



Energía solar: estado del arte y perspectivas

Ariel Becerra,
PhD en Física, Moscú

Universidad de Pamplona
Departamento de Física y Geología
Grupo INTEGRAR



Contenido

Energía solar fotovoltaica (PV)

- Fundamentos
- Tipos de celdas solares
- Estado del arte tecnológico
- Perspectivas

Energía solar térmica (T)

- Fundamentos
- Tipos de paneles solares
- Estado del arte tecnológico
- Perspectivas

Sistemas PV/T

- Fundamentos

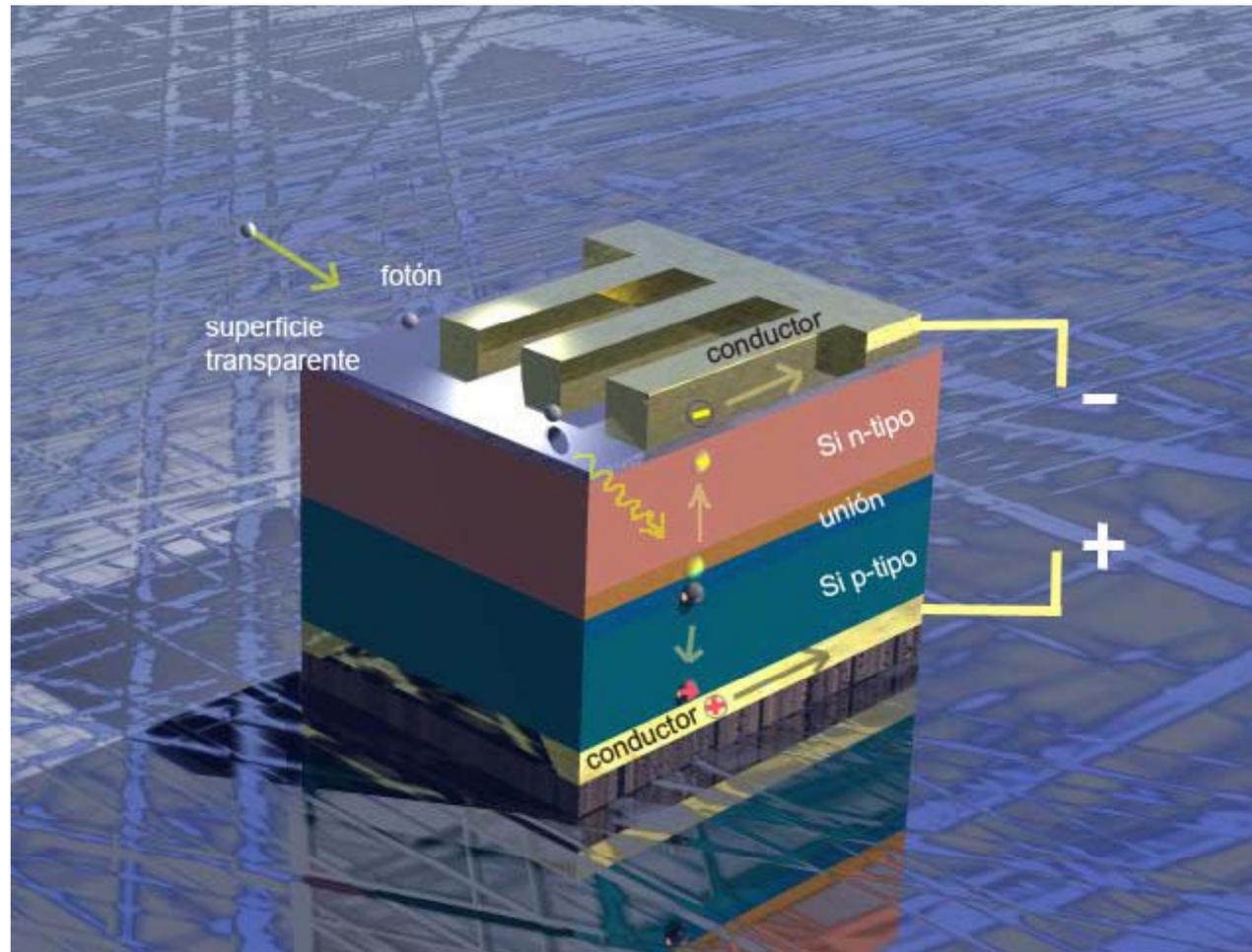
Almacenamiento de la energía. Materiales de cambio de fase

