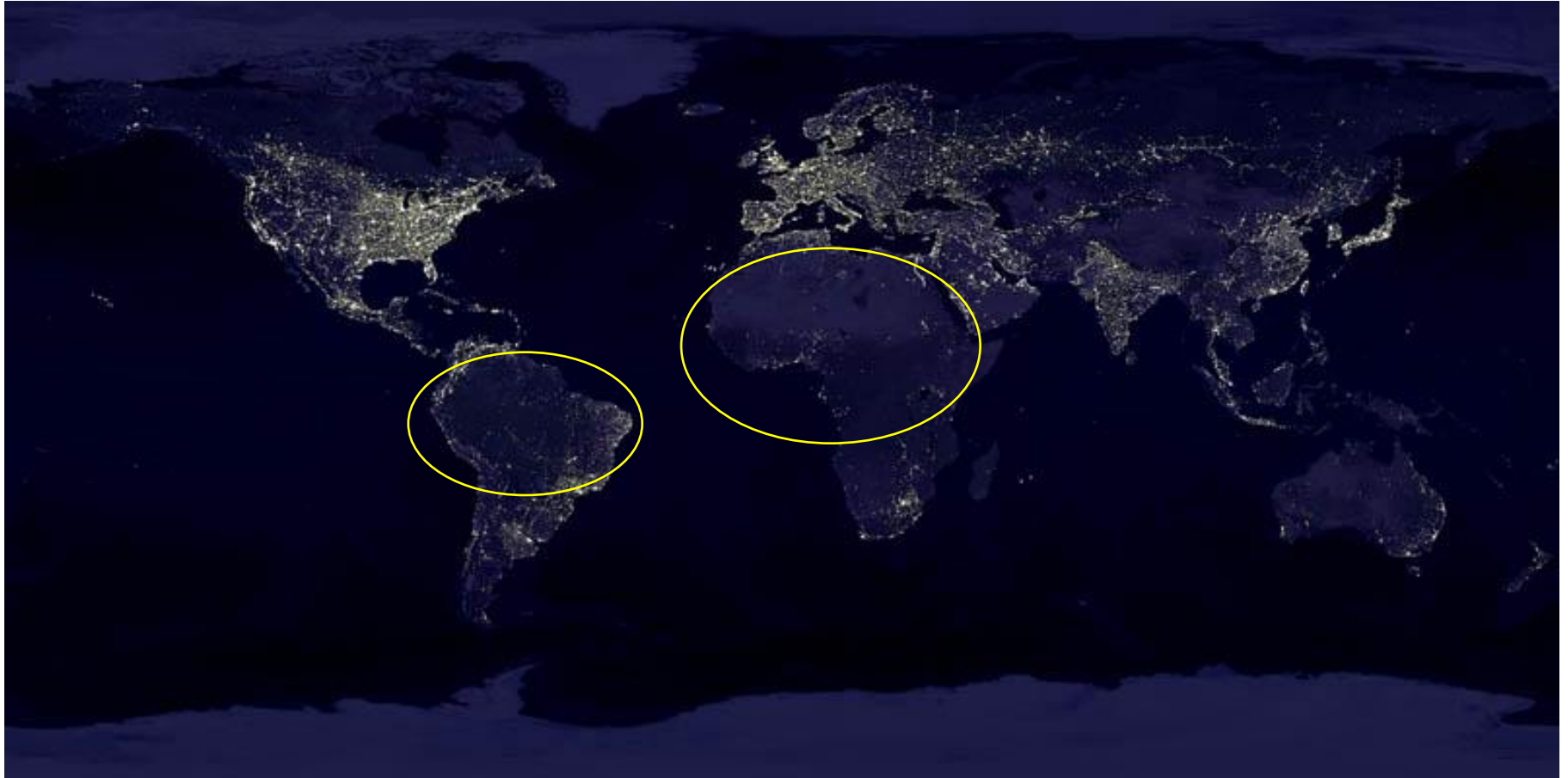
PRODUCCION A PICO DE LA SOLAR FOTOVOLTAICA



PROYECTOS I+D+i para EMULAR producción a demanda mediante estados intermedios de acumulación

(Financiado Xunta. Desarrollo USC y CIS Ferrol)

DISPONIBILIDAD ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MUNDO



DESARROLLO SOSTENIBLE



Energía	
Fabricante	BOSCH
Modelo	KGP36390
Más eficiente	A+
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Menos eficiente	
Consumo de energía kWh/a-no <small>Sobre la base del resultado obtenido en 24h en condiciones de energía normalizada. El consumo real depende de las condiciones de utilización del aparejo y de su localización</small>	284.7
Volumen alimentos frescos l Volumen alimentos congelados l	227 84 ***
Ruido (dB(A) re 1 pW)	
<small>Ficha de información detallada en los folletos del producto</small>	
<small>Norma EN 153, mayo 1990 Directiva 94/CE sobre etiquetado de refrigeradores</small>	

EFICIENCIA ENERGETICA



ENERGIAS RENOVABLES



Efecto sobre el CO₂....

Cada Kwh generador con energia solar fotovoltaica evita la emision de:

- 1 Kg de CO₂ si se compara con generacion electrica con carbon
- 400 gr. de CO₂ si se compara con gas natural

Disminucion de gases de efecto invernadero

(Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O)
Hidrofluor-carbuos (HFCs), Perfluoro -carbuos(PFCs), Hexafluoruro de Azufre (SF₆))

Emisiones GHG (Green House Gasses) g(CO ₂ -equivalentes)/kWh		Variación %	Efecto
PRODUCCIÓN ELÉCTRICA (kW·h _e)			
Carbón	1.100	225,44	+
Fotovoltaica (p-Si) ⁽¹⁾	189	-44,08	-
Fotovoltaica (m-Si) ⁽¹⁾	114	-66,27	-
Eólica ⁽¹⁾	36	-89,35	-
COXENERACIÓN			
Gasóleo	350	3,55	+
Gas natural	260	-23,08	-
PRODUCCIÓN TÉRMICA (kW·h _t)			
Fuelóleo ⁽³⁾	366	8,28	+
Gasóleo C ⁽¹⁾	338	0	0
GLP ⁽³⁾	304,3	-9,97	-
Gas natural ⁽¹⁾	286,5	-15,24	-
Pelets (Astillas de madeira) ⁽²⁾	37,5	-88,91	-
Solar Térmica ⁽⁴⁾	6	-98,22	-

Fontes: (1) Suisse Office of Energy
(2) Joanneum Research (Austria)
(3) University of California
(4) University of Sydney

PANORAMA ESPAÑOL – Normativa

- **Real Decreto 661/2007 de 25 de Mayo.**
- **Real Decreto 1634/2006 de 29 de Diciembre.** Se establece la tarifa eléctrica a partir del 1 de enero de 2007
- **Real Decreto Ley 7/2006 de 23 de Junio.** Se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- **Real Decreto 436/2004 de 12 de Marzo.** Establece la metodología para la actualización y sistematización del Régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto 1663/2000 de 29 de Septiembre.** Sobre Conexión de Instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- **Real Decreto 1955/2000 de 1 diciembre.** Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de Instalaciones de energía eléctrica
- **Legislación Autonómica**, relativa por ejemplo al procedimiento de conexión en MT o a procedimientos específicos para la tramitación de REPE o A.A

En 1959, el físico **Freeman Dyson**, en un artículo de la revista Science sobre la búsqueda de civilizaciones extraterrestres titulado

**«Search for Artificial Stellar Sources
of Infra-Red Radiation»,**

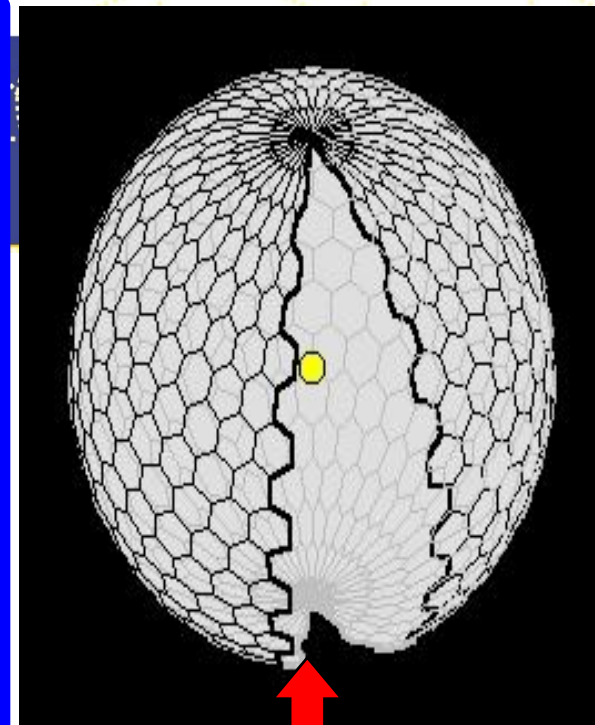
ya señalaba la importancia que tenía la energía solar para el desarrollo de cualquier civilización.

Y apuntaba que una civilización tecnológicamente más avanzada que la nuestra construiría las llamadas

«esferas de Dyson»,

estructuras esféricas que rodearían a una estrella con la finalidad de aprovechar al máximo toda la radiación emitida.