- Fundamentos



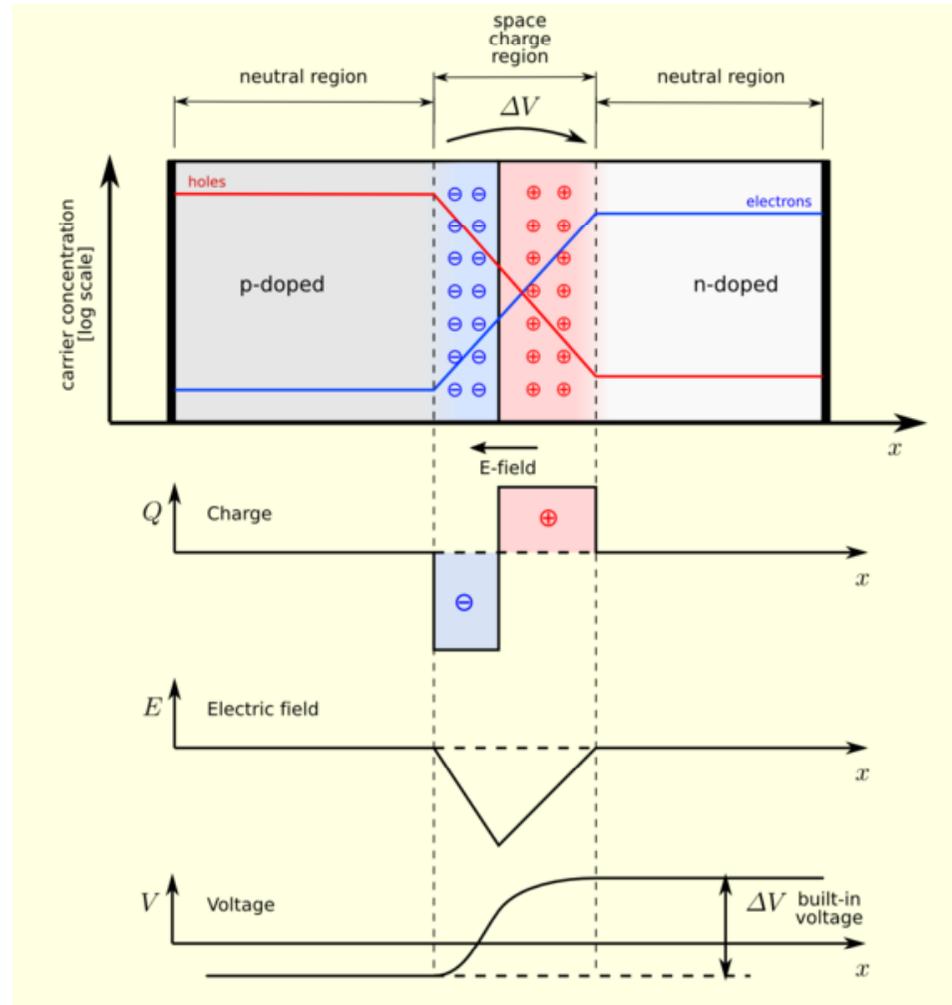
Energía solar fotovoltaica

Principio de funcionamiento de una celda solar



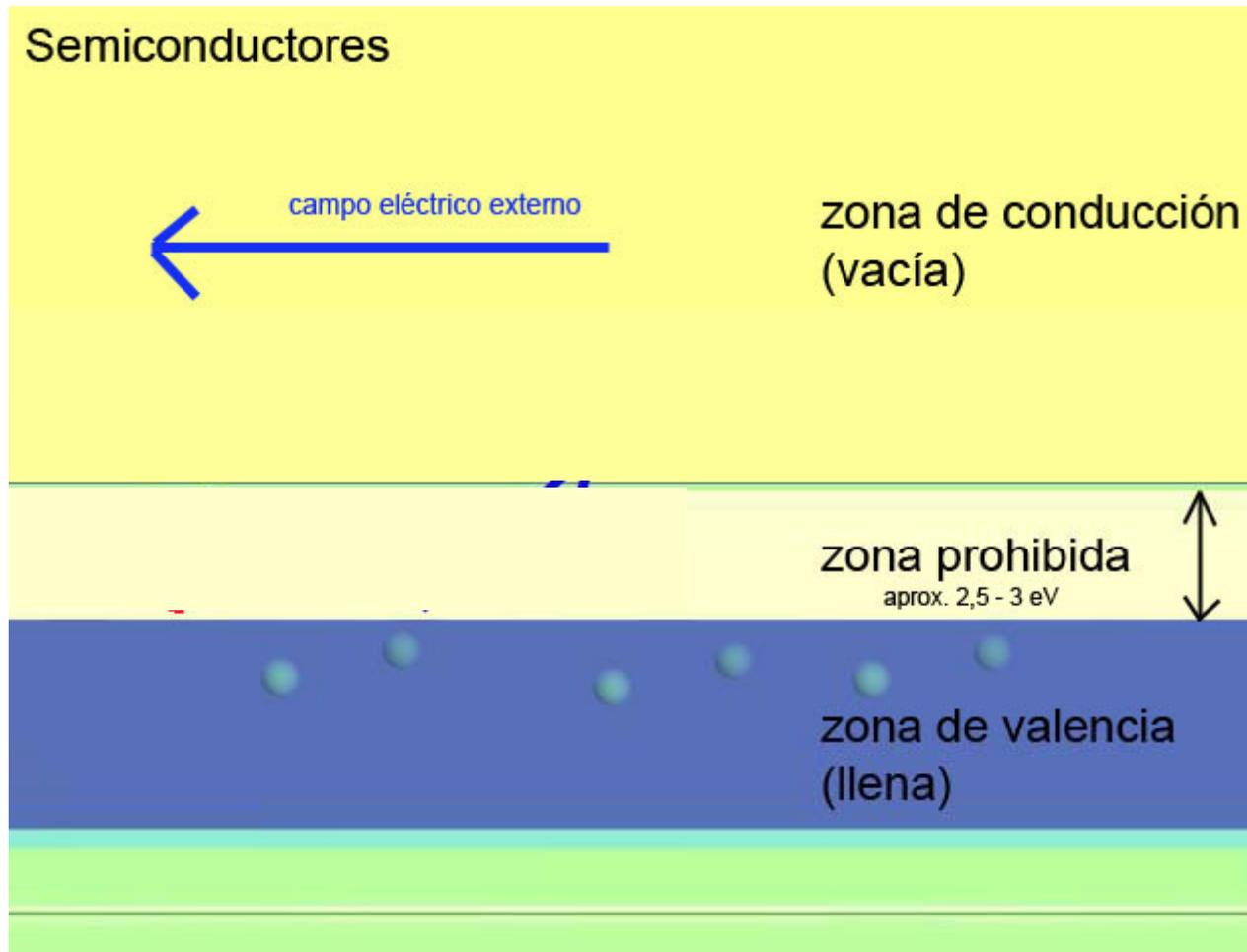


Campo eléctrico formado en la unión p-n



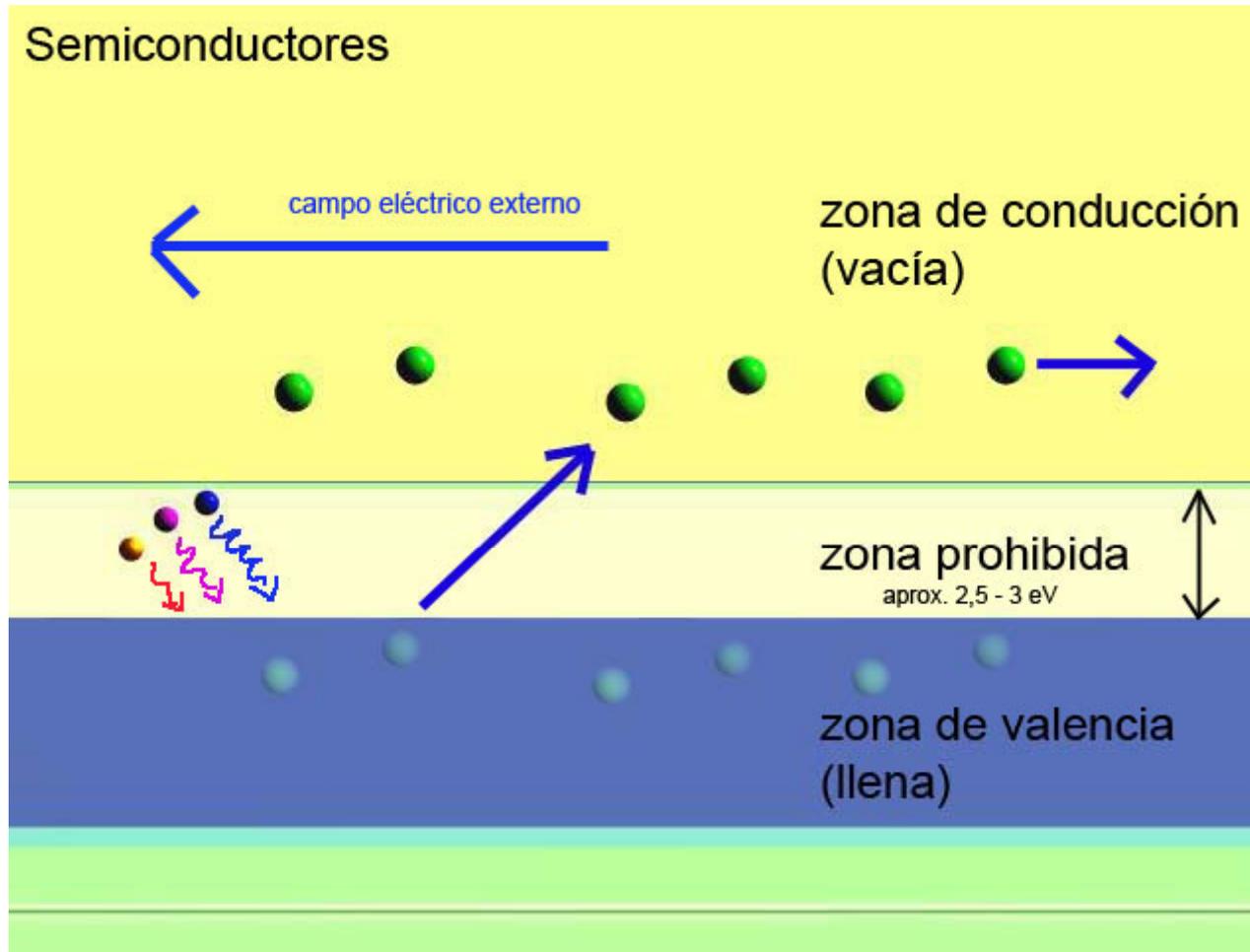


Proceso físico que sucede en la unión



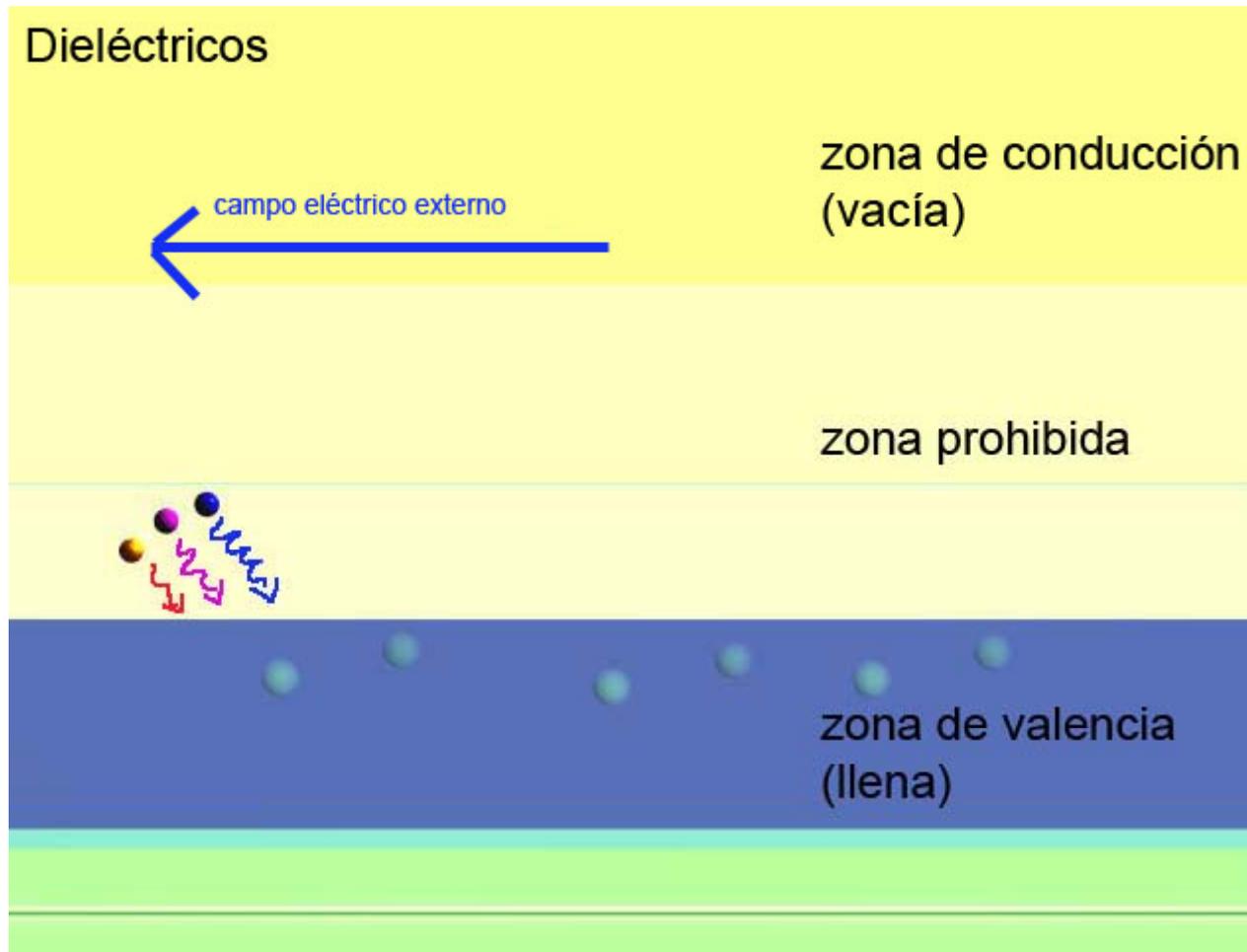


Proceso físico que sucede en la unión



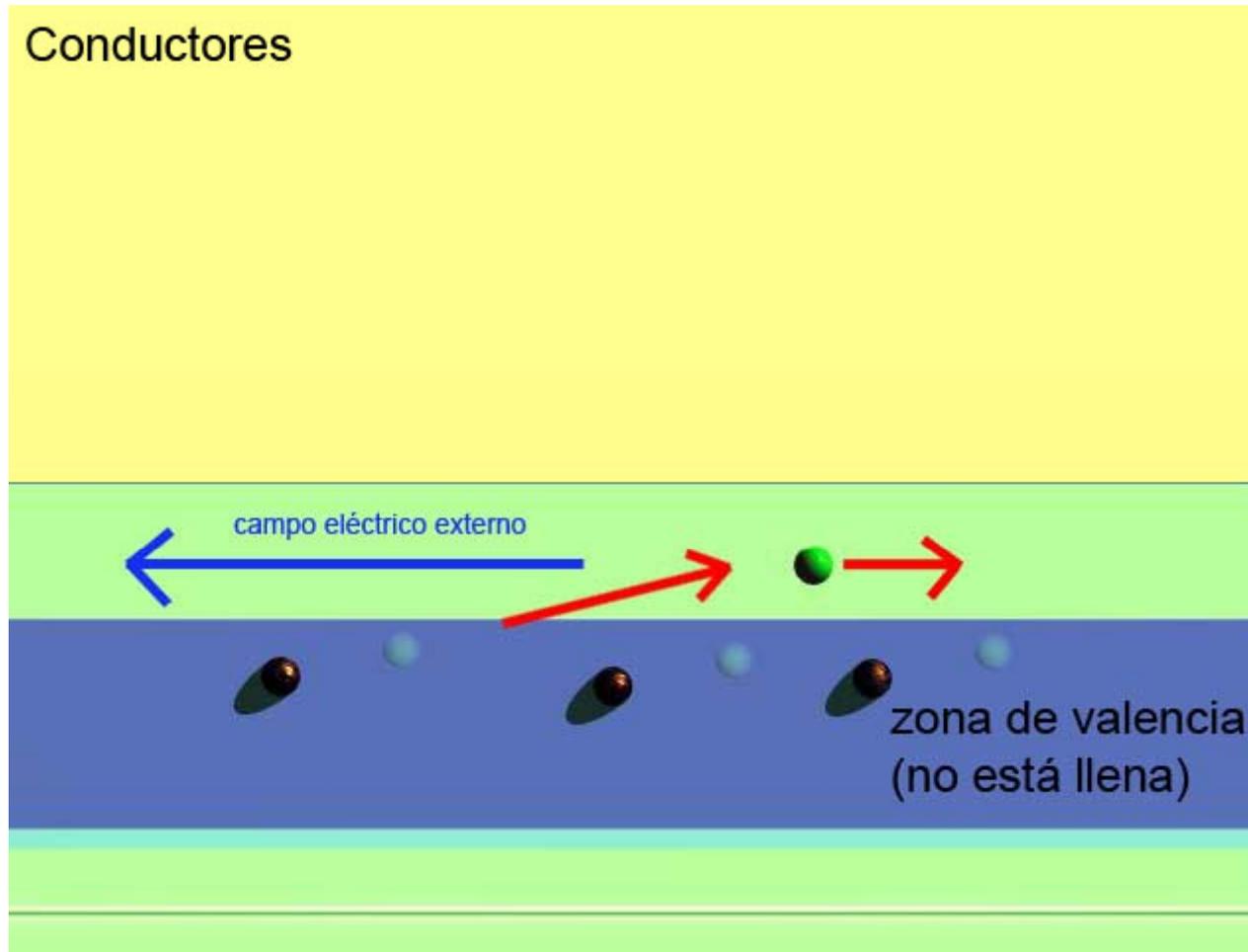


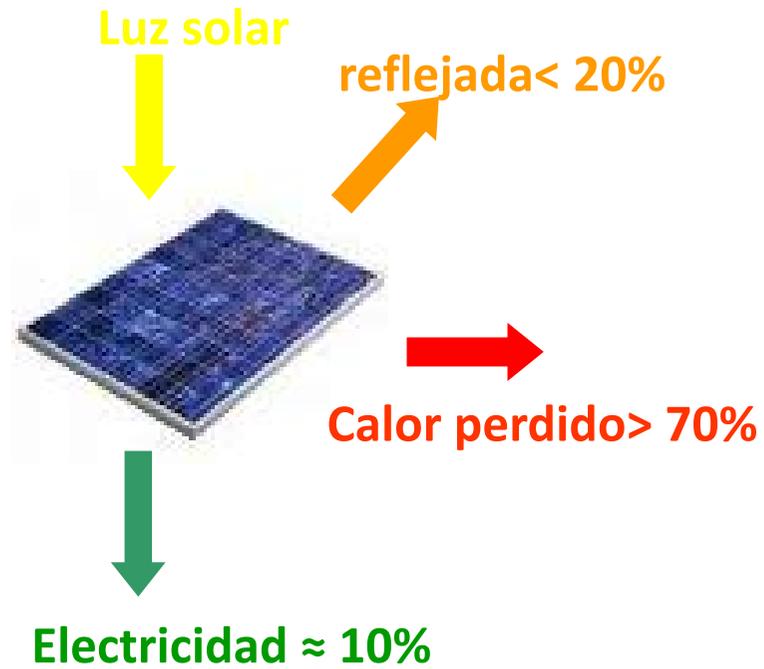
Comparación con los dieléctricos





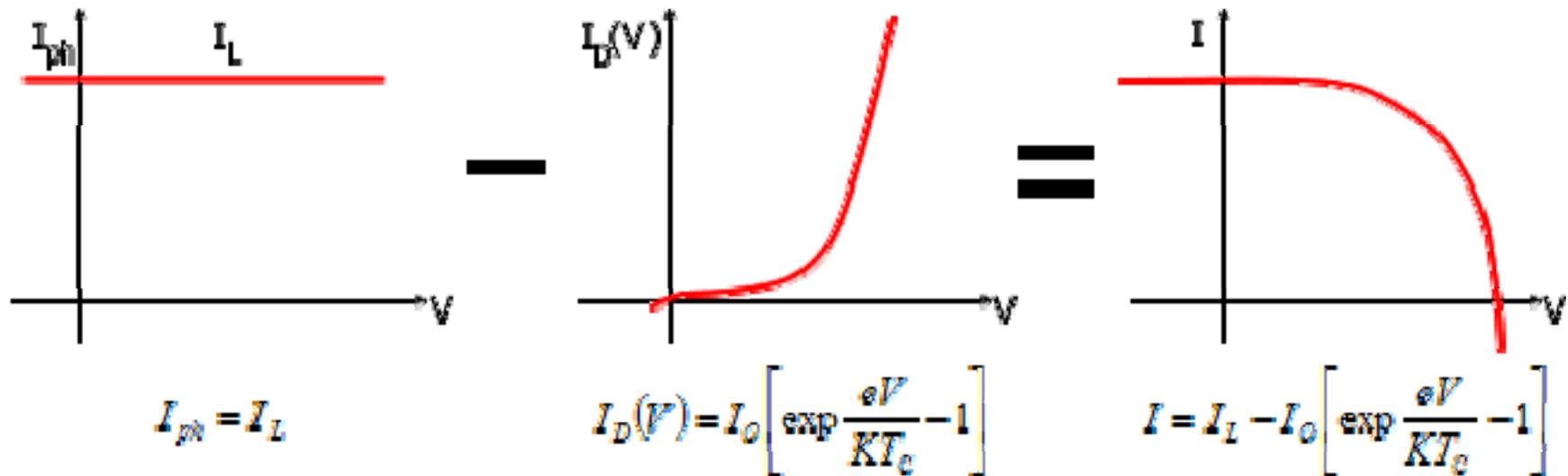
En los conductores la zona de valencia no está llena, por ello el campo eléctrico externo puede cambiar la distribución de los electrones y generar corriente.



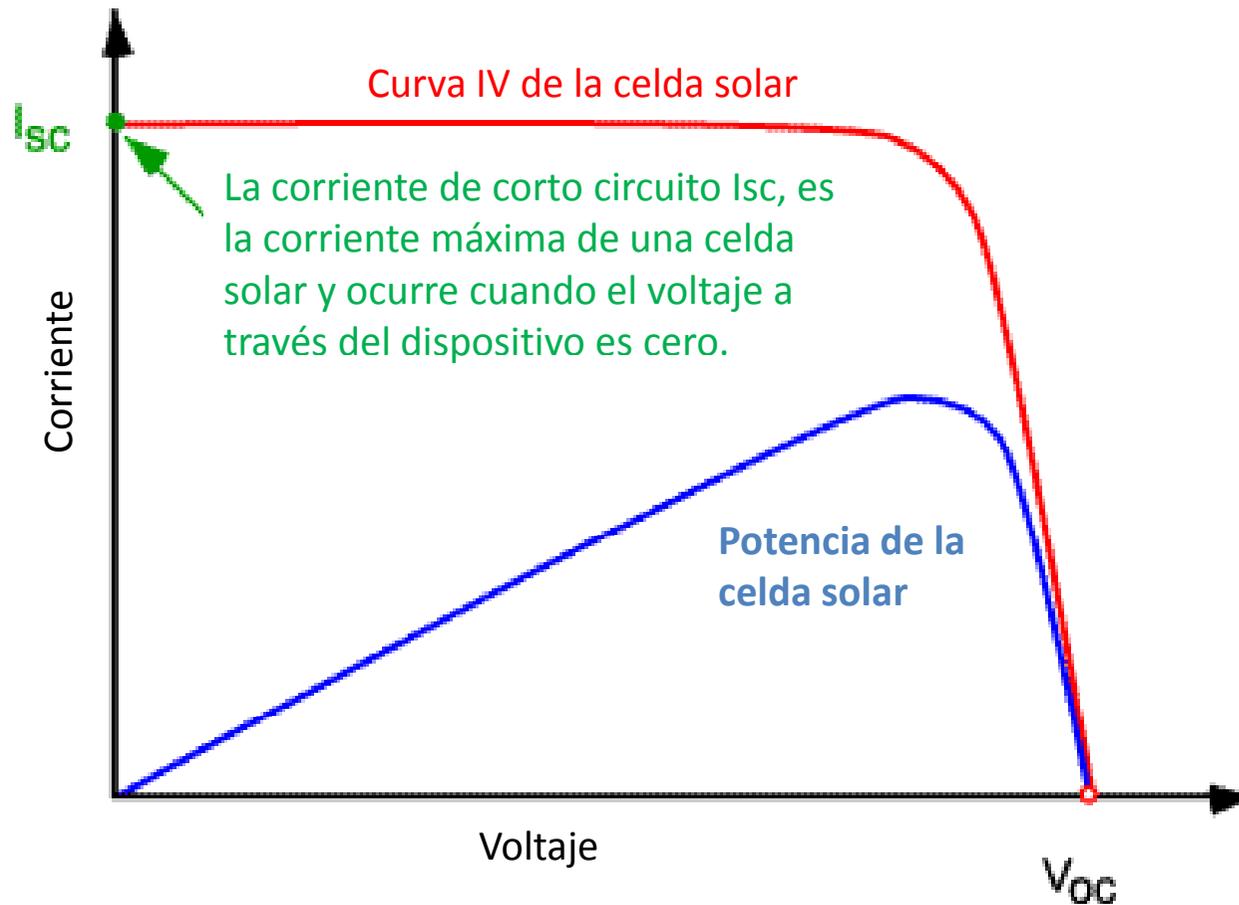




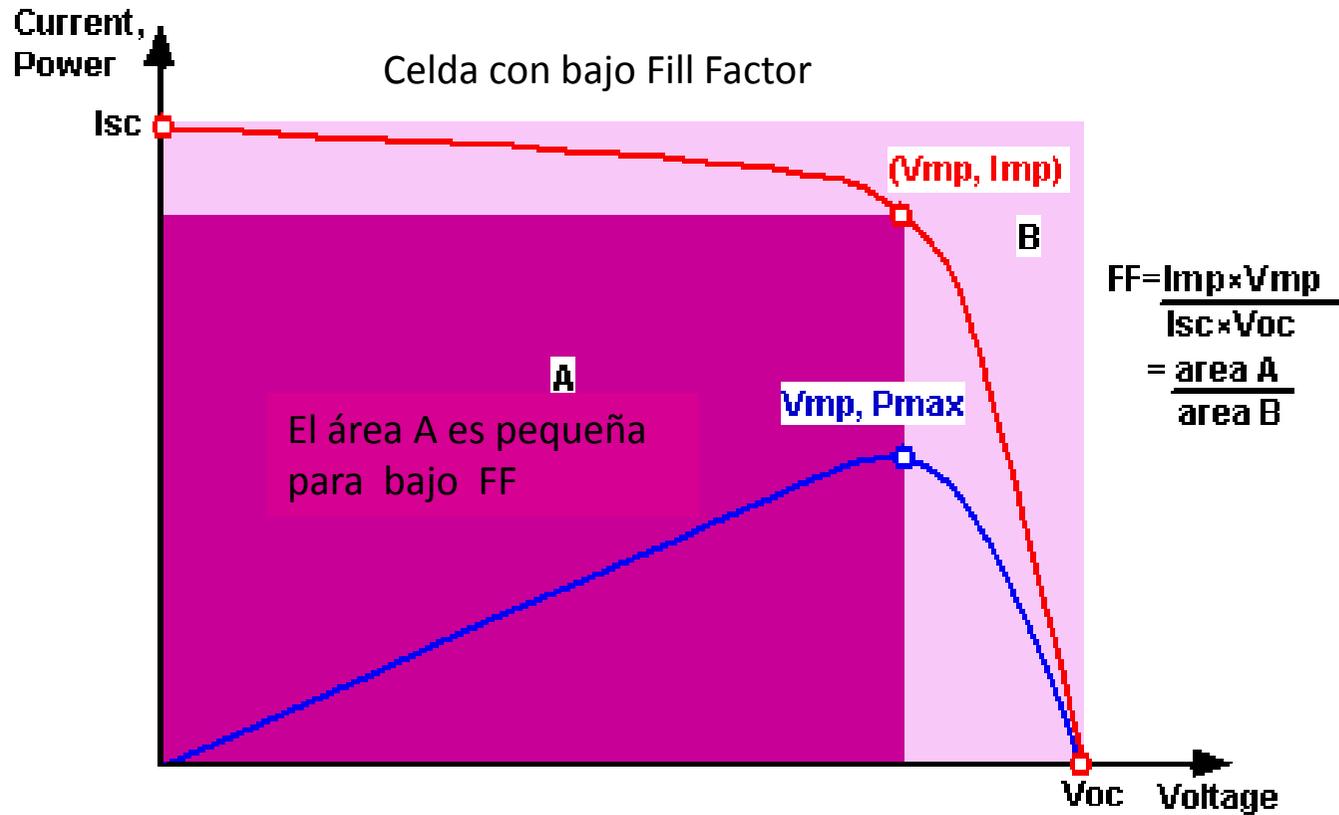
Curva I-V



- La curva IV de una celda solar es la superposición de la curva IV de la celda solar en la oscuridad con la corriente generada por la luz.



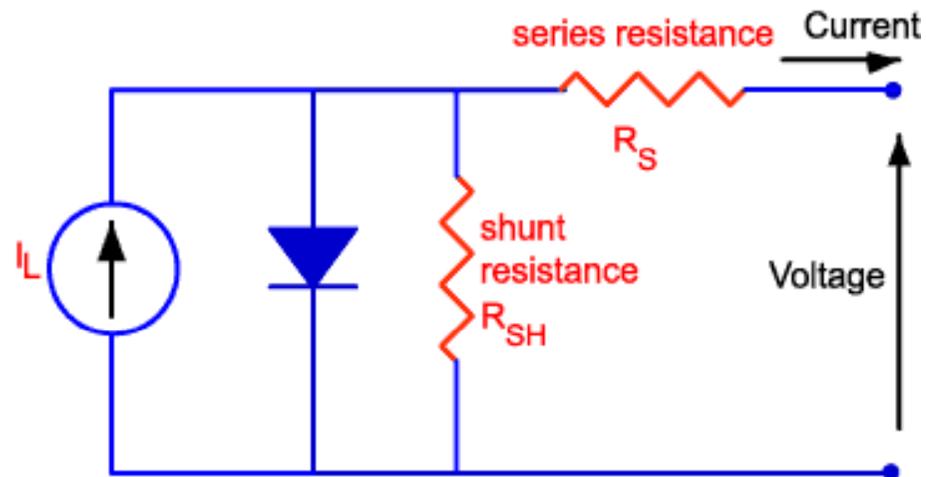
- La curva IV de una celda solar es la superposición de la curva IV de la celda solar en la oscuridad con la corriente generada por la luz.



$$\eta = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{P_{in}}$$



La resistencia en serie y resistencia shunt en una celda solar



$$I = I_L - I_0 \exp \left[\frac{q(V - IR_S)}{nkT} \right] - \frac{V + IR_S}{R_{SH}}$$

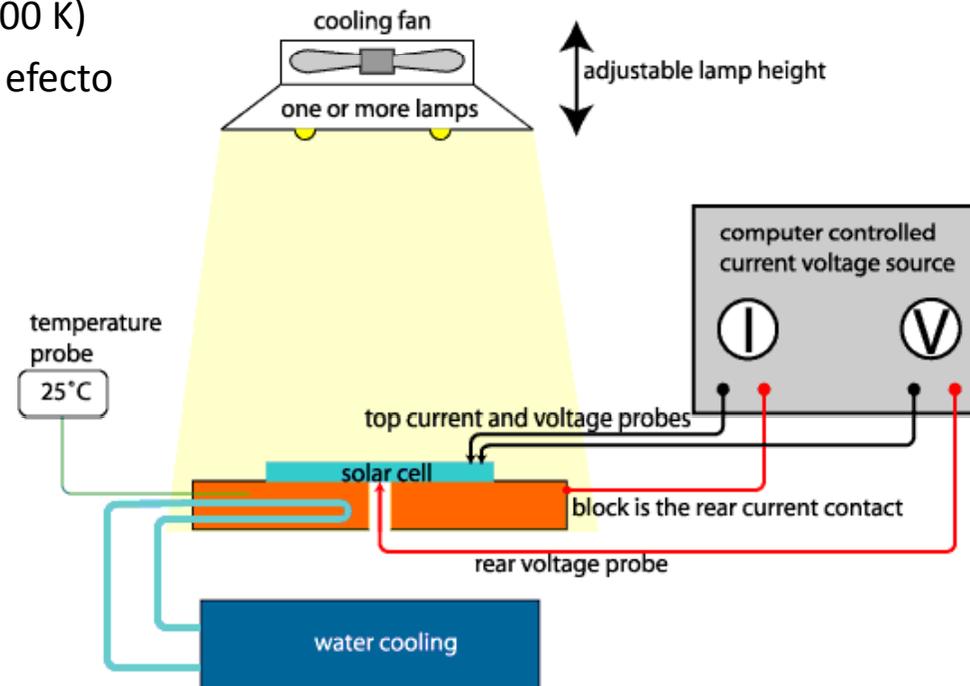


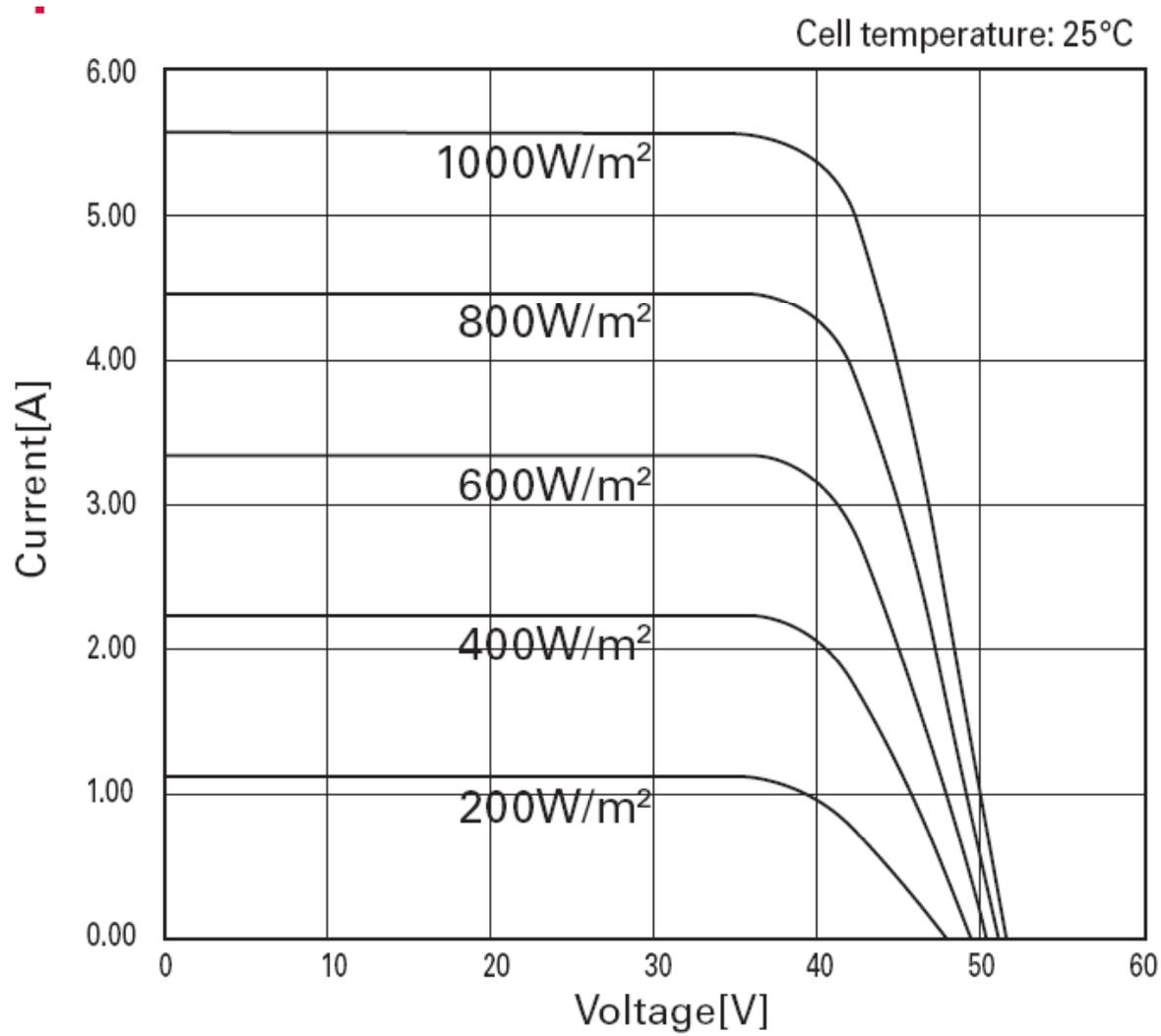
CARACTERIZACIÓN DE UNA CELDA SOLAR

- Lo principal para caracterizar una celda solar es medir su eficiencia.

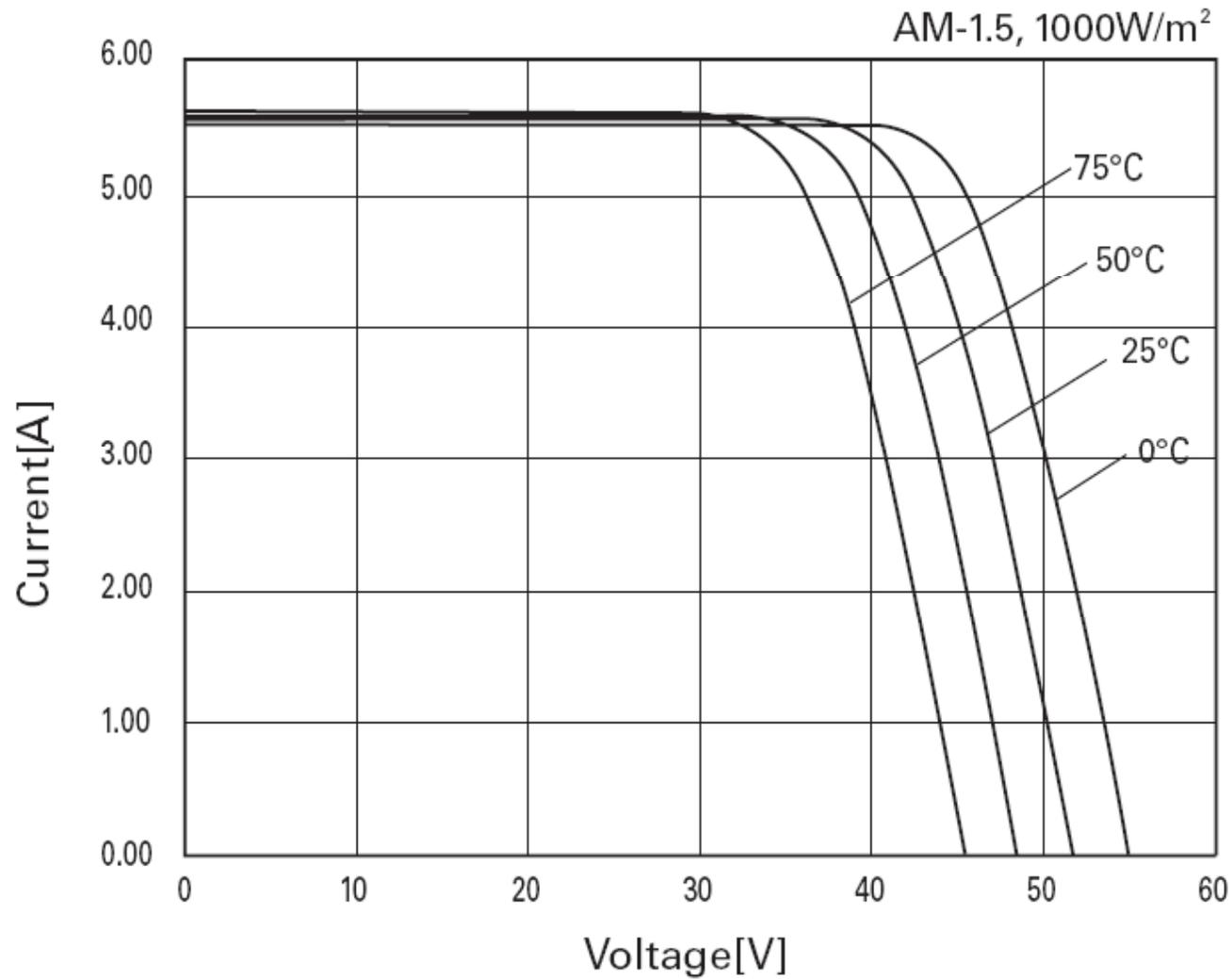
Lo más común para probar una celda solar es:

- Un espectro de masa de aire de 1.5 spectrum (AM1.5) para celdas terrestres y 0 (AM0) para celdas espaciales.
- Intensidad de 100 mW/cm^2 (1 kW/m^2 , un sol de iluminación)
- Temperatura de la celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no 300 K)
- Prueba de cuatro puntos para evitar el efecto de resistencia de contacto cable-celda.





Efectos de la radiación



Efectos de la temperatura



Dependiendo del material

Simples

Si, Ge, Se

Compuestos binarios

CdTe, GaAs, InP, CdS, Cu₂S

Compuestos ternarios

AlGaAs, CuInSe₂, CuInS₂, CuInTe₂, CuInSe₂



Dependiendo de la estructura interna

Monocristalinas

Obleas monocristalinas > 10 cm

Si, AsGa, InP, CdTe,...

Multicristalinas

Cristal 1 mm – 1 cm

Policristalinas

Cristal (1 μ m – 1 mm).

Tecnologías de películas delgadas

Híbridas

Sustratos monocristalinos y deposición de películas delgadas

N-CdS/p-InP, n-CdS/p-CdTe

Amorfas

a-Si



Dependiendo de la estructura de la celda

Homounión

p-n unión en un cristal simple

Heterounión

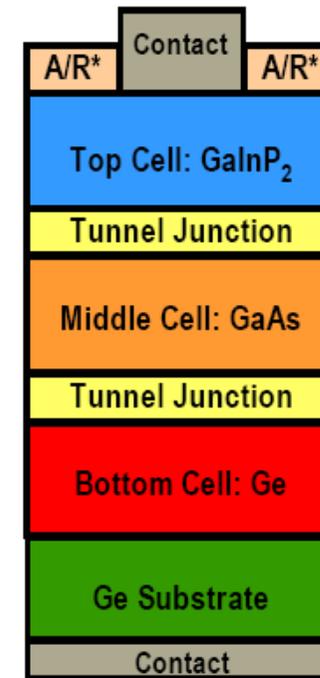
Los materiales de unión son diferentes

Unión simple

Simplemente una unión p-n

Unión múltiple

La unión múltiple de celdas consiste en películas delgadas múltiples. Cada tipo de semiconductor tiene un ancho de banda de energía característico. Los semiconductores se escogen minuciosamente para absorber aproximadamente todo el espectro solar.

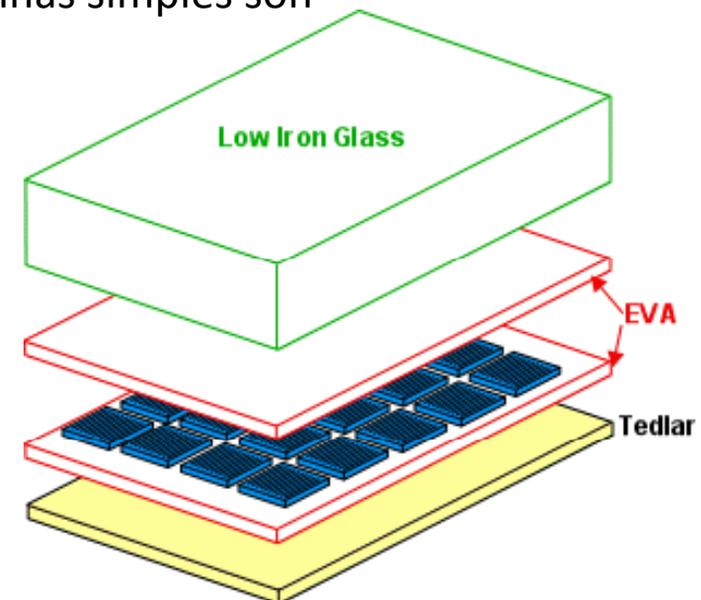




Un módulo PV consiste de un número de celdas solares interconectadas y encapsuladas en una sola unidad más grande.

El propósito principal de encapsulación de un conjunto de celdas solares es de protegerlas y proteger sus conexiones del medio típico en que ellas van a ser usadas. Asimismo para protegerlas del agua y la corrosión de sus contactos eléctricos. Existen diferentes tipos de encapsulación dependiendo de su aplicación.

Por ejemplo las celdas amorfas de silicio son generalmente encapsuladas en materiales flexibles, mientras que las celdas cristalinas simples son encapsuladas en materiales rígidos como el vidrio.





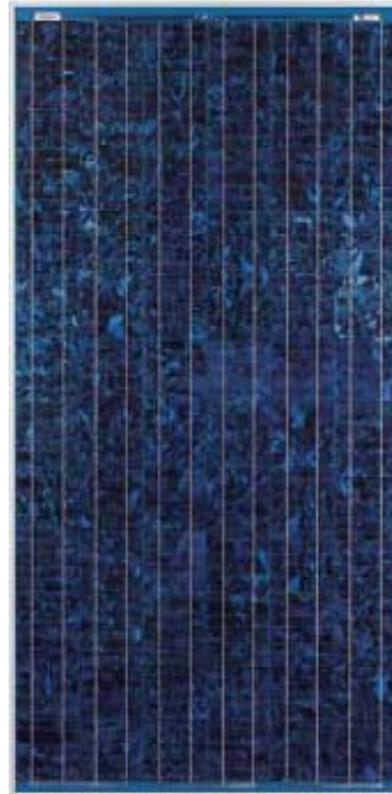
Tipos de paneles solares de Silicio.

c-Si



25%

m-Si



20%

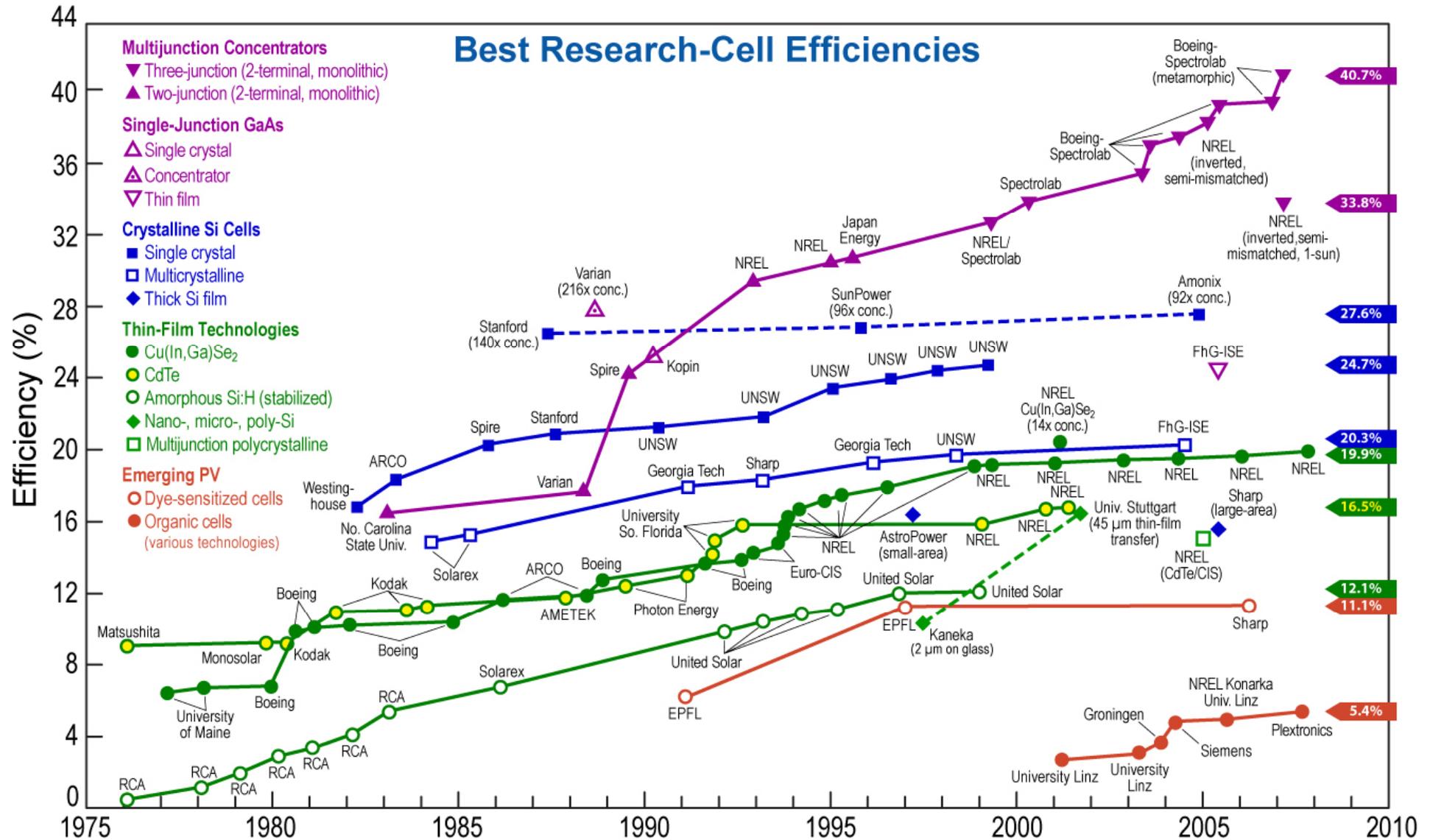
a-Si



10%



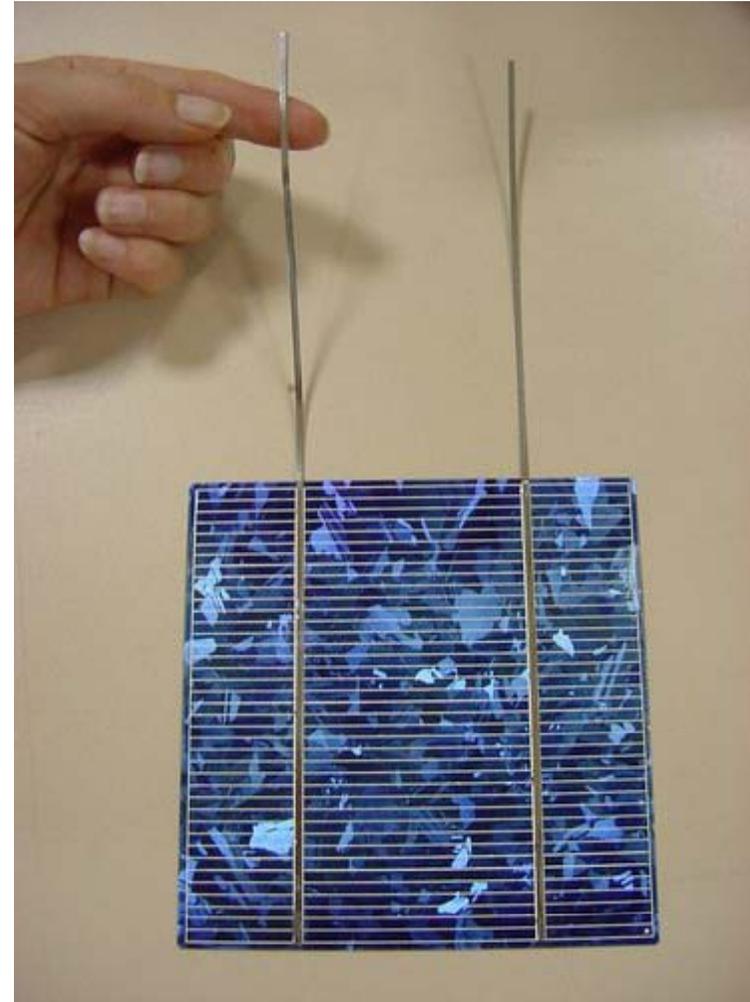
Eficiencias alcanzadas.





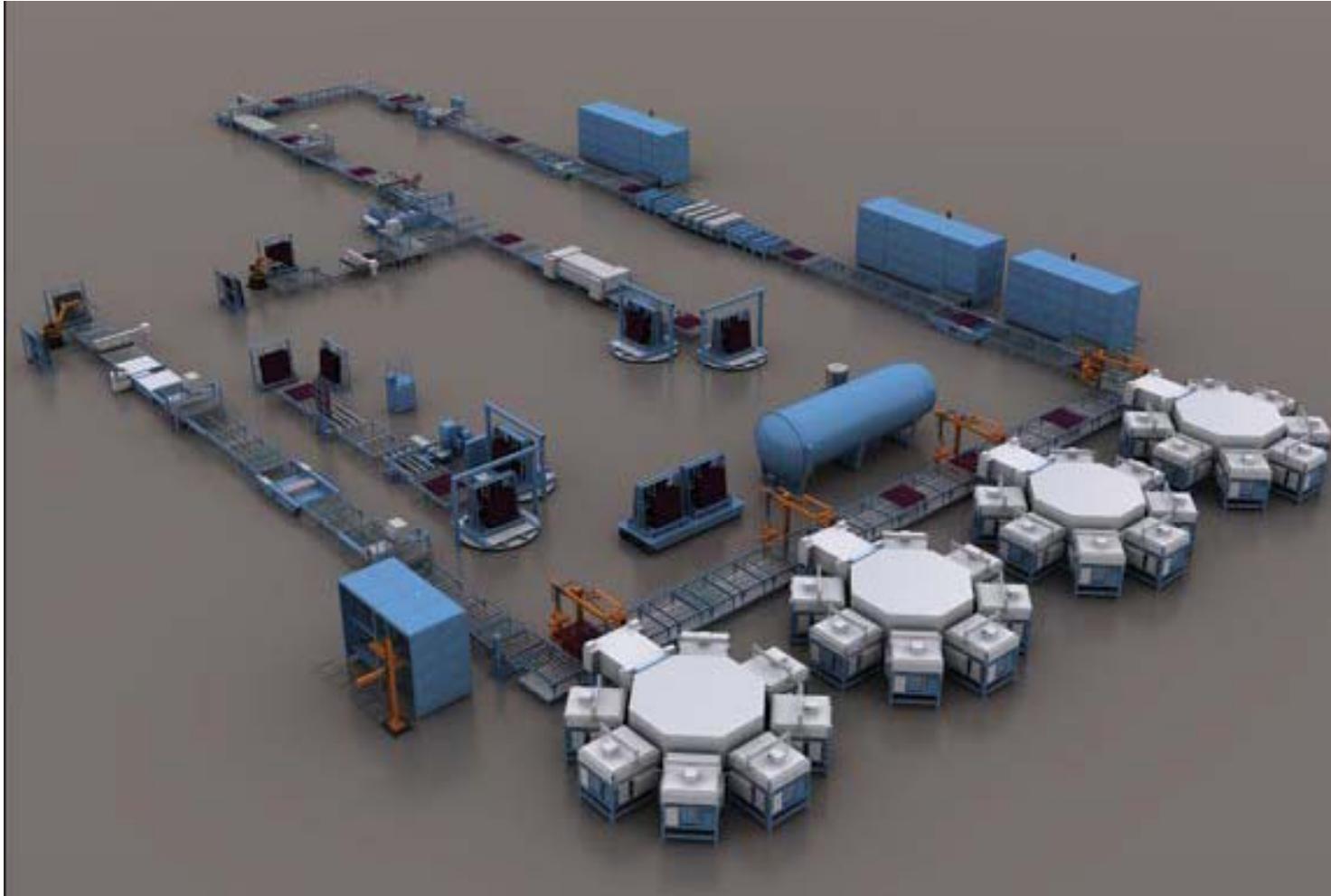
Etapas de producción

- Material de Silicio
- Crecimiento de lingotes
- De lingotes a láminas
- Composición de los sandwich
- Texturización
- Difusión
- Aislamiento de los bordes
- Cobertura de anti-reflexión
- Impresión frontal
- Impresión trasera en aluminio
- Impresión trasera en plata
- Prueba





Etapas de producción de películas delgadas.





Aplicación.