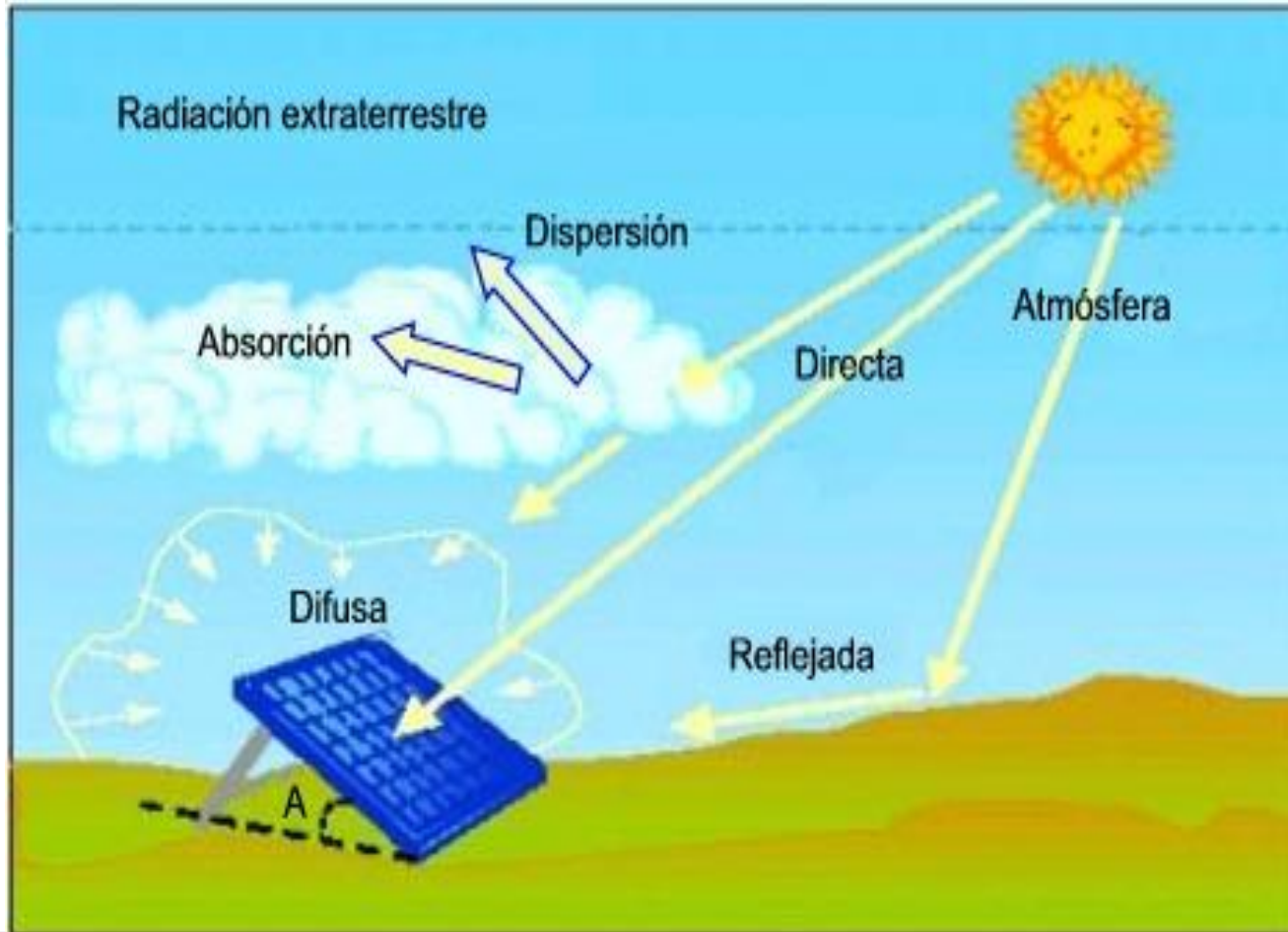
**Su planteamiento era que el futuro de una civilización
avanzada pasaría necesariamente por el máximo
aprovechamiento de la energía solar.**



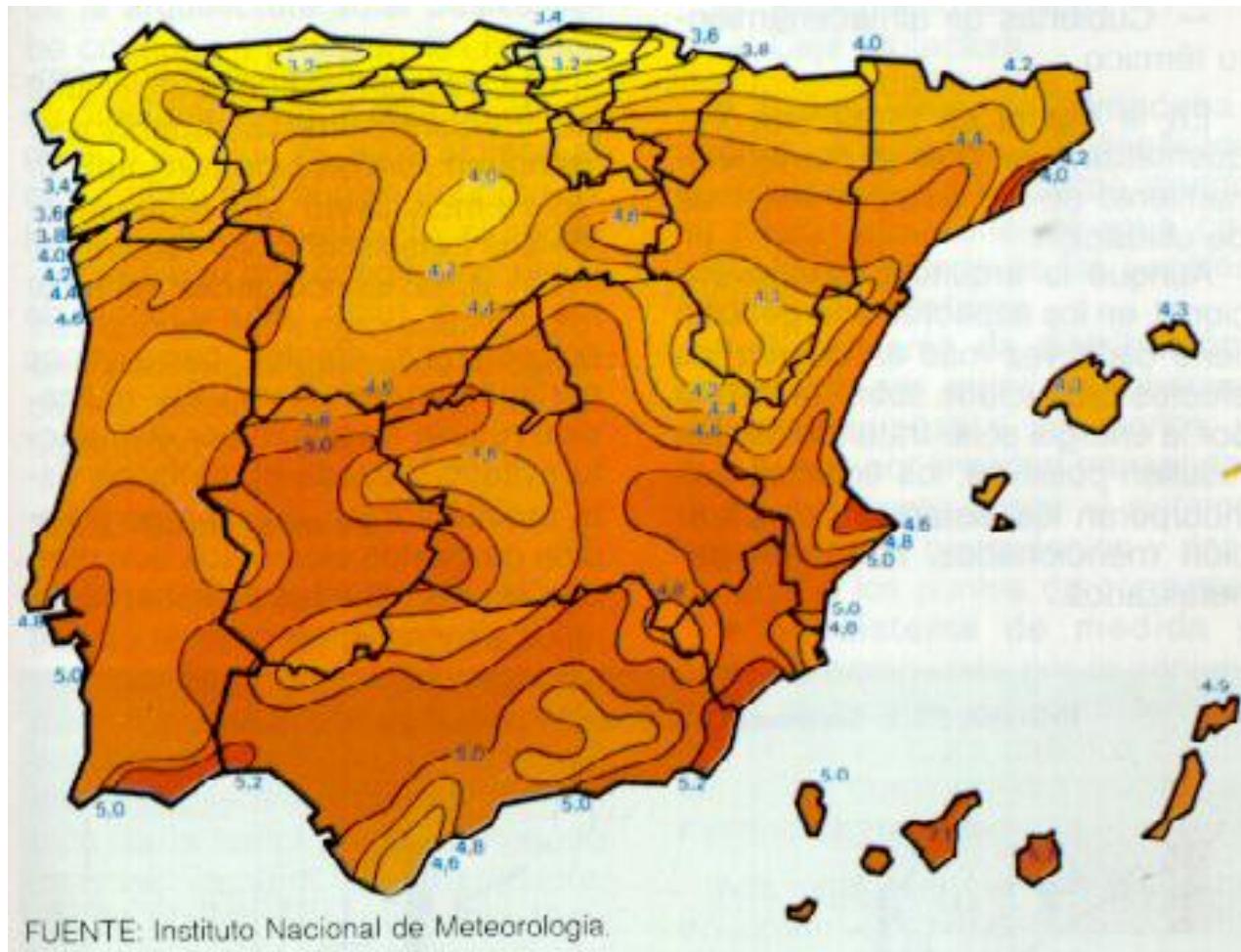
Una idea similar fue propuesta
en 1945 en una obra de ficción
(Hacedor de estrellas de
Olaf Stapledon).