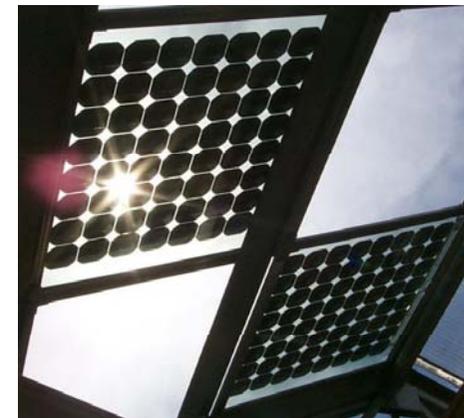
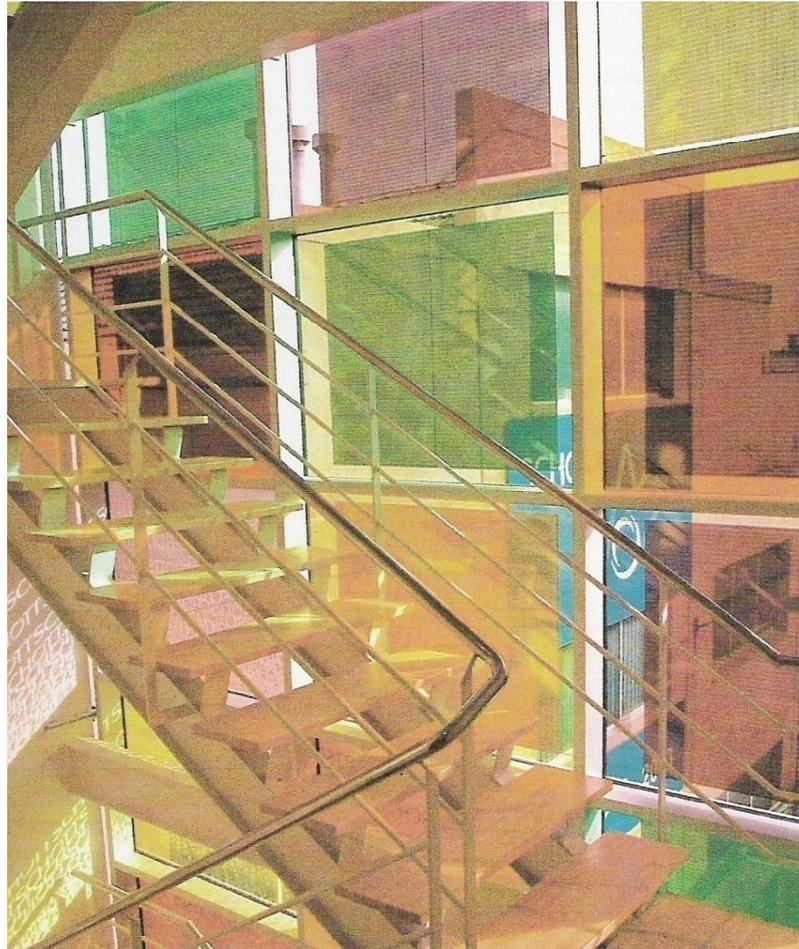


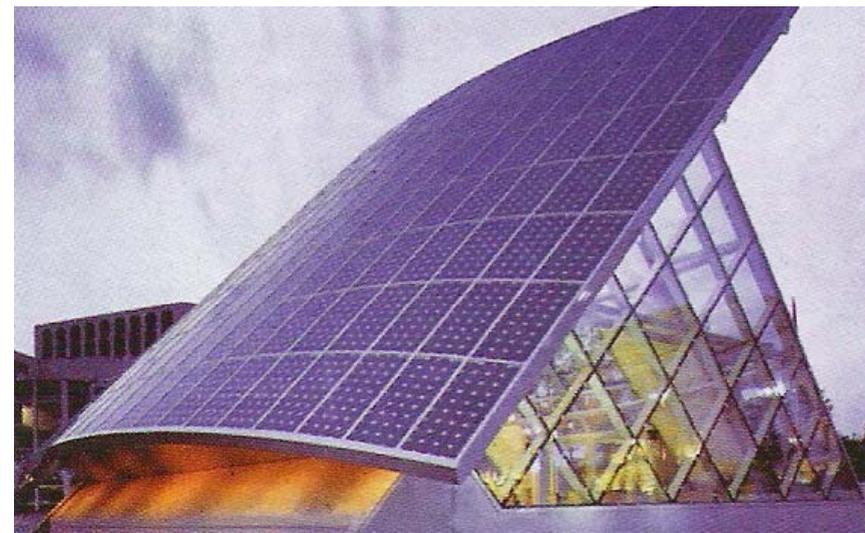
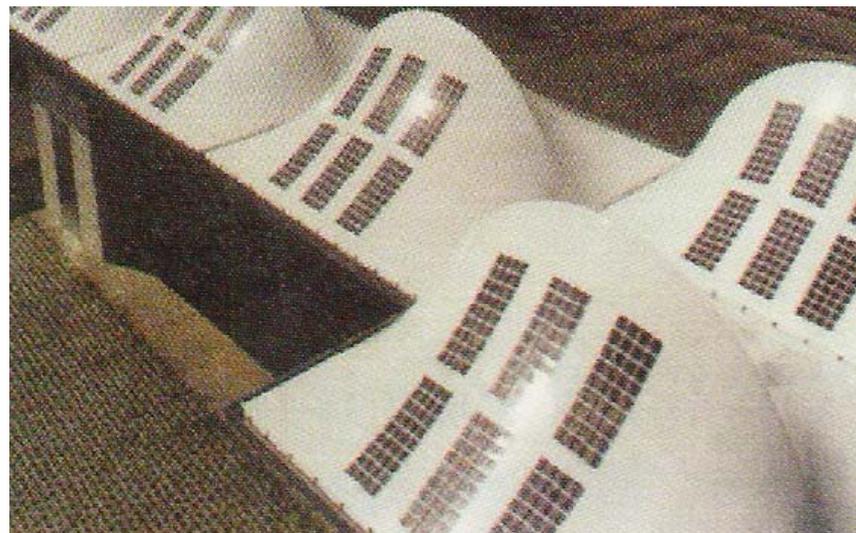


Aplicación

Aplicación.

CELDAS TRANSPARENTES

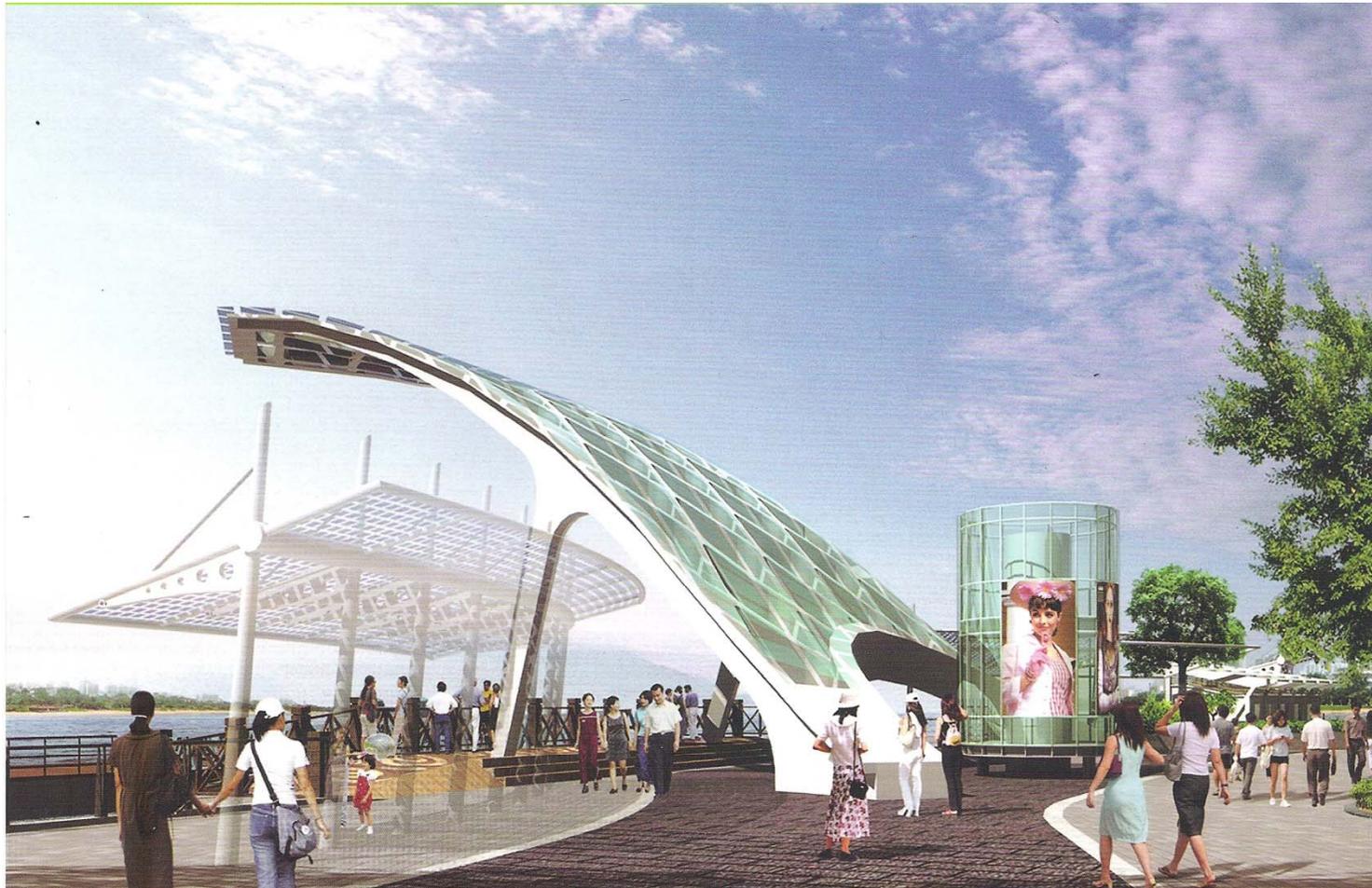




CELDAS FLEXIBLES



BOMBILLAS SOLARES



SOMBRILLA SOLAR

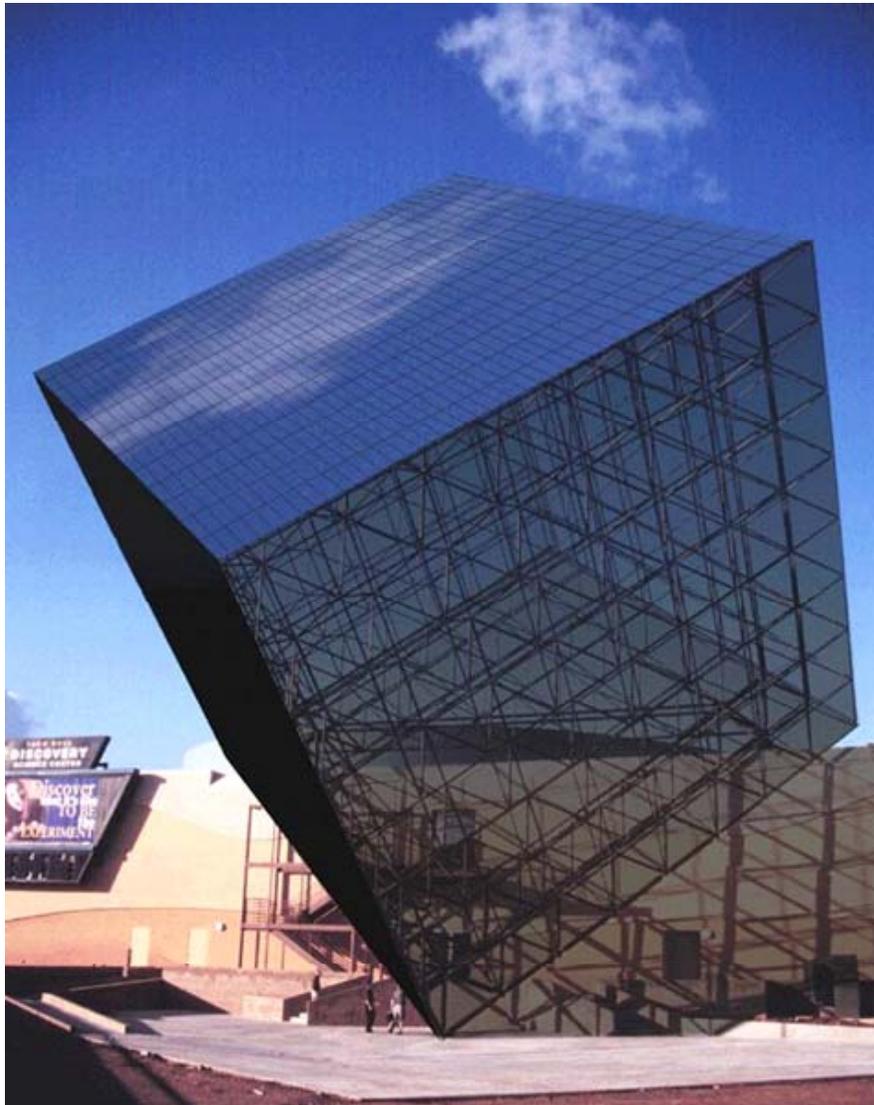


SOMBRILLA SOLAR



VELA SOLAR

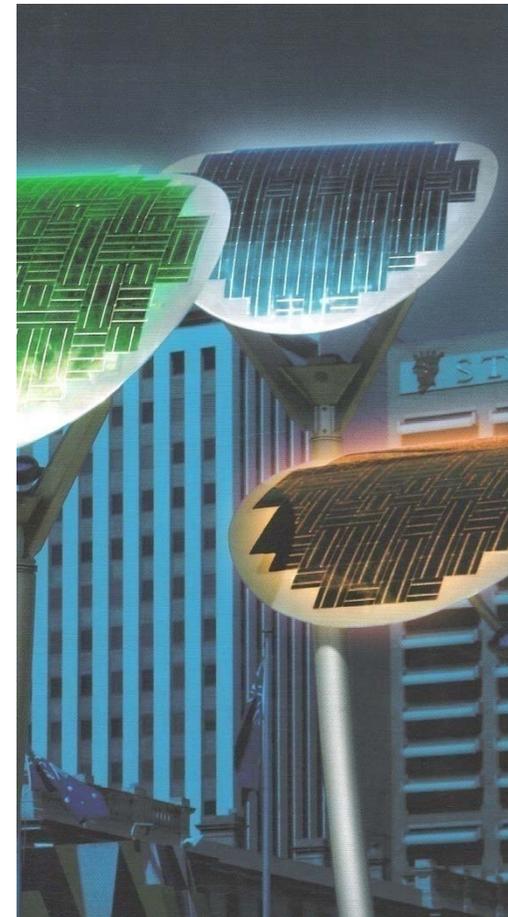




CUBO SOLAR



FLORES Y ARBOLES SOLARES





Aplicación

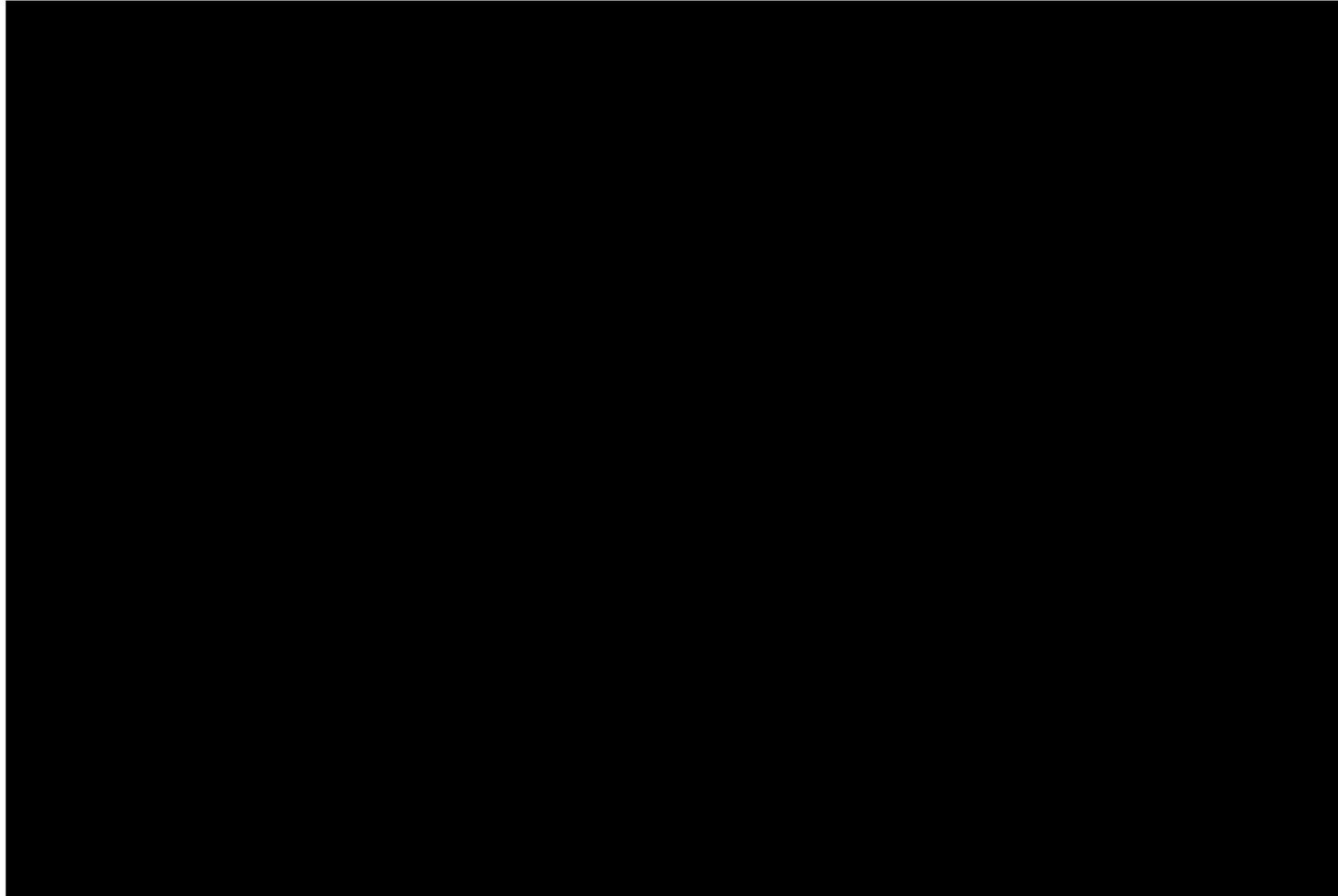
Aplicación.