Recurso : Radiación solar

❖ X



RADIACIÓN SOLAR



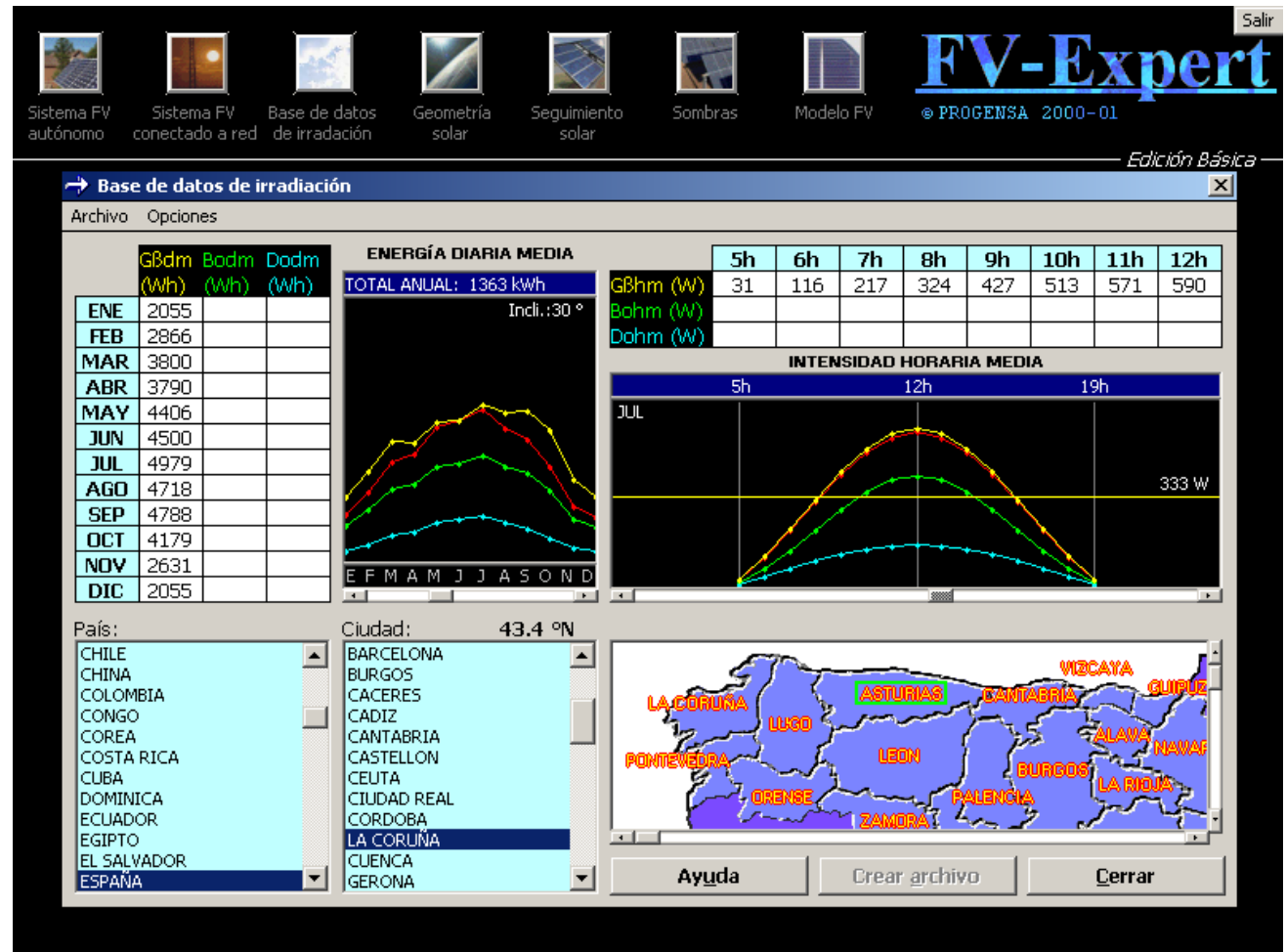
RADIACIÓN SOLAR

ENERGÍA DIARIA MEDIA

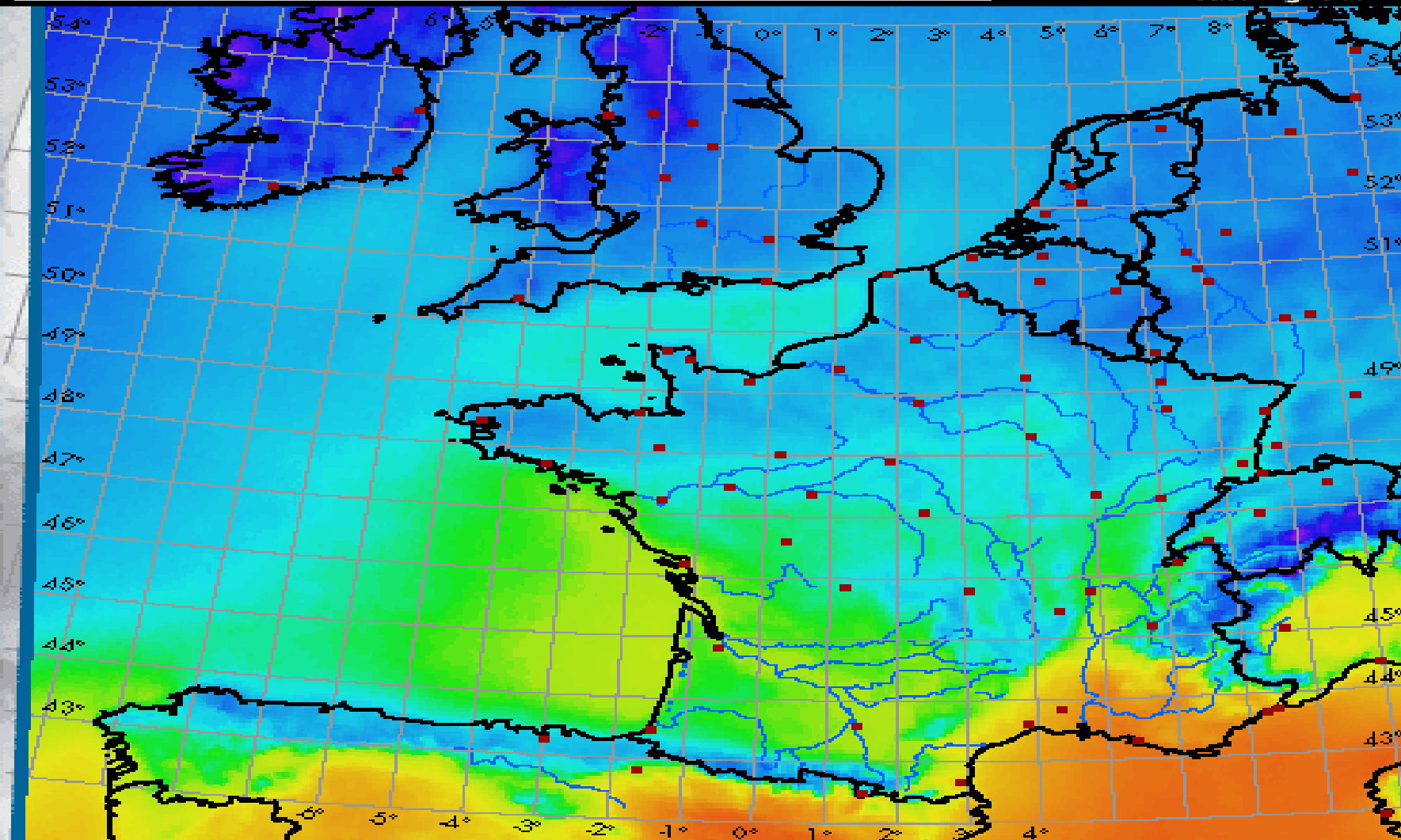
TOTAL ANUAL: 1363 kWh

Incl.: 30 °

	GBdm (Wh)	Bodm (Wh)	Dodm (Wh)
ENE	2055		
FEB	2866		
MAR	3800		
ABR	3790		
MAY	4406		
JUN	4500		
JUL	4979		
AGO	4718		
SEP	4788		
OCT	4179		
NOV	2631		
DIC	2055		



Satel-Light Zone : F **From : Sunrise To : Sunset** **Clock Time, 1996 to 2000**
■ Jan ■ Feb ■ Mar ■ Apr ■ May ■ Jun ■ Jul ■ Aug ■ Sep ■ Oct ■ Nov ■ Dec ☒ All Year
Information : Frequency of Sunny Skies
 10 20 30 40 50 60 70 **Date : 09/02/03**
 % www.satel-light.com



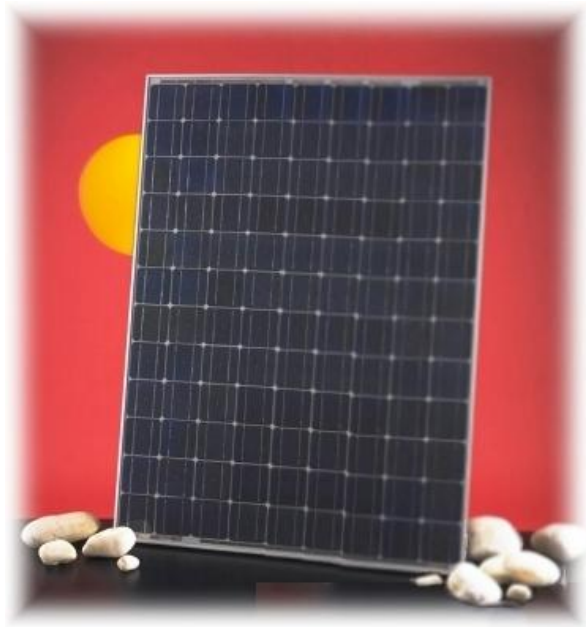
Energía Solar

Conceptos

- ❖ **Energía Solar:** Potencia radiante producida por el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión, que llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía (fotones).
- ❖ $5,4 \times 10^{24}$ J, una cifra que representa 4.500 veces el consumo mundial de energía.
- ❖ **Condicionantes para su aprovechamiento:** la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas de cada emplazamiento.
- ❖ **Captación :**
 - ❖ **Pasiva** (orientación, forma, cubiertas, aislamientos, etc)
 - ❖ **Activa** (**Energía Solar Fotovoltaica** (más usada) y **Energía Solar Térmica**)

Cf. Herzog, Thomas. Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Ed. Prestel Munich, Germany, 1997.