CEREBRO SOLAR



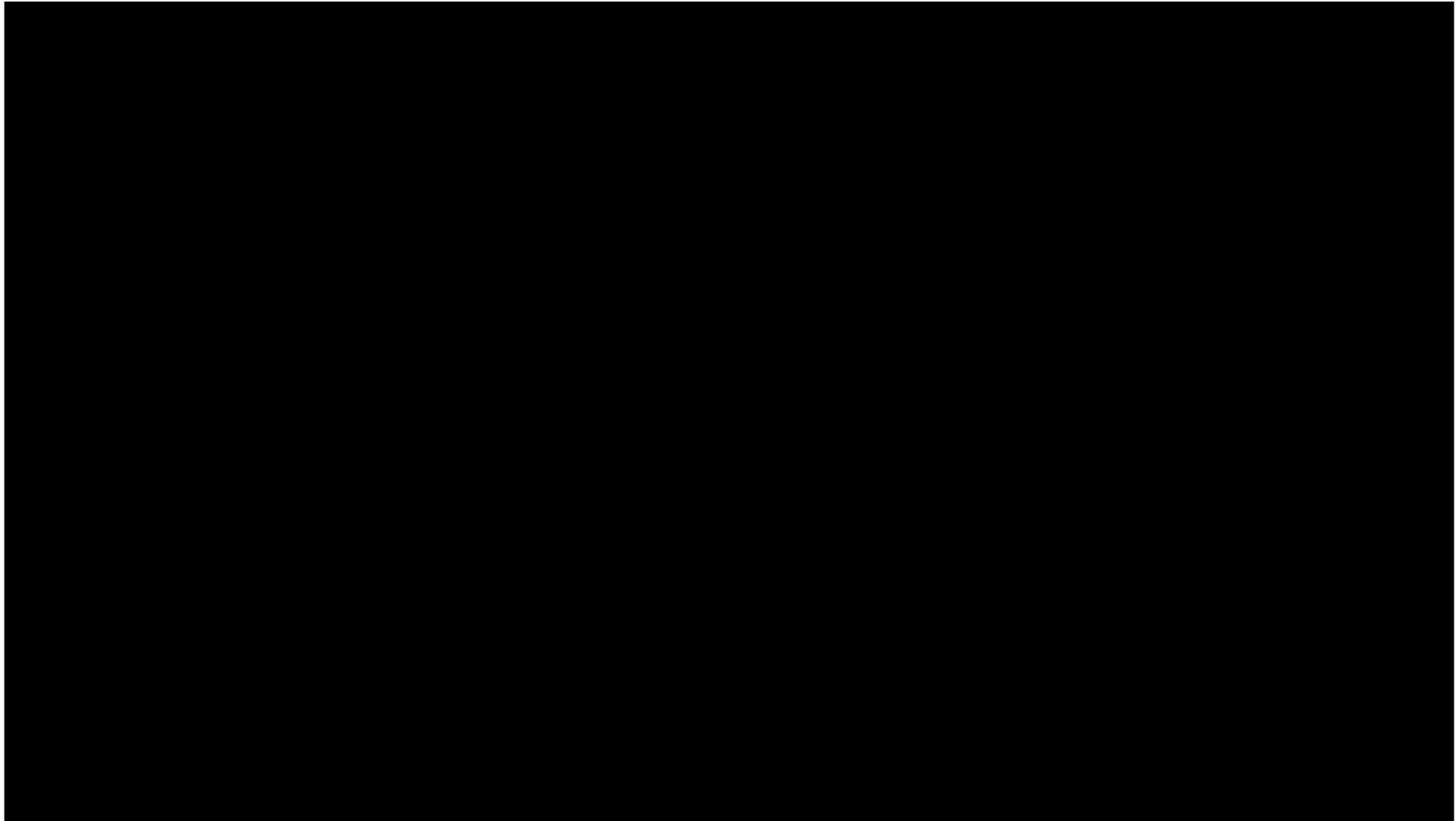


Videos. Ejemplo de producción de celdas solares GINTECH



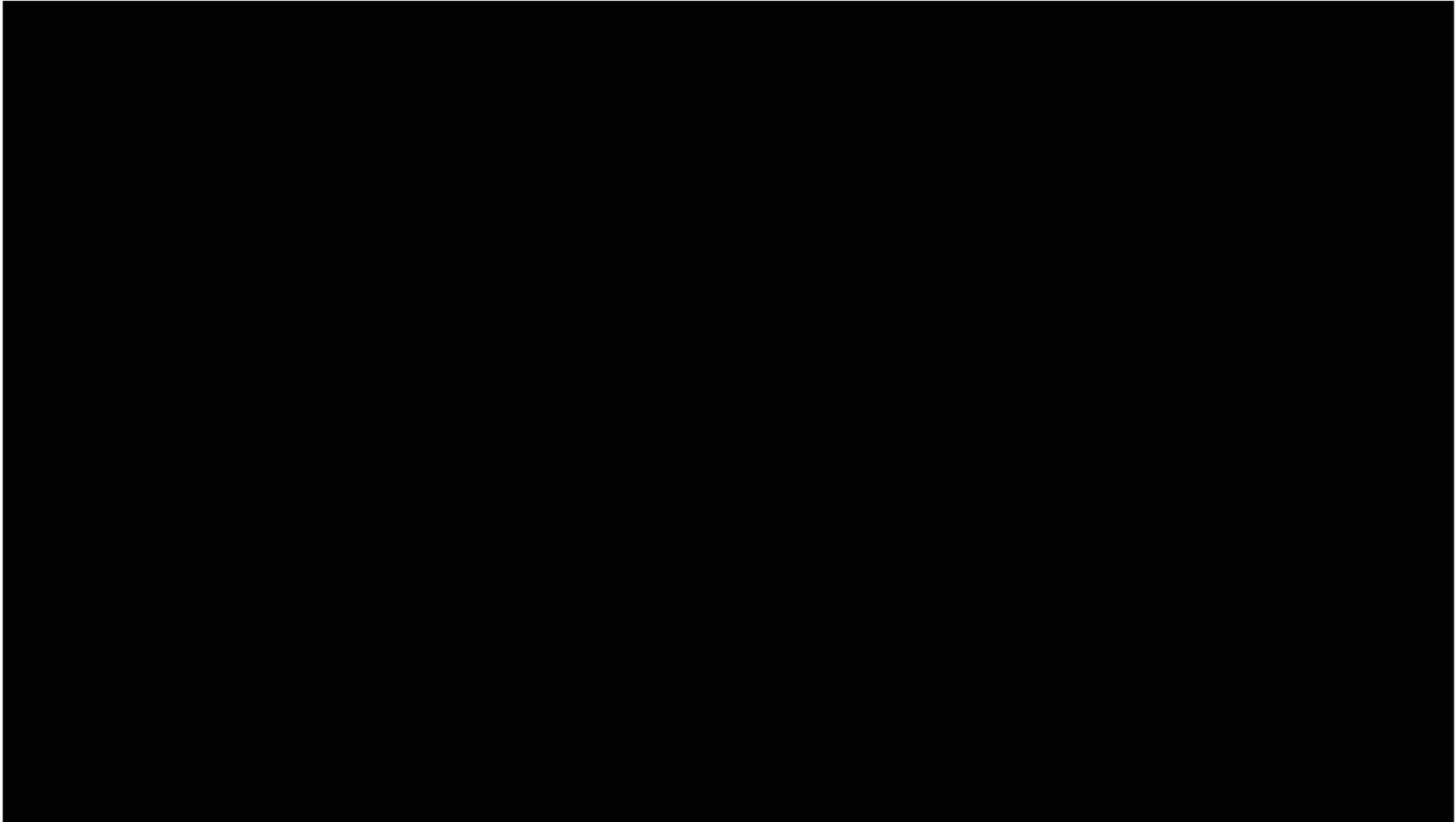


Videos. Energía fotovoltaica independiente de la red central





Videos. Concentración de la energía solar





Complemento:

Situación del mercado global y escenario para los próximos cinco años



2nd International Conference on Solar
Photovoltaic Investments
Frankfurt/Main, Germany - Feb 19th, 2008

**Global Market situation and scenarios
for the next 5 years**

**Winfried Hoffmann,
President EPIA**

Chief Technology Officer (CTO), Solar Business Group of Applied Materials
Member of the Scientific Board and Supervisory Board of FhG-ISE and ISFH, respectively

Applied Materials GmbH & Co. KG • Siemensstr. 100 • 63755 Alzenau
Phone: +49 6023 92 6679 • Fax: +49 6023 92 6560
email: Winfried_Hoffmann@amat.com • www.appliedmaterials.com



Complemento:

Tecnologías de módulos y costos

SOLAR PHOTOVOLTAIK



Module technologies

**EPIA 2nd International Conference on Solar
Photovoltaik Investment**
Frankfurt 19 / 20 February 2008
I.A. Schwirtlich
www.schottsolar.com

**SCHOTT
solar**



Complemento:

Estándares y requerimientos para los módulos

2nd International Conference on Solar Photovoltaic Investments
Frankfurt am Main, Germany, 19/20 February 2008

Product Certification of PV Modules – Quality Requirements and Standards



Dr. Werner Herrmann
TÜV Rheinland Immissionsschutz und
Energiesysteme GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Cologne, Germany
Phone: +49.221.806 2272
Email: werner.herrmann@de.tuv.com
Internet: www.eco-tuv.com





Complemento:

Costos de sistemas fotovoltaicos



Reliability of Photovoltaic products
Yield optimisation and monitoring the
output of solar plants over their lifetime,

2nd International Conference
on Solar Photovoltaic Investments by EPIA
Frankfurt, Germany • 19th February 2008

Thomas Nordmann
IEA-PVPS Task 2 • Leader of Subtask 6
CEO TNC Consulting AG
8703 Erlenbach • Switzerland
nordmann@tnc.ch • www.tnc.ch

© TNC, Th. Nordmann EPIA Frankfurt 2008



Complemento:

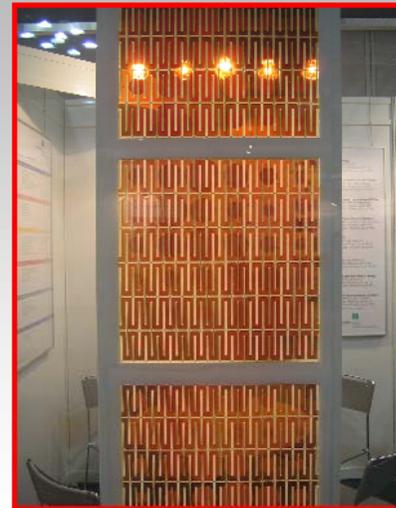
IOLITEC – nuevos materiales



2nd International Conference
on Solar PV Investments
19th & 20th February, Frankfurt, Germany.

IOLITEC –
A Material Supplier for the PV Industry

Dr. Thomas Schubert
Managing Director
IOLITEC GmbH & Co. KG
Ionic Liquids Technologies
Germany





Complemento:

Costos de instalación de un proyecto pequeño en Francia



Financing BIPV projects: looking at an example

20 February 2008



Complemento:

Contacto inclinado en las celdas

sparksolar*
AUSTRALIA

Spark Solar Australia

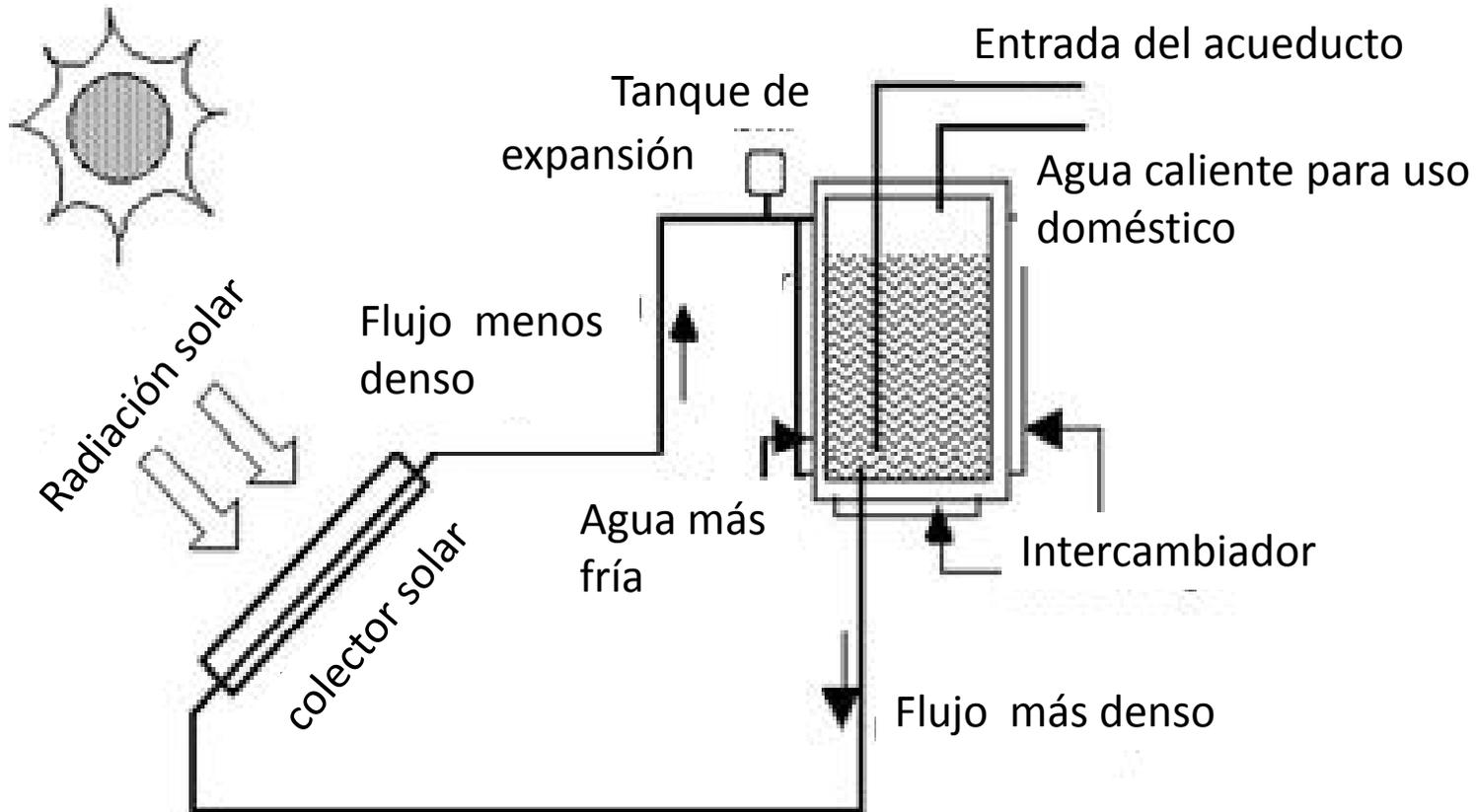
Mark Jeanes
Director, Corporate Development



Energía solar térmica –

principios de funcionamiento de un sistema térmico

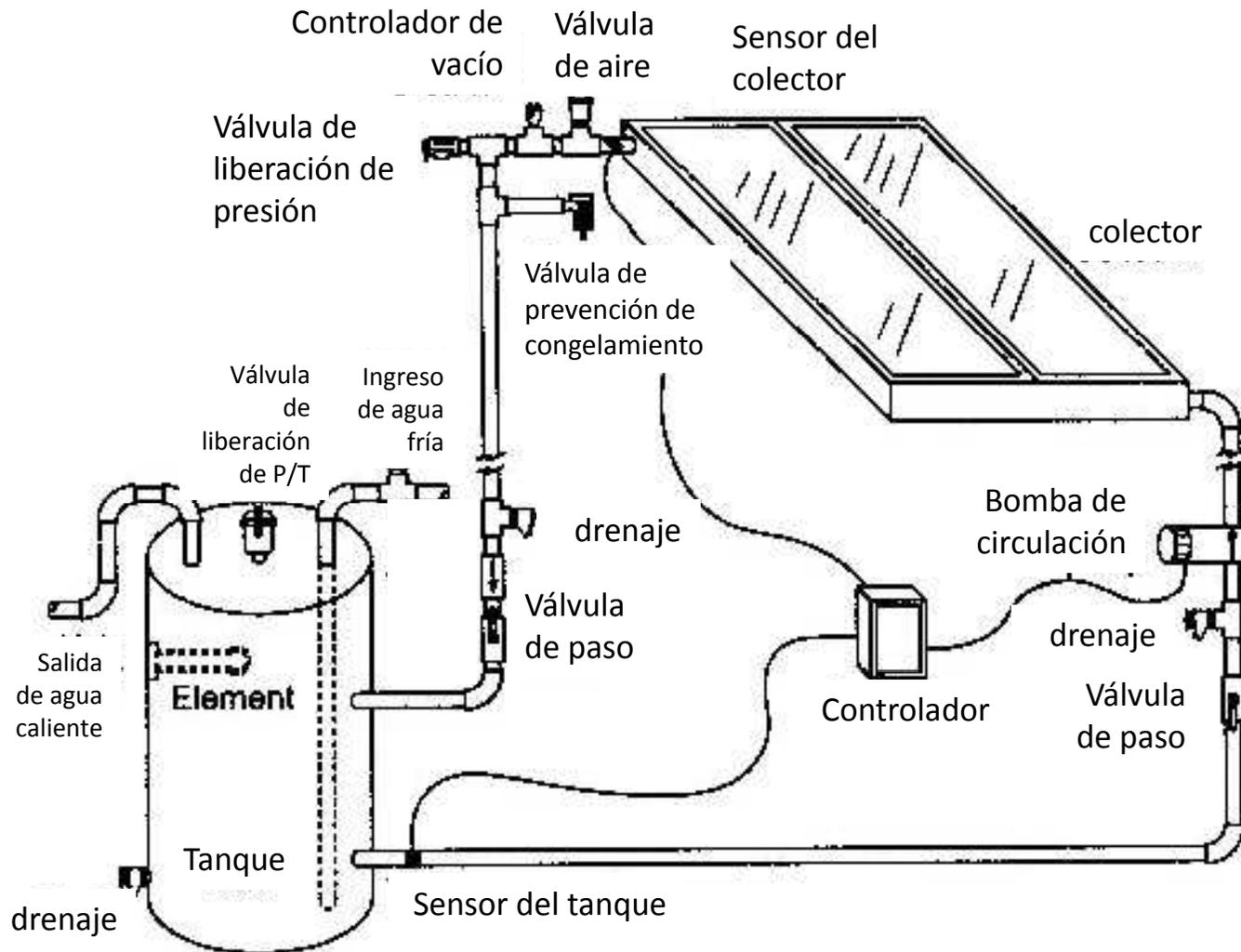
SISTEMA PASIVO





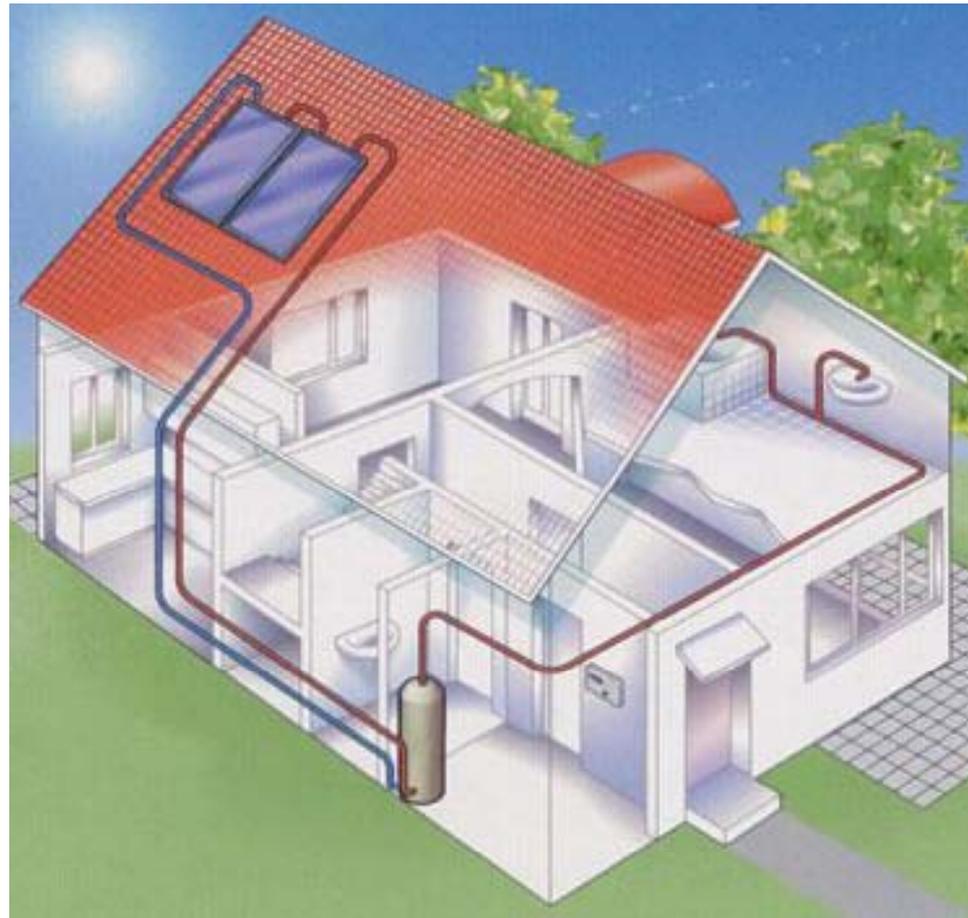
Energía solar térmica – principios de funcionamiento de un sistema térmico