Módulos Fotovoltaicos y Colectores Termicos



Inclinación e orientación de captadores

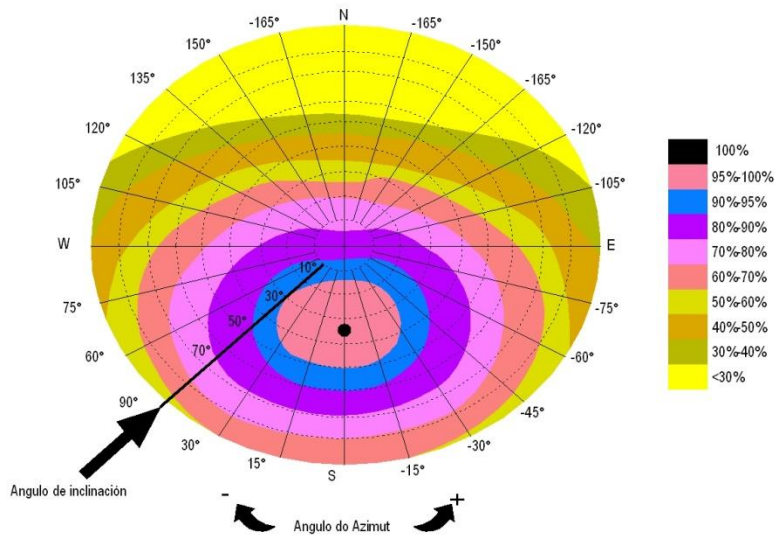
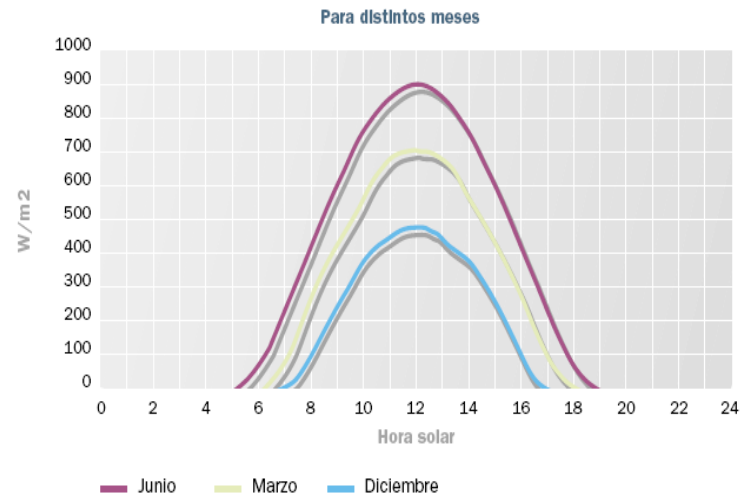
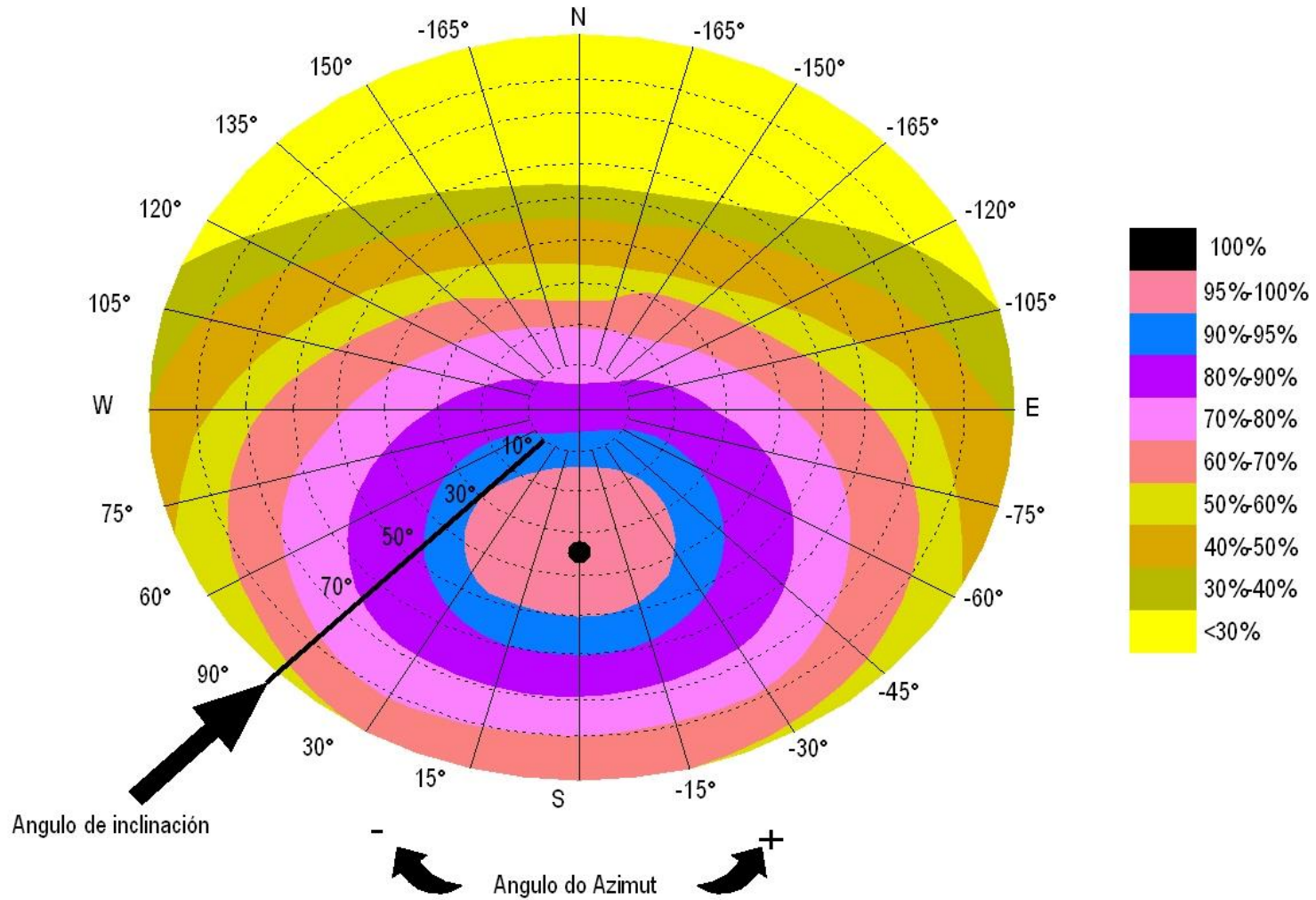


GRÁFICO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIARIA



- ❖ *Desviaciones de ata 20° con respecto ó sur non supoñen perdas de captación demasiado significativas.*
- ❖ *Variacións de 10° con respecto ó ángulo de inclinación óptimo non afectan sensiblemente á enerxía útil aportada polo equipo.*

UTILIZACIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN
Todo o ano	Latitude del lugar
Inverno	Latitude del lugar + 10°
Verán (ej. hoteis temporada)	Latitude del lugar -10°

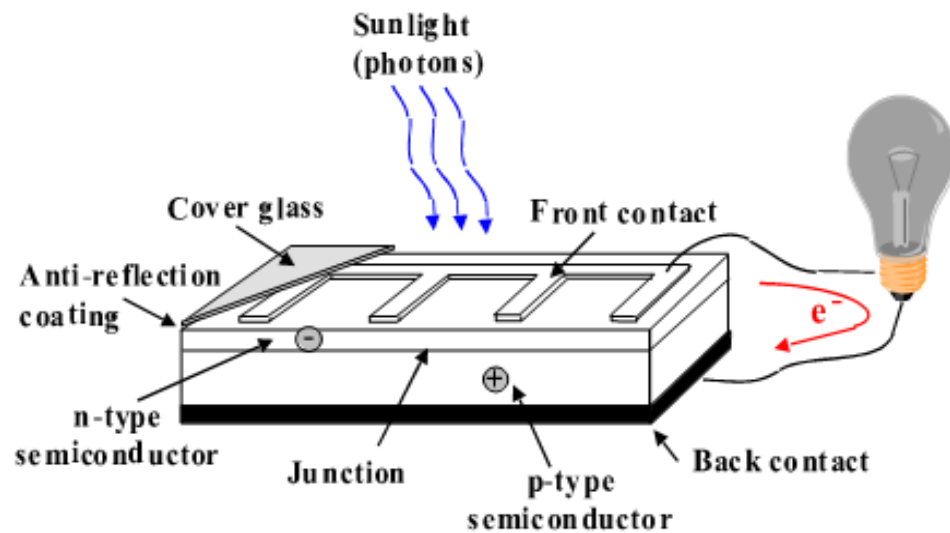


Solar Fotovoltaica

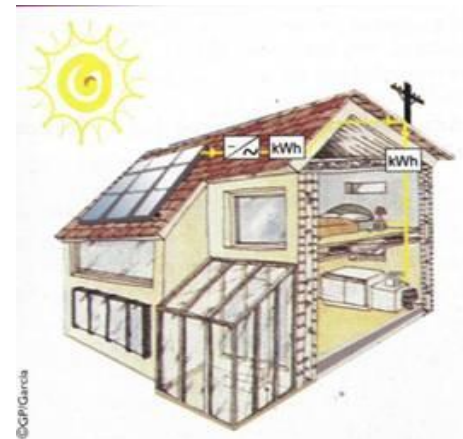
Energía Solar

Fotovoltaica

- ❖ Es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.
- ❖ Se realiza la captación de una parte del espectro electromagnético de la energía solar con paneles o módulos solares fotovoltaicos



Célula fotovoltaica



Energía Solar

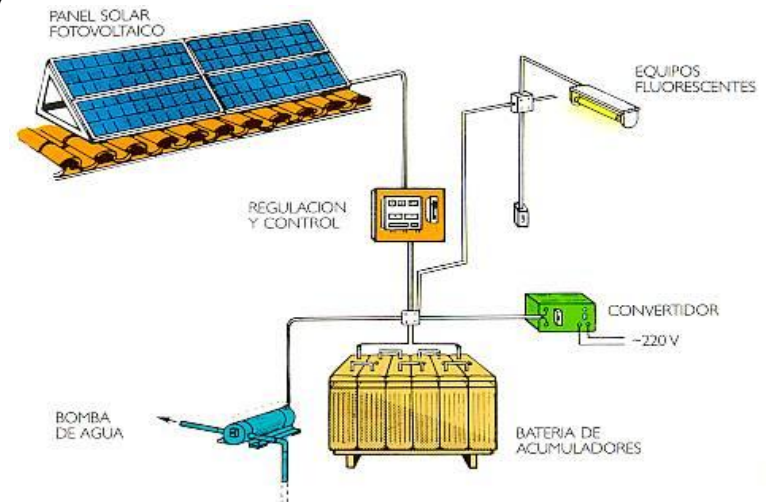
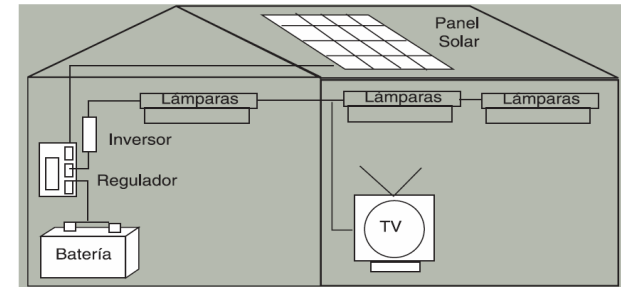
Sistema Fotovoltaico

❖ Funciones:

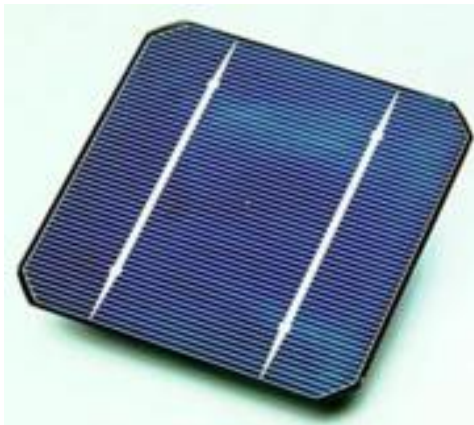
- ❖ Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- ❖ Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- ❖ Proveer la energía producida (el consumo) y almacenada
- ❖ Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

❖ Componentes fotovoltaicos:

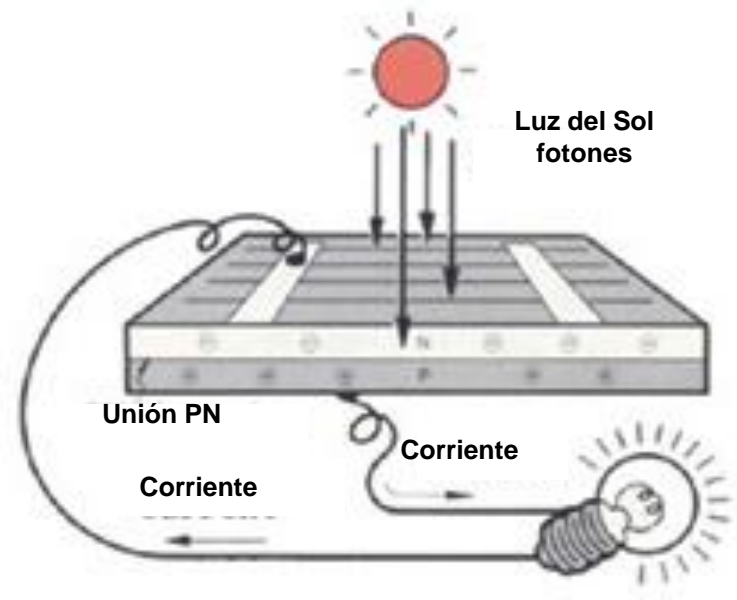
- ❖ El módulo o panel fotovoltaico
- ❖ La batería
- ❖ El regulador de carga y el inversor
- ❖ Las cargas de aplicación (el consumo)
- ❖ Sistemas de protección, de medición y de control de la carga eléctrica adicionales



FOTOVOLTAICA FUNDAMENTO

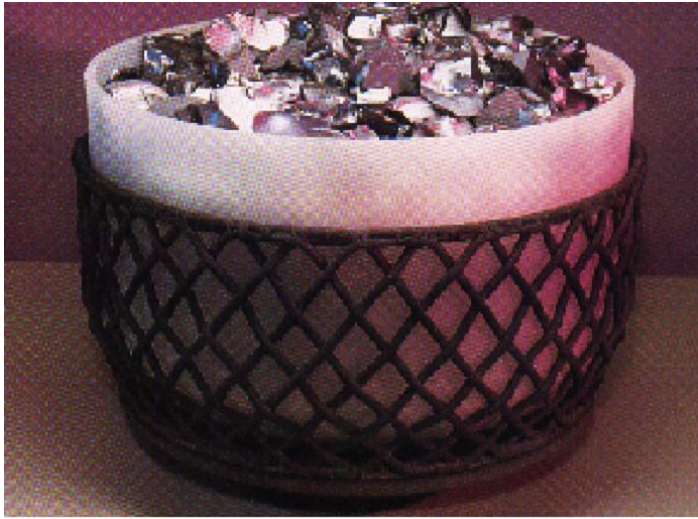


Celula Fotovoltaica

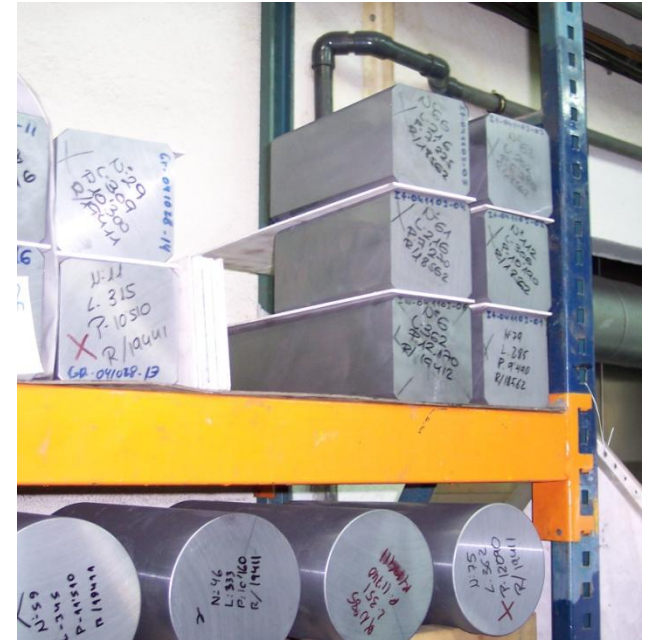


Efecto Fotovoltaico

FABRICACIÓN

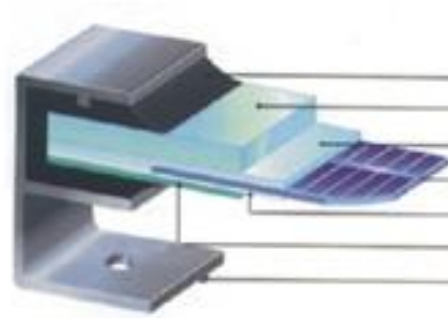
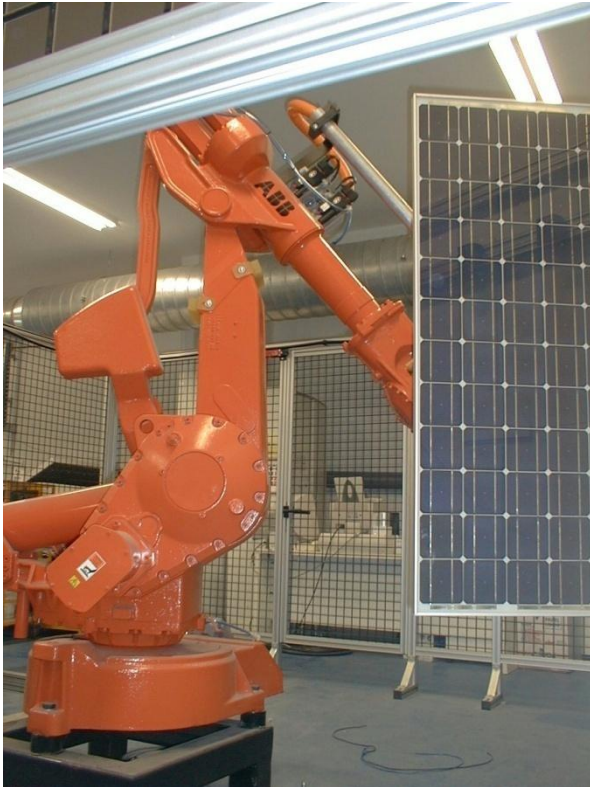