SISTEMA SOLAR ACTIVO



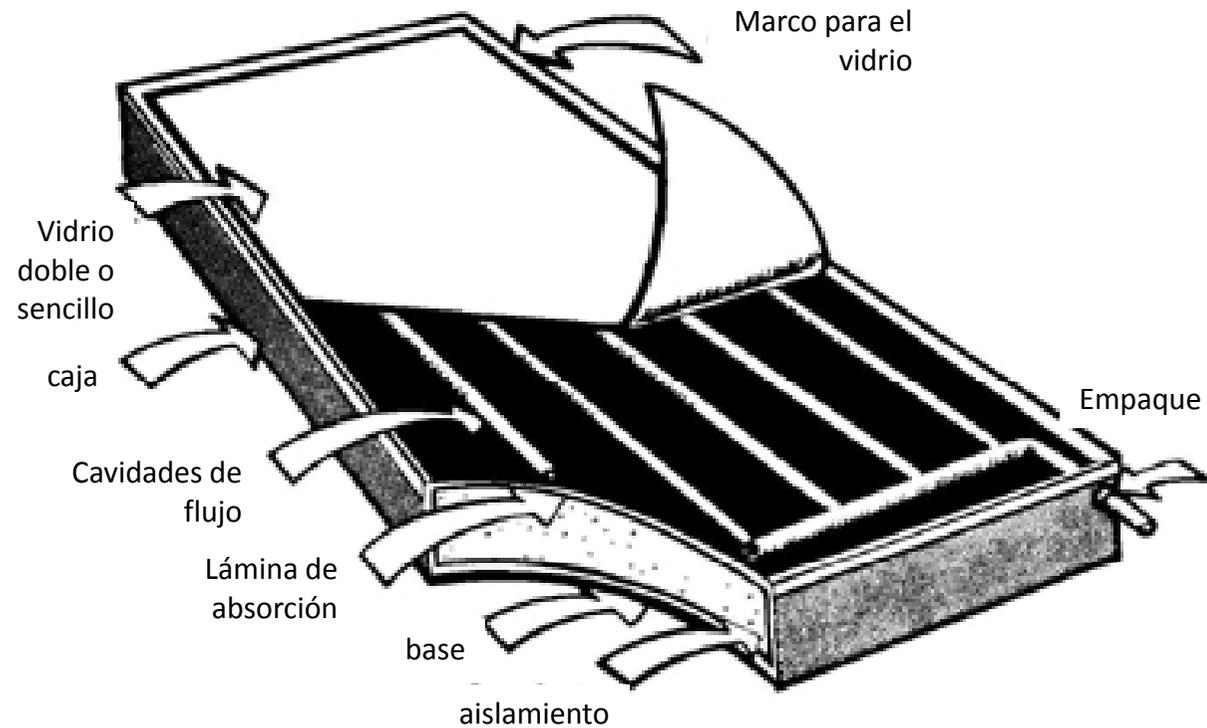


Energía solar térmica – principios de funcionamiento de un sistema térmico



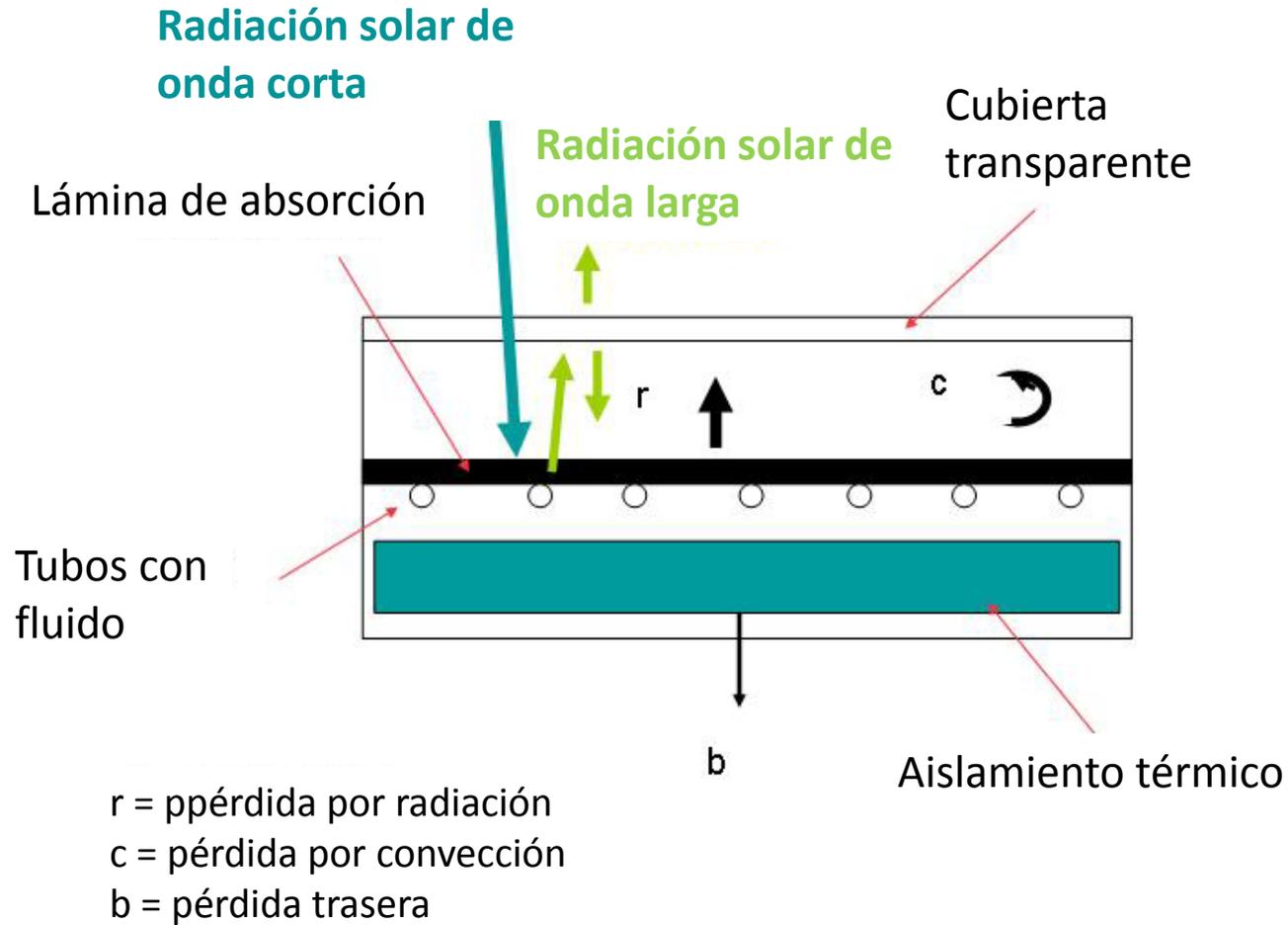


Energía solar térmica – Partes de un colector solar plano



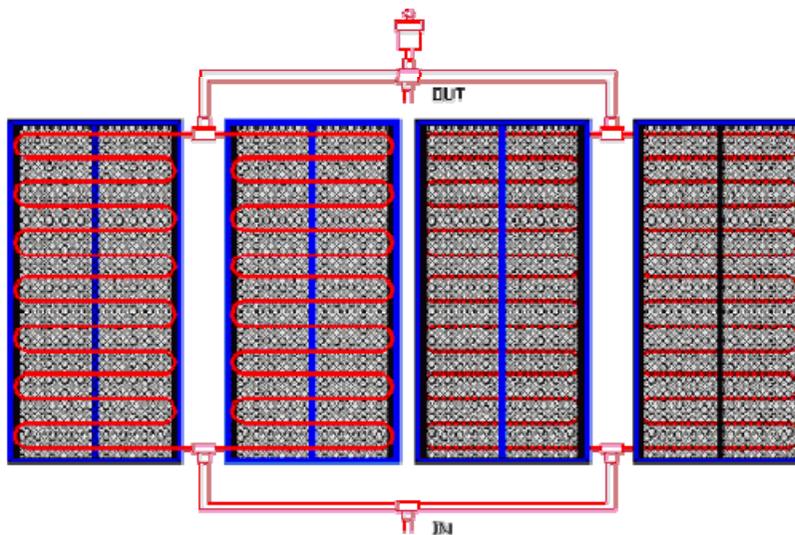
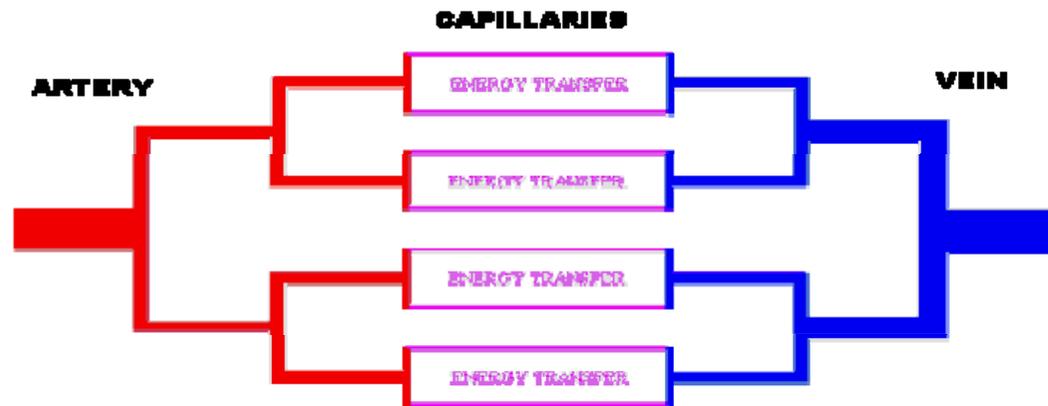


Energía solar térmica –
principios de funcionamiento de un sistema térmico



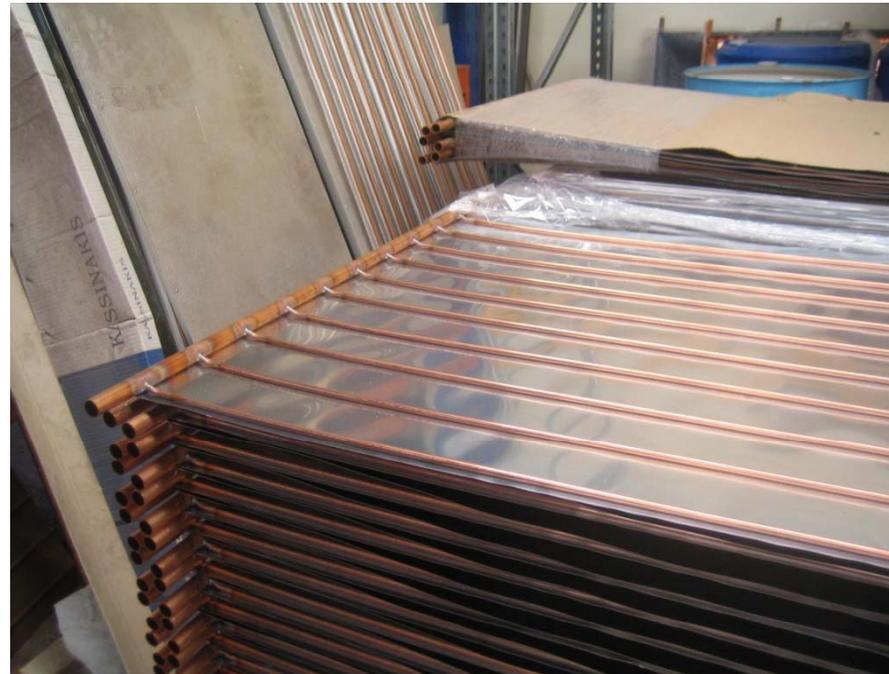


Energía solar térmica –
principios de funcionamiento de un sistema térmico



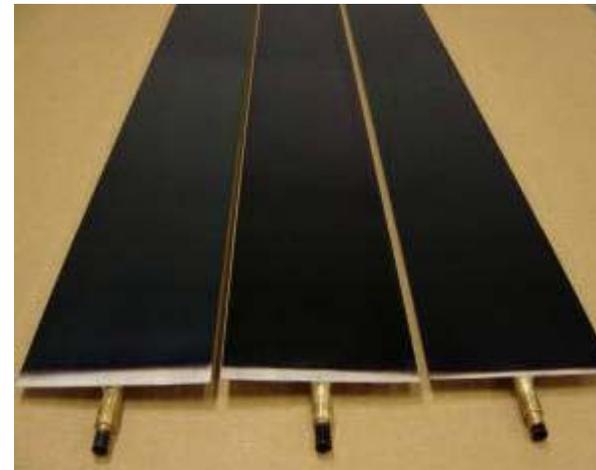


Energía solar térmica – Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente





Energía solar térmica –
Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente





Energía solar térmica – Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente





Energía solar térmica – Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente



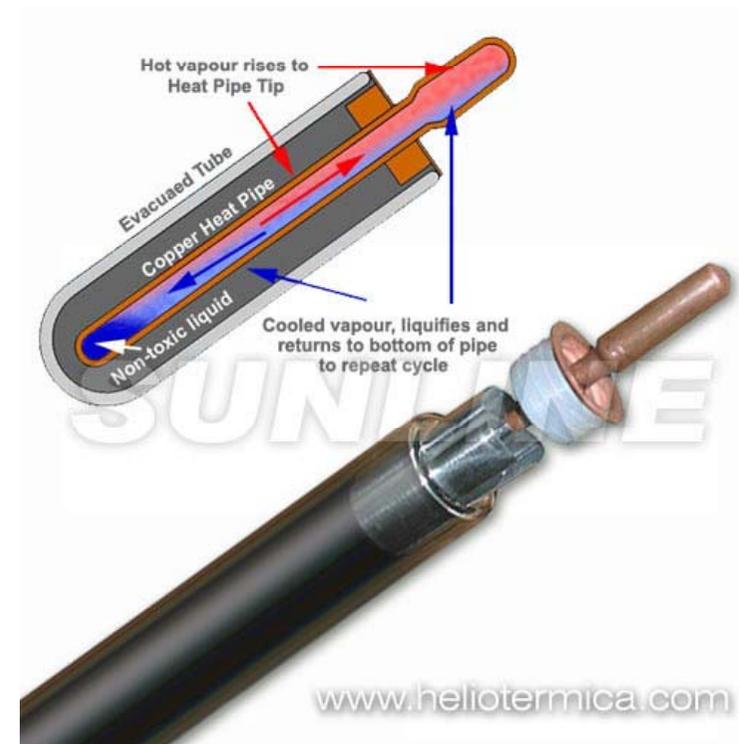


Energía solar térmica – Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente





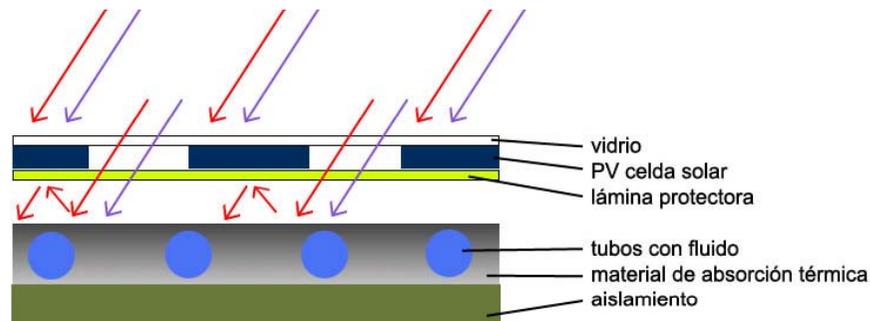
Energía solar térmica – Algunos tipos de colectores solares existentes actualmente



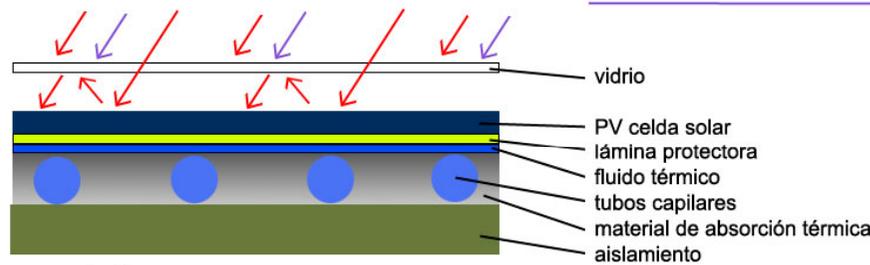


Sistemas fotovoltaicos – térmicos PVT

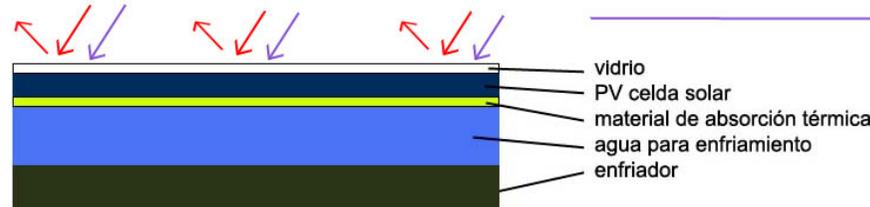
Colector solar PVT líquido



Colector solar térmico con celdas solares (Solarhybrid)



Colector solar térmico con absorción híbrida (Ecotec Energy AG, Holtkamp Solar Energy Systems, Millenium Electric Ltd, Pwtwins)

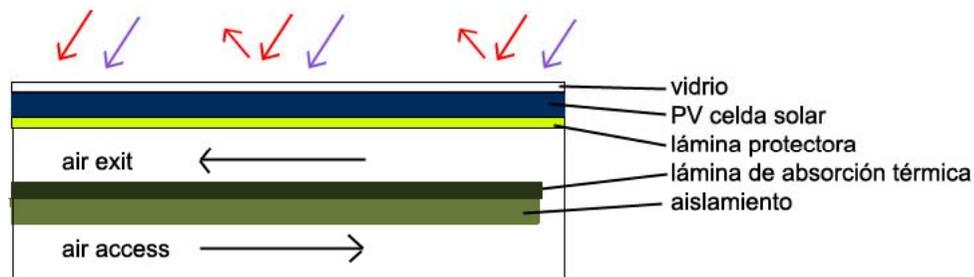


Módulo fotovoltaico estándar con enfriamiento por agua (Solar Centrum Allgau)

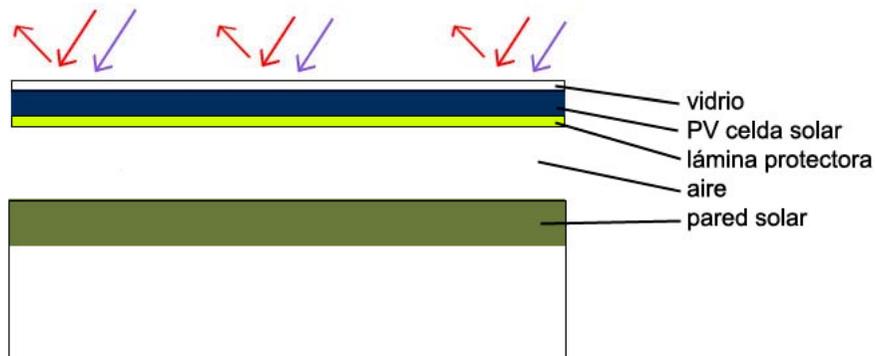


Sistemas fotovoltaicos – térmicos PVT

Colector solar PV/T de aire



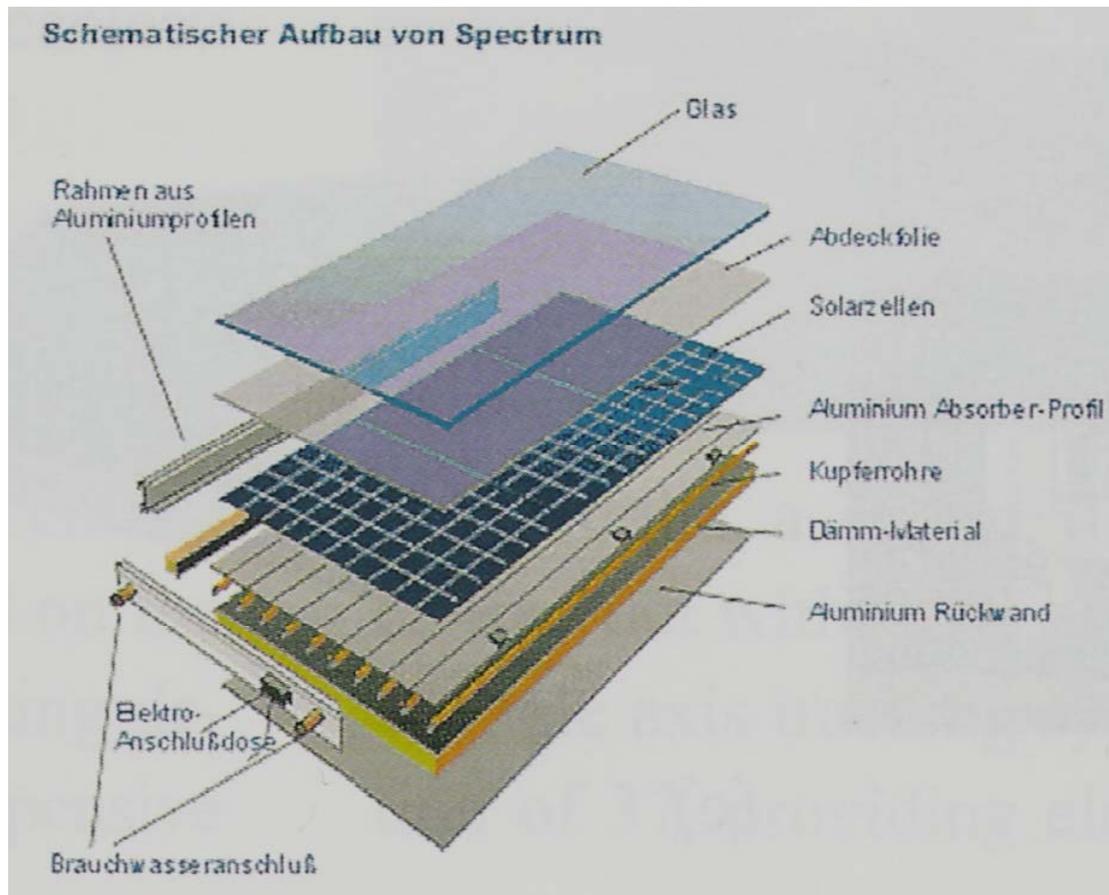
Grammer



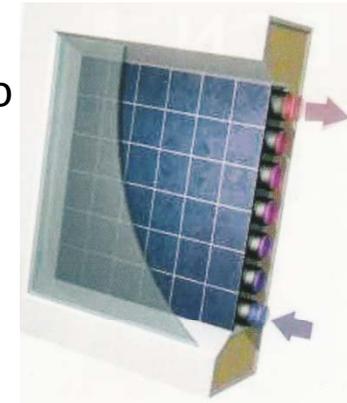
Pared solar



Sistemas fotovoltaicos – térmicos PVT



líquido



aire





Razones para implementar un sistema híbrido PVT

- Un efecto indeseado de la encapsulación de las celdas solares en un módulo es que la encapsulación altera el flujo de calor internamente y hacia afuera del módulo