POLISILICIO



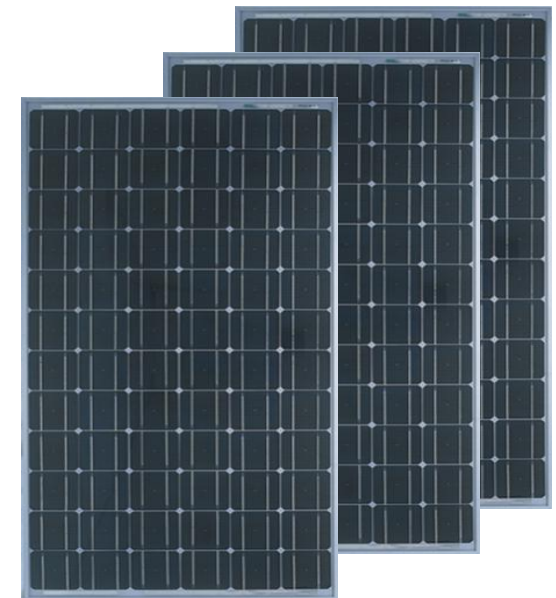
LINGOTES

FABRICACIÓN



VISTA SECCIONADA

Butilico
Vidrio templado
EVA
Celulas Fotovoltaicas
EVA
TEDLAR
Marco aluminio



Módulos Fotovoltaicos

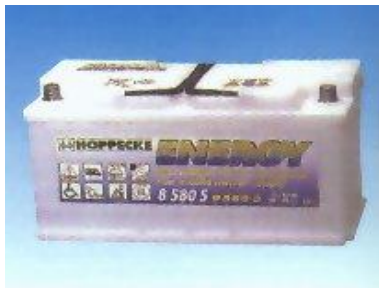
Energía Solar

Sistema Fotovoltaico

Panel de células fotovoltaicas **Regulador de carga**



Batería



Inversor



Sustentable Energetic Applications

Energía Solar

Sistema Fotovoltaico

- ❖ Mediante células fotovoltaicas, la radiación solar se transforma directamente en electricidad, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores. El material base para la fabricación de las células fotovoltaicas es silicio, obtenido a partir de la arena.
- ❖ Las células fotovoltaicas, por lo general de color negro o azul oscuro, se asocian en grupos y se protegen de la intemperie formando módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos tienen el aspecto de un vidrio de entre 0,5 y 1 m² de superficie, del mismo color que las células; de hecho, a menudo los módulos se protegen con una lámina de vidrio.
- ❖ En el mercado se encuentra una gran cantidad y variedad de tipos de módulos fotovoltaicos: grandes o pequeños; rígidos o flexibles (y enrollables); en forma de placa, de teja o de ventana; con soporte incorporado o no; con soporte orientable mecánicamente o no (a través de sensores se orienta hacia donde se percibe mayor radiación solar); de distintas tonalidades (negro, azul, pardo, amarillento, etc.).

Energía Solar

Sistema Fotovoltaico

- ❖ Para su caracterización, los módulos se miden en unas condiciones determinadas: 1 Kw. /m² de iluminación solar y 25 °C de temperatura de las células fotovoltaicas. La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico).
- ❖ Varios módulos fotovoltaicos, junto con los cables eléctricos que los unen y con los elementos de soporte y fijación propios de esta Instalación, constituyen lo que se conoce como un Generador fotovoltaico.
- ❖ La electricidad producida por un generador fotovoltaico es en corriente continua, y sus características instantáneas (intensidad y tensión) varían con la irradiancia (intensidad energética) de la radiación solar que ilumina las células, y con la temperatura ambiente. Mediante diferentes equipos electrónicos, la electricidad generada con fuente solar o energía solar se puede transformar en corriente alterna, con las mismas características que la electricidad de la red convencional.

Energía Solar

Energía Fotovoltaica - Ventajas

- ✓ Al no producirse ningún tipo de combustión, **no** se generan **contaminantes** atmosféricos en el punto de utilización, ni se producen efectos como la lluvia ácida, efecto invernadero por CO₂, etc.
- ✓ El **Silicio**, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es **muy abundante**, no es necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- ✓ Al ser una energía fundamentalmente de ámbito local, evita pistas, cables, postes, no se requieren grandes tendidos eléctricos, y su **impacto visual** es **reducido**. Tampoco tiene unos requerimientos de suelo necesario excesivamente grandes (1kWp puede ocupar entre 10 y 15 m²).
- ✓ Prácticamente se produce la energía con **ausencia** total de **ruidos**.
- ✓ Además, **no** precisa ningún suministro exterior (combustible) ni presencia relevante de **otros** tipos de **recursos** (agua, viento).
- ✓ Tiene una **vida útil** superior a 20 años
- ✓ Es resistente a **condiciones climáticas extremas**: (granizo, viento, temperatura y humedad)
- ✓ No posee partes mecánicas, por lo tanto **no** requiere **mantenimiento**, excepto limpieza del panel
- ✓ Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de **nuevos módulos**.

Energía Solar

Energía Fotovoltaica - Inconvenientes y barreras

❖ **Inconvenientes:**

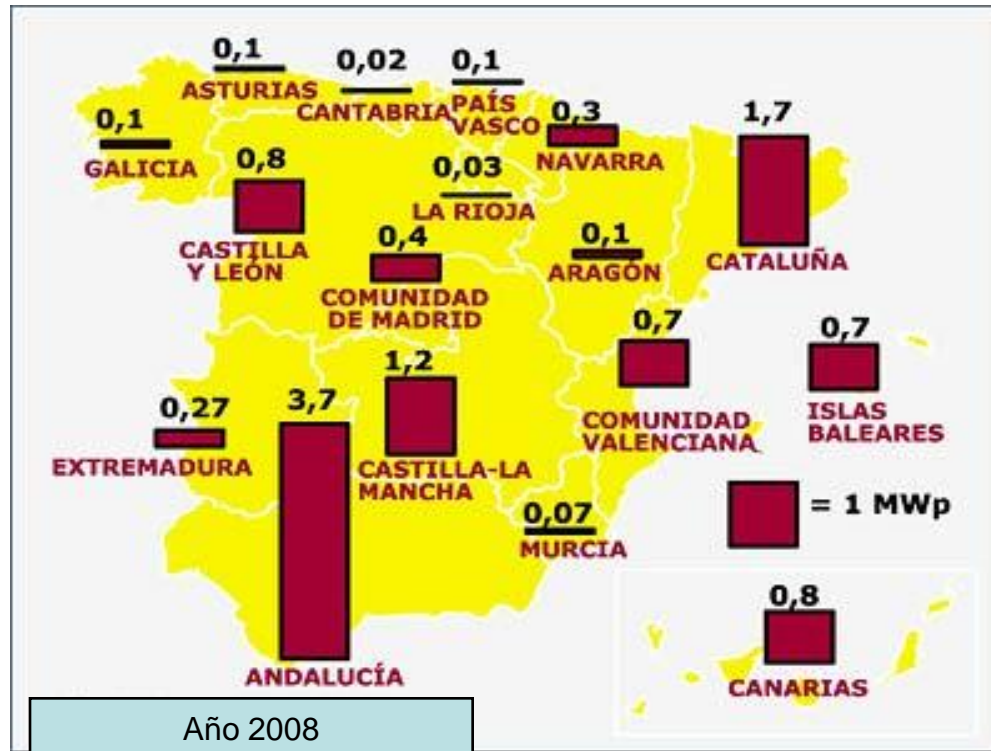
- ✖ Impacto en el proceso de fabricación de las placas: Extracción del Silicio, fabricación de las células
- ✖ Explotaciones conectadas a red: Necesidad de grandes extensiones de terreno Impacto visual
- ✖ Limitada capacidad de atender demandas pico de electricidad

❖ **Barreras para su desarrollo:**

- ⊕ De carácter administrativo y legislativo: Falta de normativa sobre la conexión a la red
- ⊕ De carácter inversor: Inversiones iniciales elevadas
- ⊕ De carácter tecnológico: Necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos
- ⊕ De carácter social: Falta de información

Energía Solar

Energía Fotovoltaica - Instalaciones en España



Potencia instalada en energía fotovoltaica por comunidades autónomas (MW).

Central de Toledo, 1 MW

Energía Solar

Energía Fotovoltaica - Aplicaciones

Instalaciones aisladas de la red eléctrica:

- ❖ Electrificación de inmuebles rurales: luz, TV, telefonía, comunicaciones, bombas de agua.
- ❖ Electrificación de alambrados para el sector ganadero.
- ❖ Alumbrado exterior.
- ❖ Balizado y Señalización.
- ❖ Protección catódica.
- ❖ Náutica, Casas Rodantes, etc.

Instalaciones conectadas a la red eléctrica:

- ❖ **Centrales fotovoltaicas**, la energía eléctrica generada se entrega directamente a la red eléctrica, como en otra central convencional de generación eléctrica.
- ❖ **Sistemas fotovoltaicos en edificios o industrias**, conectados a la red eléctrica: una parte de la energía generada se invierte en el mismo autoconsumo del edificio, mientras que la energía excedente se entrega a la red eléctrica. También es posible entregar toda la energía a la red.

EN CONTRA de la energía Solar Fotovoltaica....

Leyendas Urbanas

- Ocupa mucho suelo por KWp de implantación
- Consume mucha agua en el proceso de producción
- El balance energético es negativo
- En Galicia no tenemos Sol.... No es Rentable
- Puntos debiles de la Tecnologia
 - Alto coste de produccion de KWp
 - Incapacidad de PRODUCCION A DEMANDA
 - Dificultades de acumulación
- Y además.....
-

FALTA DE DIVULGACION

Acerca de inconvenientes.... que son leyendas urbanas

- Cantidad de suelo ocupado por sus instalaciones.

(Una planta fotovoltaica ocupa el mismo espacio por kWh producido que el embalse de Iguazu)

Tecnología Espacio (m²/GWh en 30 años)

Carbón 3642

Térmica solar 3561

Fotovoltaica 3237

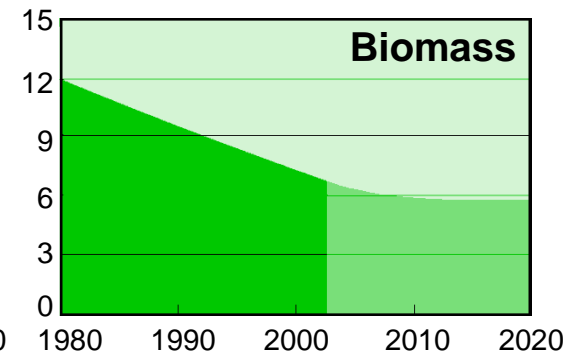
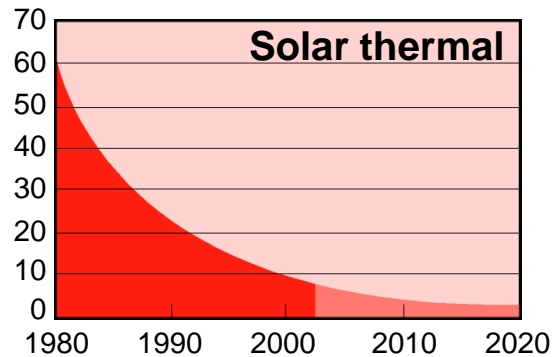
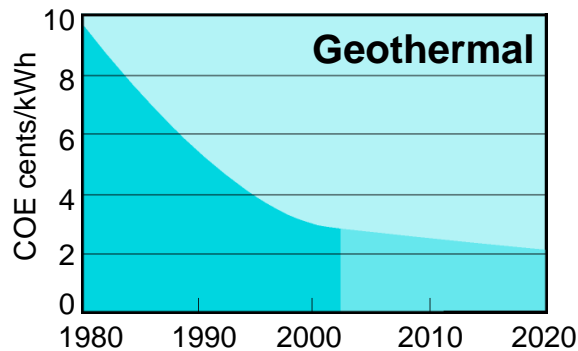
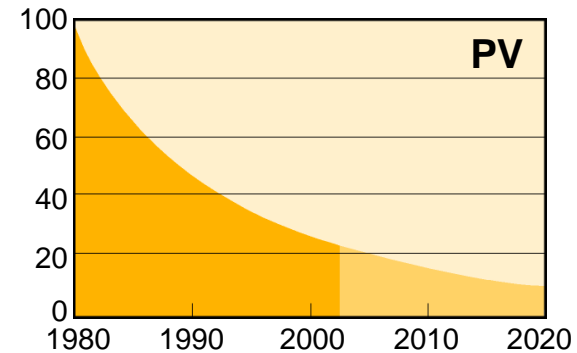
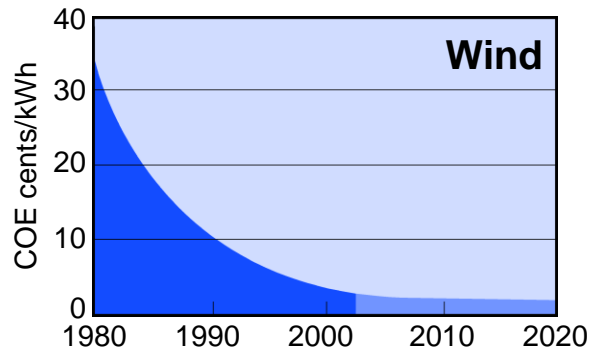
Eólica 1335

Geotérmica 404

- *El consumo de agua* necesario para la operatividad de una instalación de ESFV resulta ser el más bajo en comparación con cualquier otro tipo de instalación de producción energética.
- *El consumo energetico va en descenso.* El balance ya es positivo.

COSTES DE IMPLANTACION

Levelized cents/kWh in constant \$20001



Source: NREL Energy Analysis Office (www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2002.ppt)

¹These graphs are reflections of historical cost trends NOT precise annual historical data.

Updated: October 2002

REALMENTE ALTO (6 euros KWp instalado)

Sustentable Energetic Applications

Filosofías de implantacion

CEntralizada

Distribuida

SOLUCAR

Sevilla PV

Sevilla PV 1,2MW: La Planta Fotovoltáica de Doble Concentración Más Grande del Mundo



- Consumo 1.2 Kwh/dia frente a los 7 KWh/dia de una instalacion convencional.

- Alto rendimiento y bajo consumo
- Alto nivel de satisfacion
- Uso racional.

- Dimensionado estricto con convencional

- Proyecto 1000 tejados en Freiburg.

Comentario:

- Produccion: 140 Kwh/year por m2
- 20 m2 producen 2800 Kwh/year.
- Consumo completo de una vivienda



**1000 Tejados
FREIBURG**

LAS RAZONES :

**ALTO PRECIO DEL
SILICIO
DE
CALIDAD SOLAR**

Acciones :

- Producción de Silicio Solar distribuida evitando monopolio.
- Desarrollo de nuevas Tecnología de utilización con menor coste material.
- Aumento de la Eficiencia de producción.

Produccion de Silicio Solar distribuida evitando monopolio.

- Empresas nacionales punteras y competitivas en PRODUCCION de PANELES .

- INICIATIVAS PUBLICAS DE DESARROLLO DE CENTROS DE PRODUCCION .

En Galicia :

- Minas de Cuarzo en Serrabal
(. Unica en Europa con Ucrania)
- I+ D +i para producción de silicio calidad solar . **Exito**
- Iniciativa, dentro de plataforma ENERXE, para completar la cadena

• **Desarrollo de nuevas Tecnología de utilización con menor gasto de Silicio y/o aumento de eficiencia.**