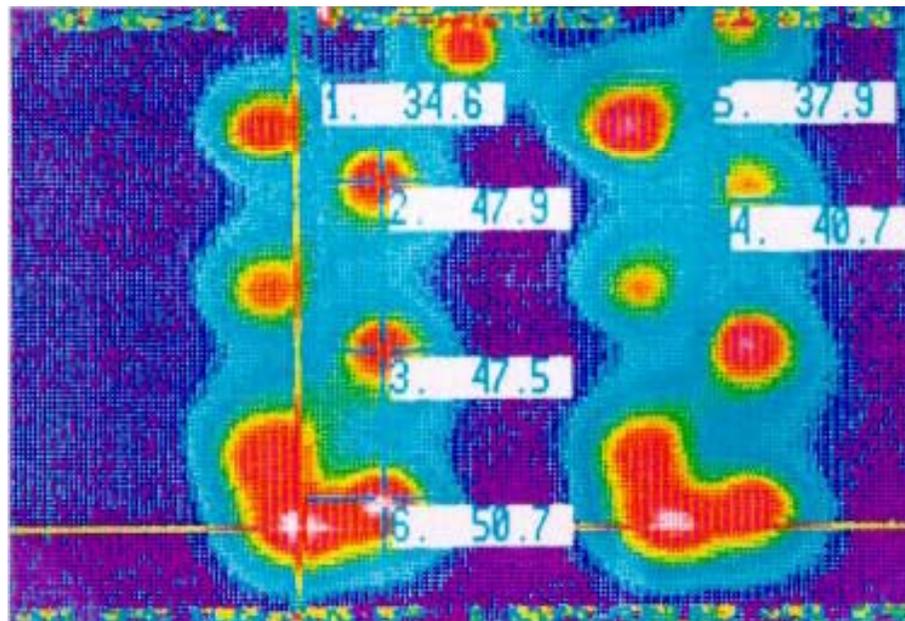


Imagen termográfica de un módulo de 16 celdas. Cada color corresponde a un cambio de 4°C en temperatura.



Razones para implementar un sistema híbrido PVT

Estos aumentos de temperatura tienen un gran impacto sobre los módulos PV:

- Reduciendo su voltaje y por consiguiente la corriente de salida
- El aumento de la temperatura implica desfuncionamiento o degradación de los módulos
- El aumento de la temperatura eleva el estrés asociado con la expansión térmica y también aumenta la degradación en un factor de dos por cada 10°C de aumento de temperatura.



Razones para implementar un sistema híbrido PVT

Para un módulo típico comercial fotovoltaico operando a su máxima capacidad, solamente de un 10 a 15 por ciento de la luz incidente es convertida a electricidad, y mucha de la sobrante convertida en calor. Los factores que afectan el calentamiento del módulo son:

- La reflexión desde la superficie superior del módulo
- El punto de operación eléctrica del módulo
- Absorción de luz solar por el módulo en regiones donde no hay celdas solares
- Absorción de radiación infraroja en el módulo o en las celdas solares y
- La densidad de empaque de las celdas solares.



Razones para implementar un sistema híbrido PVT

Diferentes empresas comercializan los sistemas híbridos

[Grammer Solar GmbH \(D\)](#),

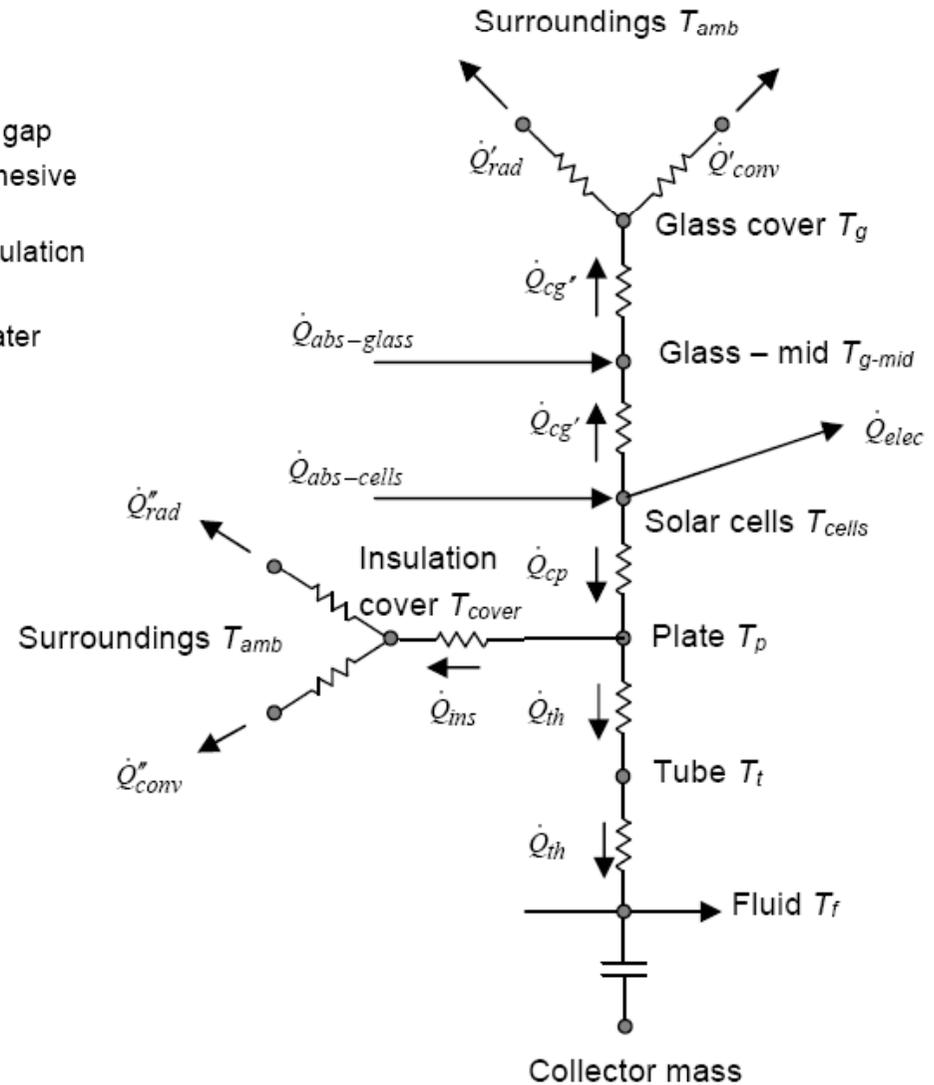
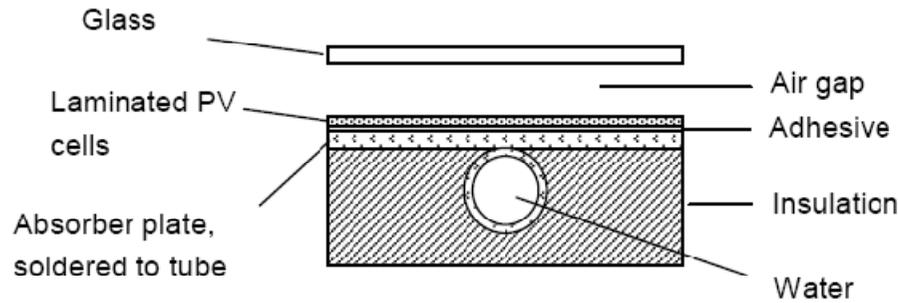
[Aidt Miljø A/S Solar Heating \(DK\)](#)

[Conserval Engineering, Inc. \(CAN\)](#)



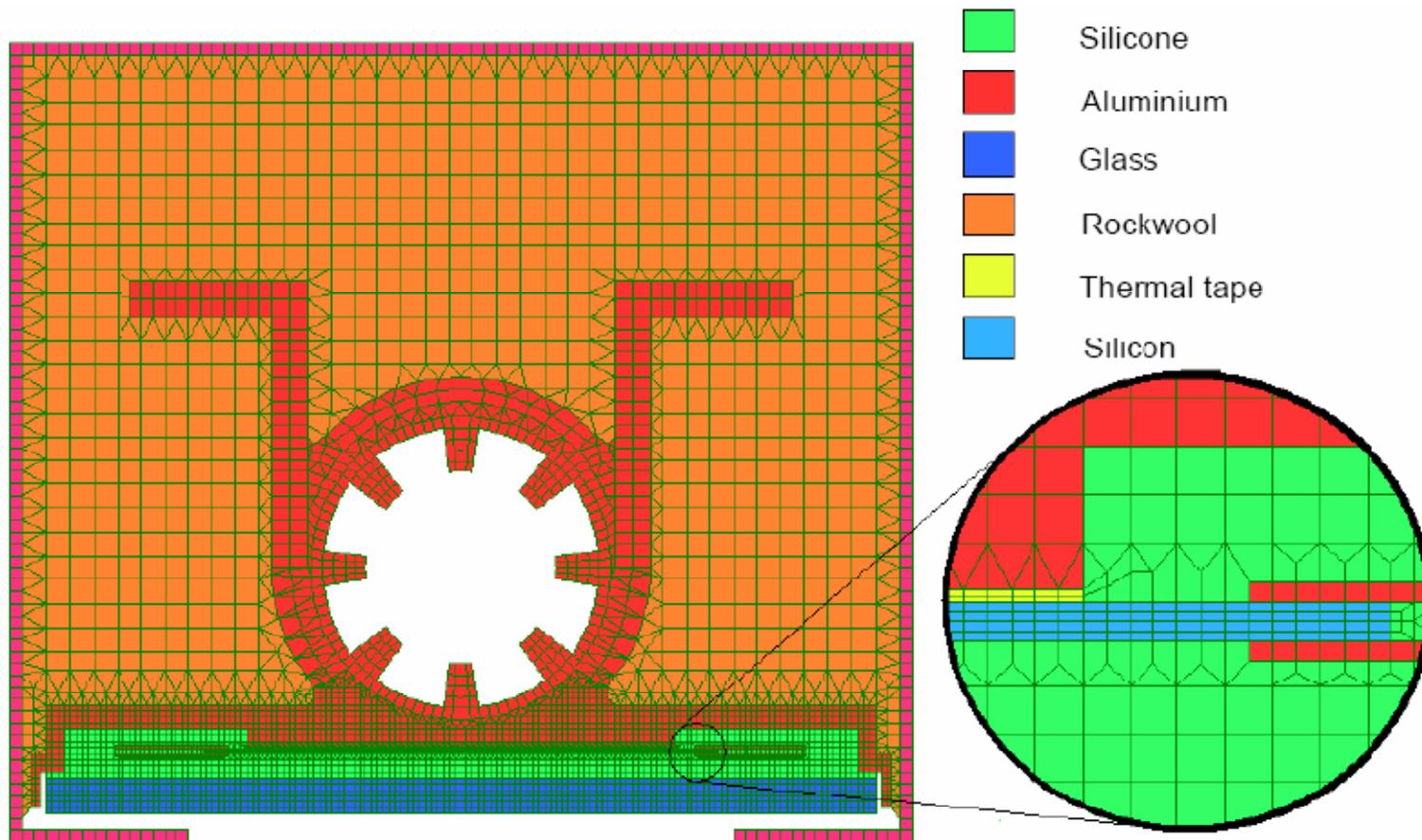


Pérdidas en un sistema híbrido



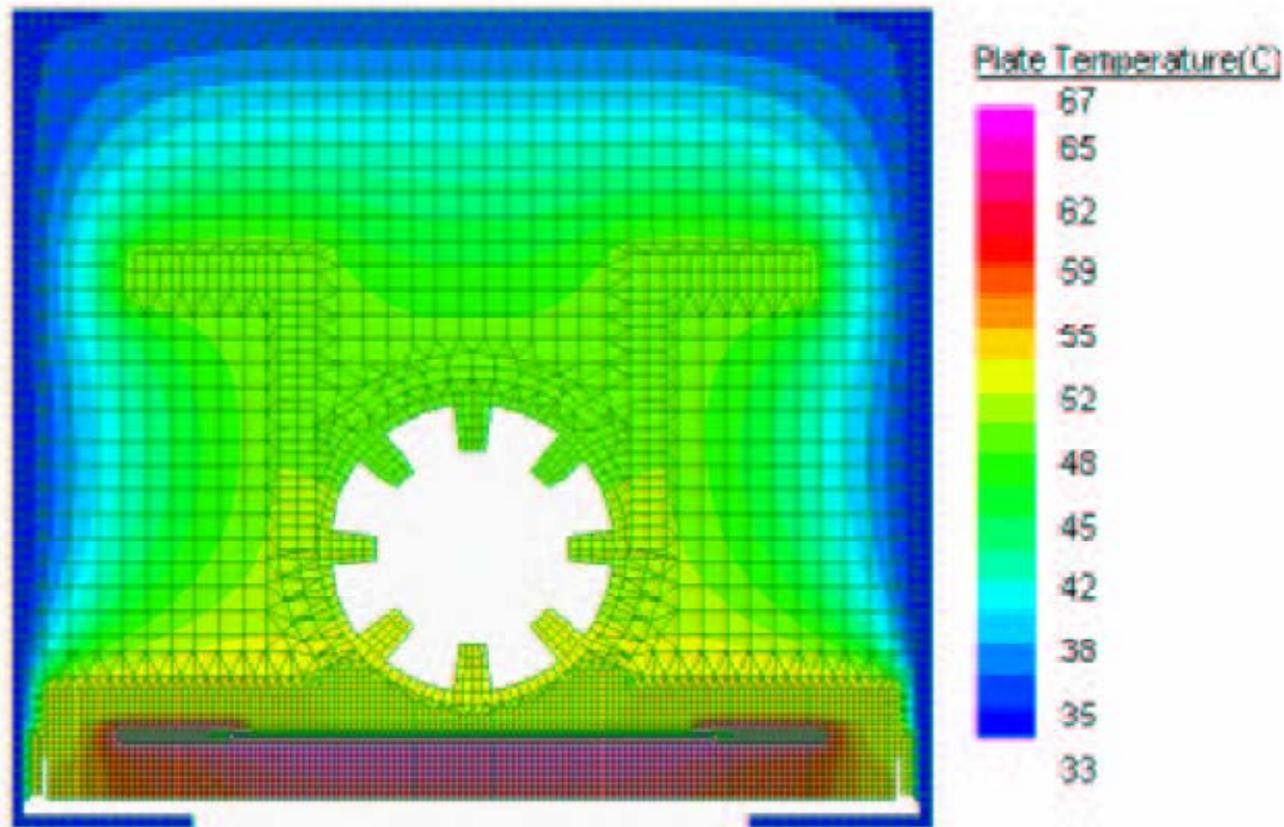


Análisis de la temperatura en diferentes secciones de un sistema híbrido





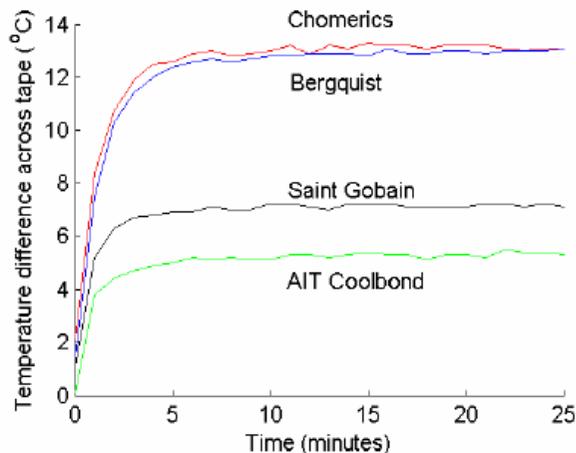
Análisis de la temperatura en diferentes secciones de un sistema híbrido





Algunos materiales que podrían ser usados como unión entre el sistema fotovoltaico y el sistema térmico

Name of material	Material characteristics
Chomerics T404	Kapton MT Thermally conductive polyimide film coated with aluminium oxide loaded acrylic pressure sensitive adhesive.
Bergquist Bondply 660	Kaladex 2000 polyethylene naphthalate (PEN) film coated with acrylic adhesive.
Saint Gobain C675	2 mil aluminium foil coated with acrylic pressure sensitive adhesive (note: this is not an electrically isolating foil).
AIT Coolbond CB7208-E	Aluminium Nitrite filled thermoplastic film adhesive.



Material	Measured Conductivity (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Stated * conductivity (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	U-value (W.m ⁻² .K ⁻¹)
Chomerics	0.209	0.37	1646
Bergquist	0.243	0.4	1733
Saint Gobain	0.476	1.1	3121
AIT Coolbond	0.632	3.6	4169

* Value quoted by the manufacturer



Evaluación termodinámica de un sistema PVT

Cálculo del ratio de eficiencia eléctrico-térmico de un sistema fotovoltaico-térmico.

Energía

- Primera ley de la termodinámica

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q \approx W$$



Evaluación termodinámica de un sistema PVT

Cálculo del ratio de eficiencia electrico-térmico de un sistema fotovoltaico-térmico.

Teniendo en cuenta que toda la energía proporcionada al sistema se convierte en trabajo, se puede calcular la eficiencia de utilidad de la energía primaria (primary energy saving) por la fórmula (Huang 01)

$$\eta_{pes} = \frac{\eta_{ele}}{\eta_{Tpower}} + \eta_{th}$$

Teniendo en cuenta que una planta de energía es 40% eficiente, el ratio eficiencia eléctrica/eficiencia térmica viene a ser:

$$R_{e/t} = 2.5$$



Evaluación termodinámica de un sistema PVT

Cálculo del ratio de eficiencia eléctrico-térmico de un sistema fotovoltaico-térmico.