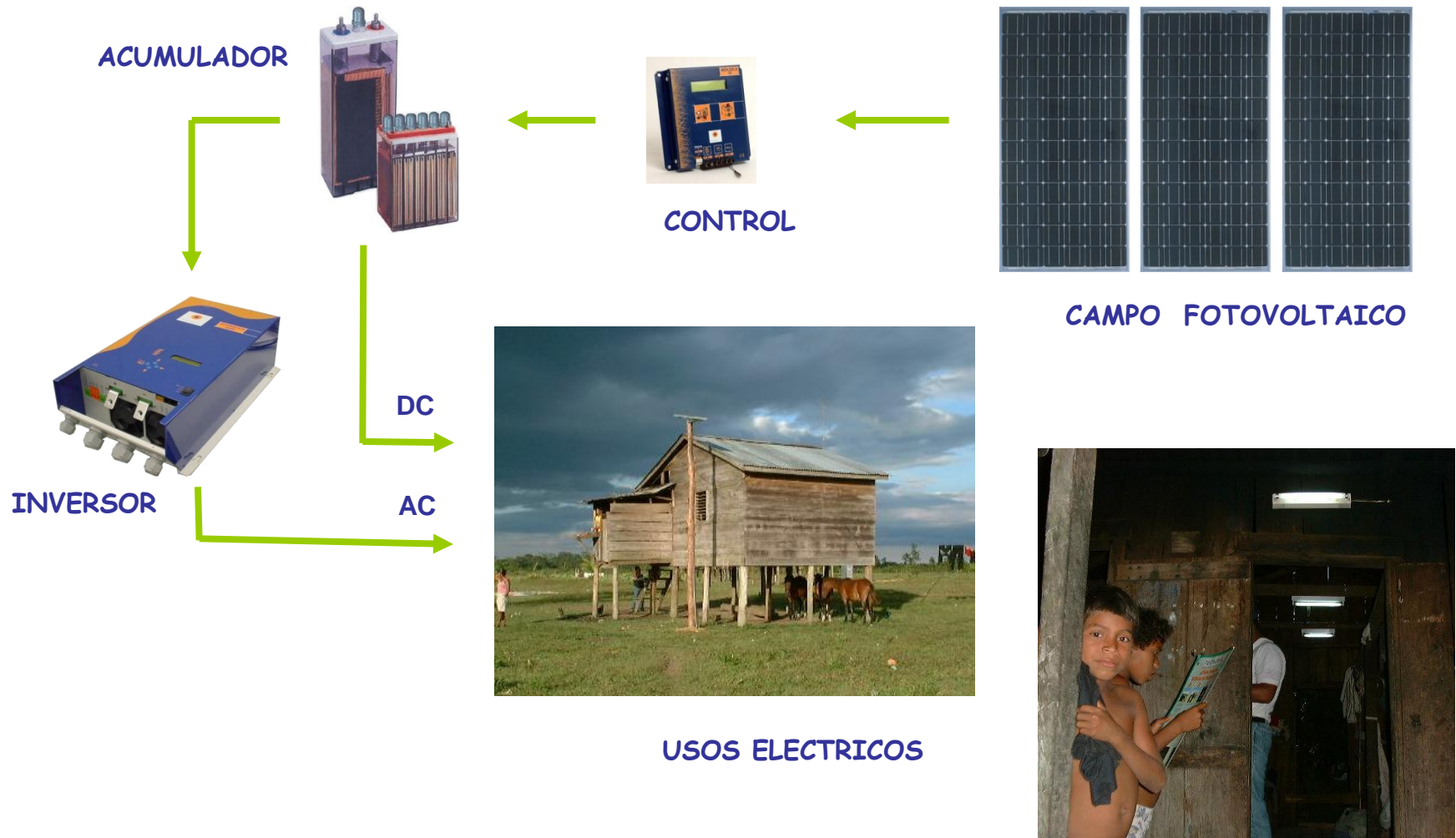
■

- **Silicio Amorfo**
- **Deposito en capa delgada**
- **Concentradores**

En Galicia :

- **Primera planta de producción en capa delgada.**
- **I+ D +i en paneles de otros materiales.**
- **Parque Fotovoltaico Prototipo en Lugo para probar concentradores.**

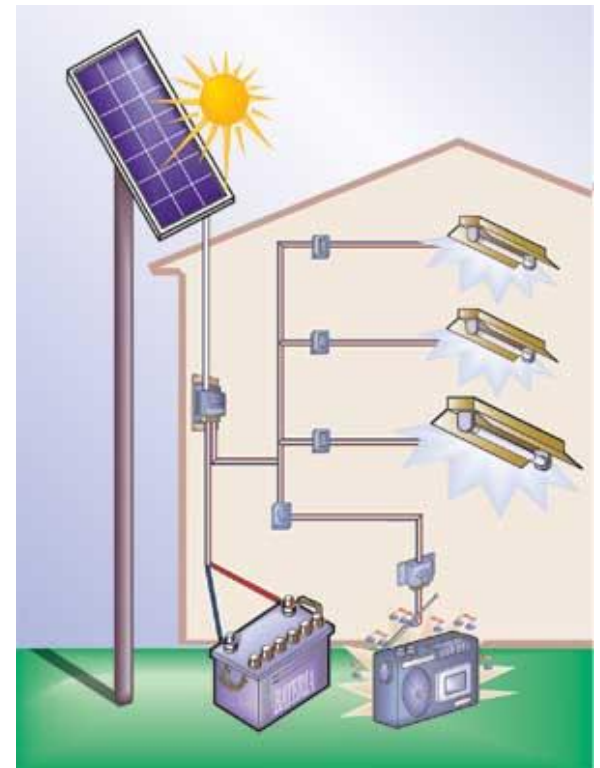
SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL



ELECTRIFICACIÓN RURAL BÁSICA



Iluminación



SISTEMA FOTOVOLTAICO COLECTIVO



Iluminación
Pequeños elect.

Educación
Sanidad

EL AGUA



Disponibilidad
Transporte
Salud

LA SOLUCIÓN



EL SISTEMA FOTOVOLTAICO



EL SISTEMA



Campo Fotovoltaico

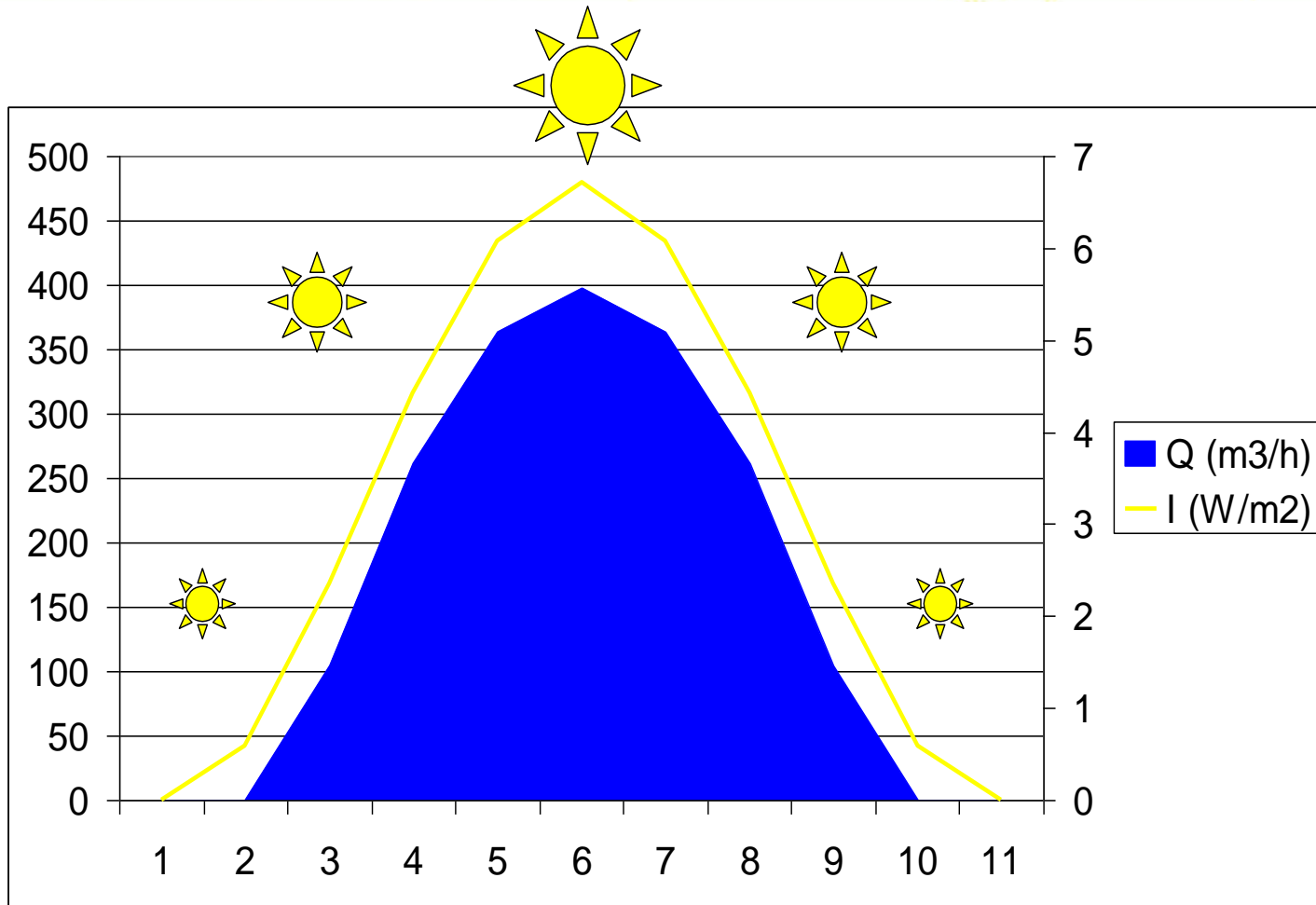
**Inversor
Variador**



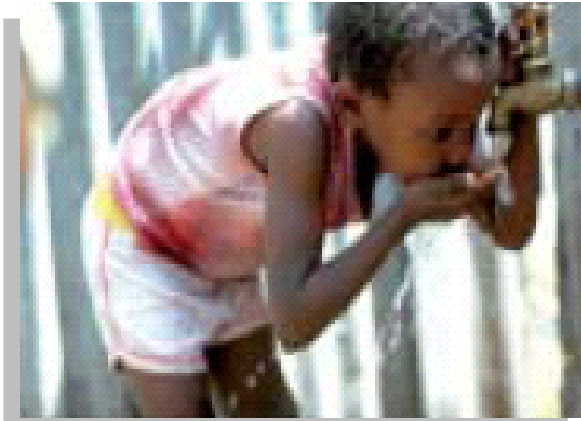
**Cabeza
de Pozo**

**Bomba Electrica
Sumergible**

ENERGIA Vs. AGUA



POBLACIÓN



AGRICULTURA



GANADERIA



Sustentable Energetic Aplications

SISTEMAS



SISTEMAS INTEGRADOS



DESARROLLO SOCIAL



DESARROLLO SOCIAL



*No hay energía en el mundo
que caliente y brille más
que la sonrisa de un niño feliz.*