Energía

- **Segunda ley de la termodinámica.** Algunas formulaciones:
 - $dS/dt \geq 0$
 - El calor no puede espontáneamente fluir de un material de temperatura más baja a un material de temperatura más alta
 - Es imposible convertir calor completamente a trabajo



ENERGIA

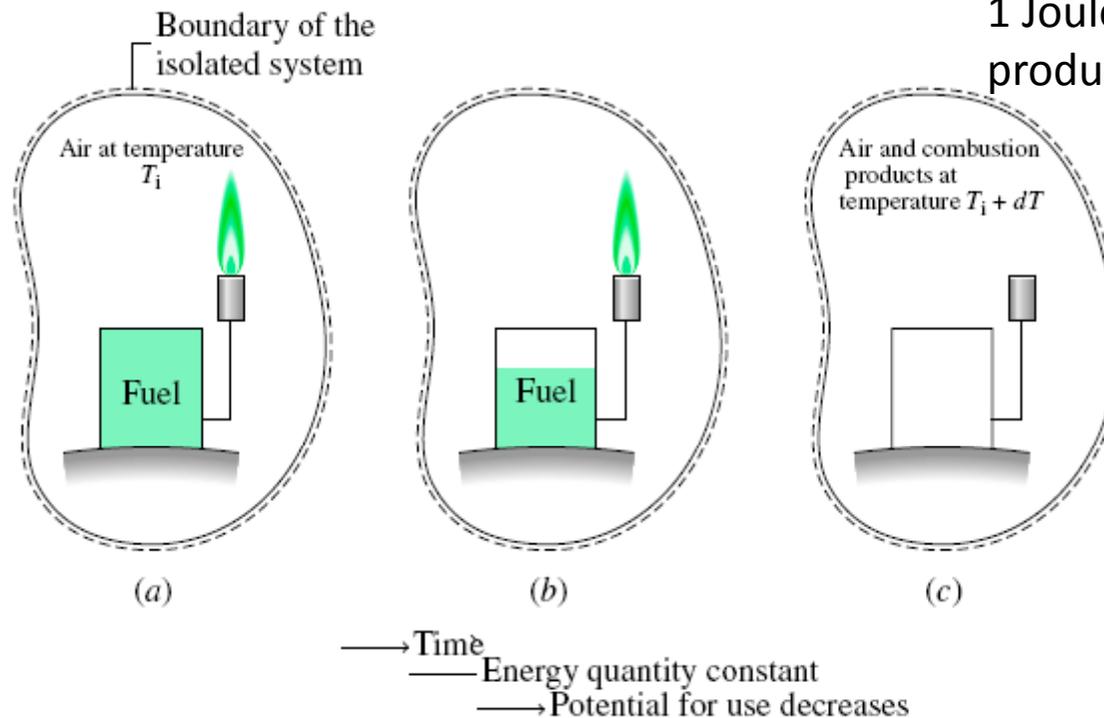
1 Joule (electricity) = 1 Joule (heat)

EXERGIA

Trabajo máximo teórico que se puede obtener de un sistema cuando interactúa con el medio hasta llegar al equilibrio (**reversibilidad de un proceso.**)

Es decir,

1 Joule (electricity) \neq 1 Joule (heat) para producir trabajo.



(Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Moran, Shapiro. 5th Ed.)



EXERGIA

(Coventry '03, Fujisawa '97, Takashima '94)

$$\Delta U_e = T_0 \Delta S_e - p_0 \Delta V_e$$

Para un volumen determinado, el radio de flujo de exergia, si hay una simple entrada y una salida denotados por 1 y 2 respectivamente, está dado por la ecuación

$$\Delta A = \dot{m} \left[h_2 - h_1 - T_0 (s_2 - s_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right]$$

La energía deliverada por el volumen dado con el mismo flujo es

$$\Delta \dot{E}_{21} = \dot{m} \cdot \left[h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right]$$



EXERGIA

(Coventry '03, Fujisawa '97, Takashima '94)

Example: Comparación de resultados eléctrico y térmico de exergia

Energy system	Energy(J)	Exergy equation	Exergy(J)	Energy/exergy
Electrical	1000	$\Delta A_{\text{electrical}} = \Delta \dot{B}_{\text{electrical}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$	1000	1
Thermal	1000	$\Delta A_{\text{thermal}} = \dot{m}[h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1)]$	59	16.8

* Assuming: $p = 500$ kPa, $T_1 = T_0 = 25$ °C, $T_2 = 65$ °C and $\dot{m} = 5.98$ g/s and $v_1 = v_2$, $z_1 = z_2$ which gives $h_1 = 105$ kJ/kg, $h_2 = 272$ kJ/kg, $s_1 = 0.366$ kJ/kg K and $s_2 = 0.893$ kJ/kg K.

$$R_{e/t} = 17$$



Concentradores solares

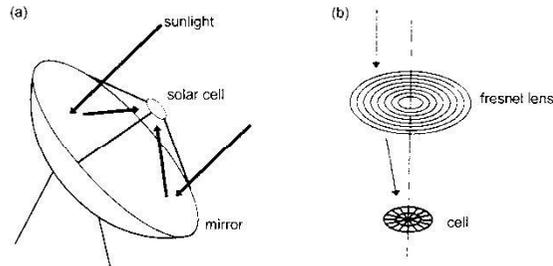


Fig. 7.5 Point-focus systems with rotational symmetry. (a) Dished parabolic mirror; (b) Fresnel lens

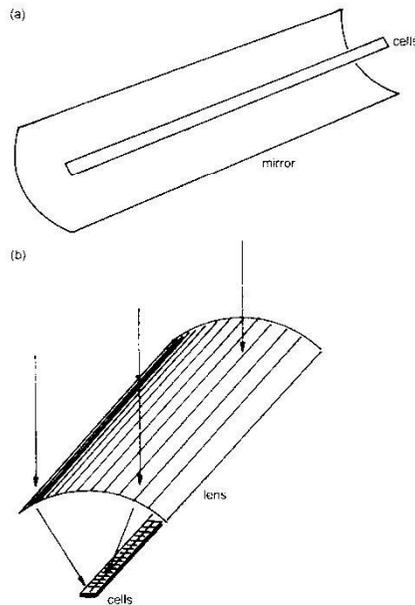


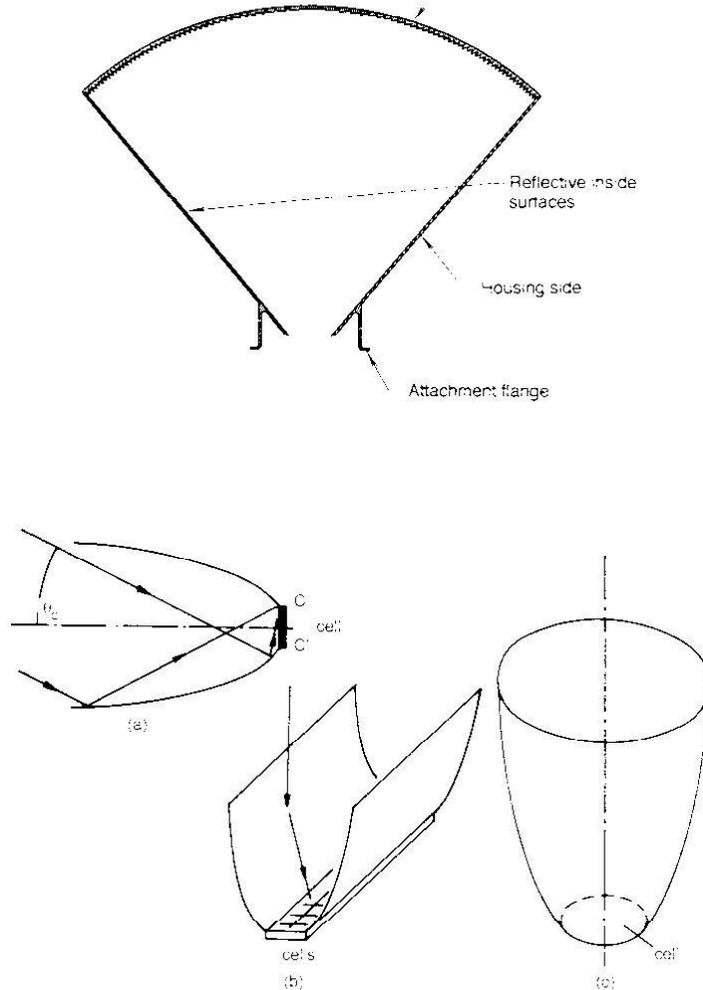
Fig. 7.6 Line-focus systems with linear symmetry. (a) Parabolic mirror; (b) Curved Fresnel lens

Tipos de concentradores solares:

- Circulares 3D (espejo parabólico, lentes de Fresnel)
- Lineales 2D (espejo cilíndrico parabólico, lentes lineales de Fresnel)
- Sistemas geométricos



Concentradores solares

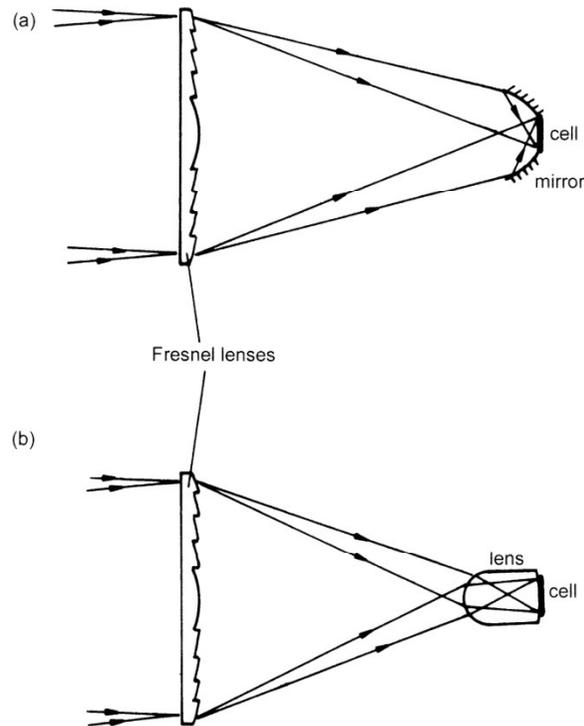


Tipos de concentradores solares:

- Circulares 3D (espejo parabólico, lentes de Fresnel)
- Lineales 2D (espejo cilíndrico parabólico, lentes lineales de Fresnel)
- Sistemas geométricos. CPC (compound parabolic concentrators)



Concentradores solares

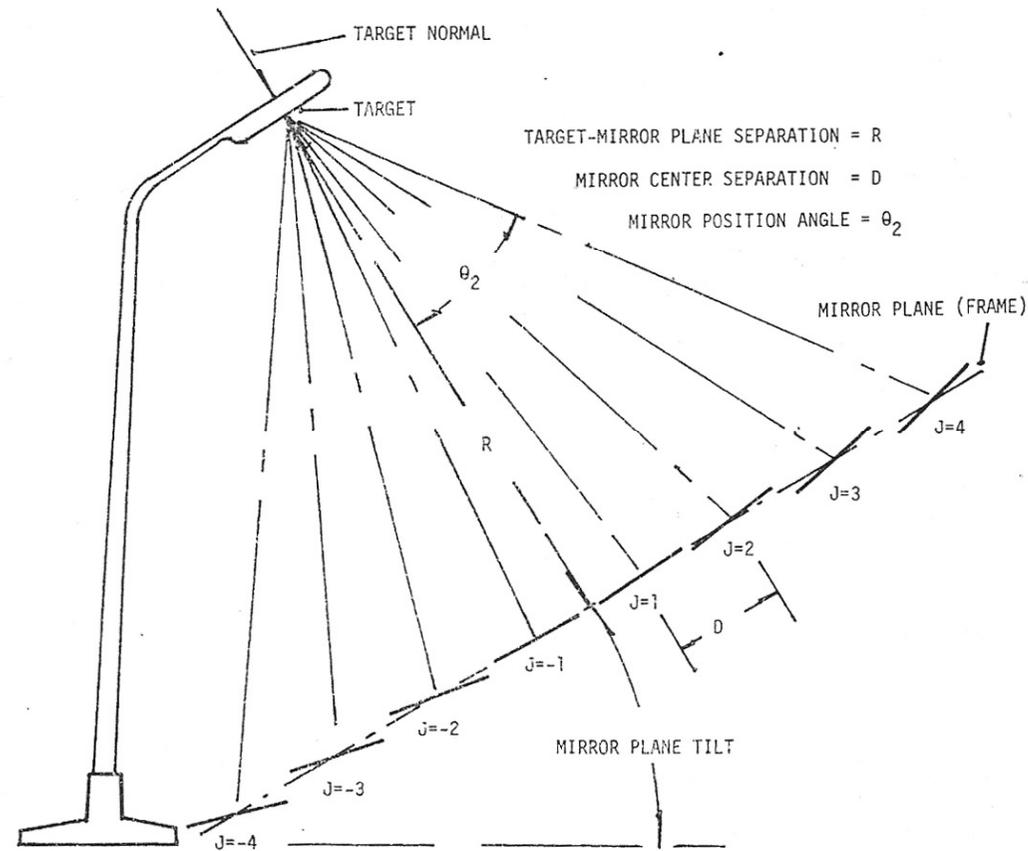


Tipos de concentradores solares:

Pueden ser usados sistemas secundarios o para corregir errores ópticos.



Reflectores





Reflectores

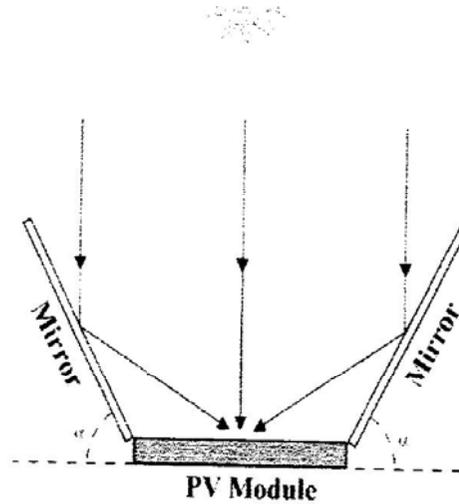


Figure 1: V-trough concentration

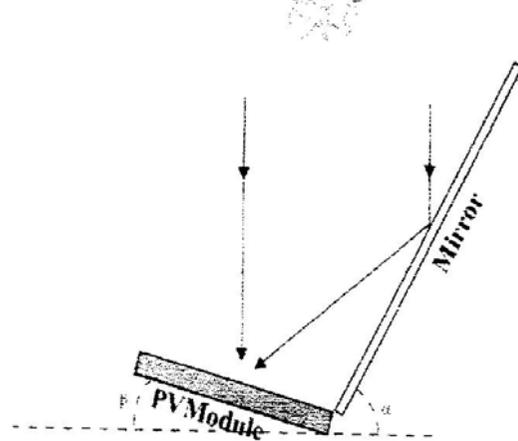


Figure 2: Very Low Concentration

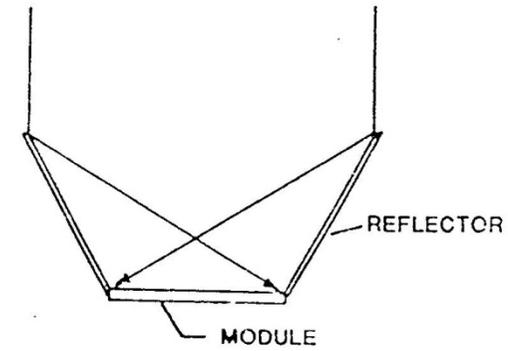


Fig. 1. Schematic diagram of 2.2X concentrator.

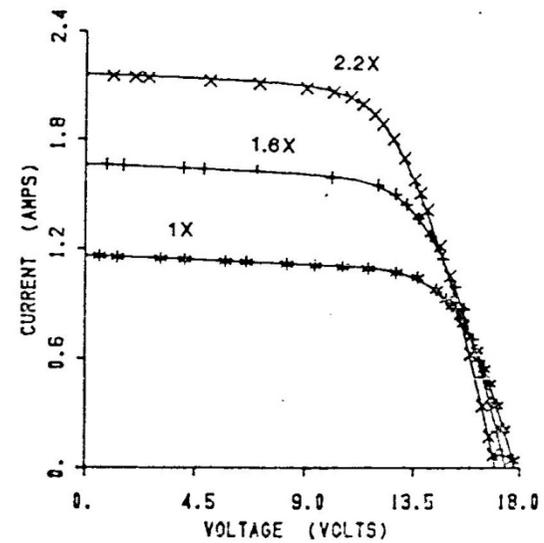
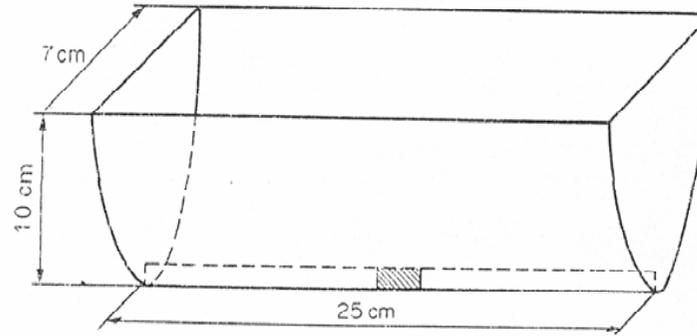
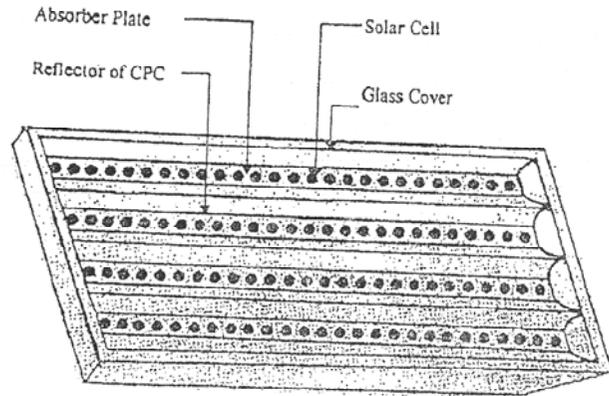


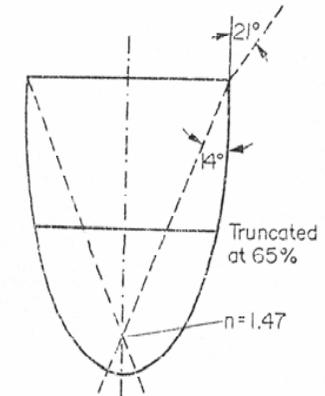
Fig. 2. I-V curves for module S2.



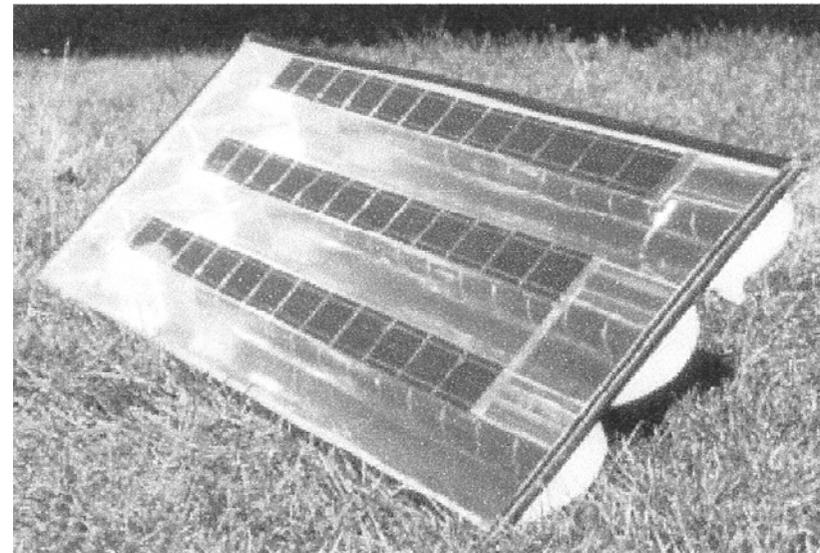
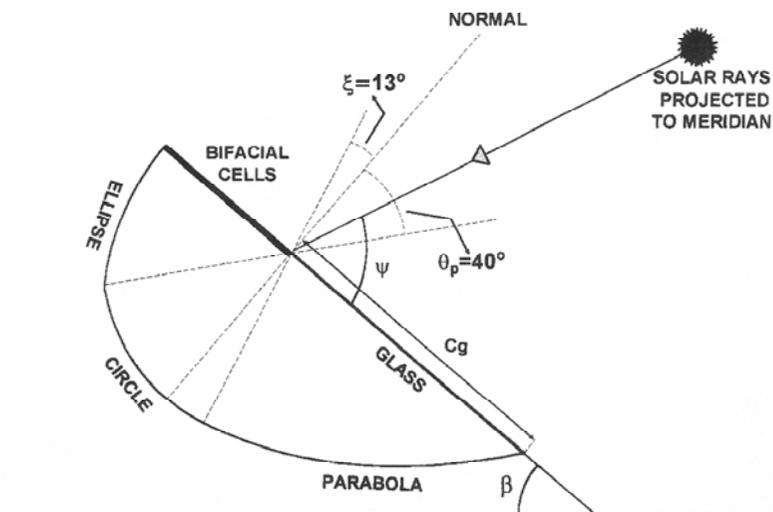
Reflectores



(a)



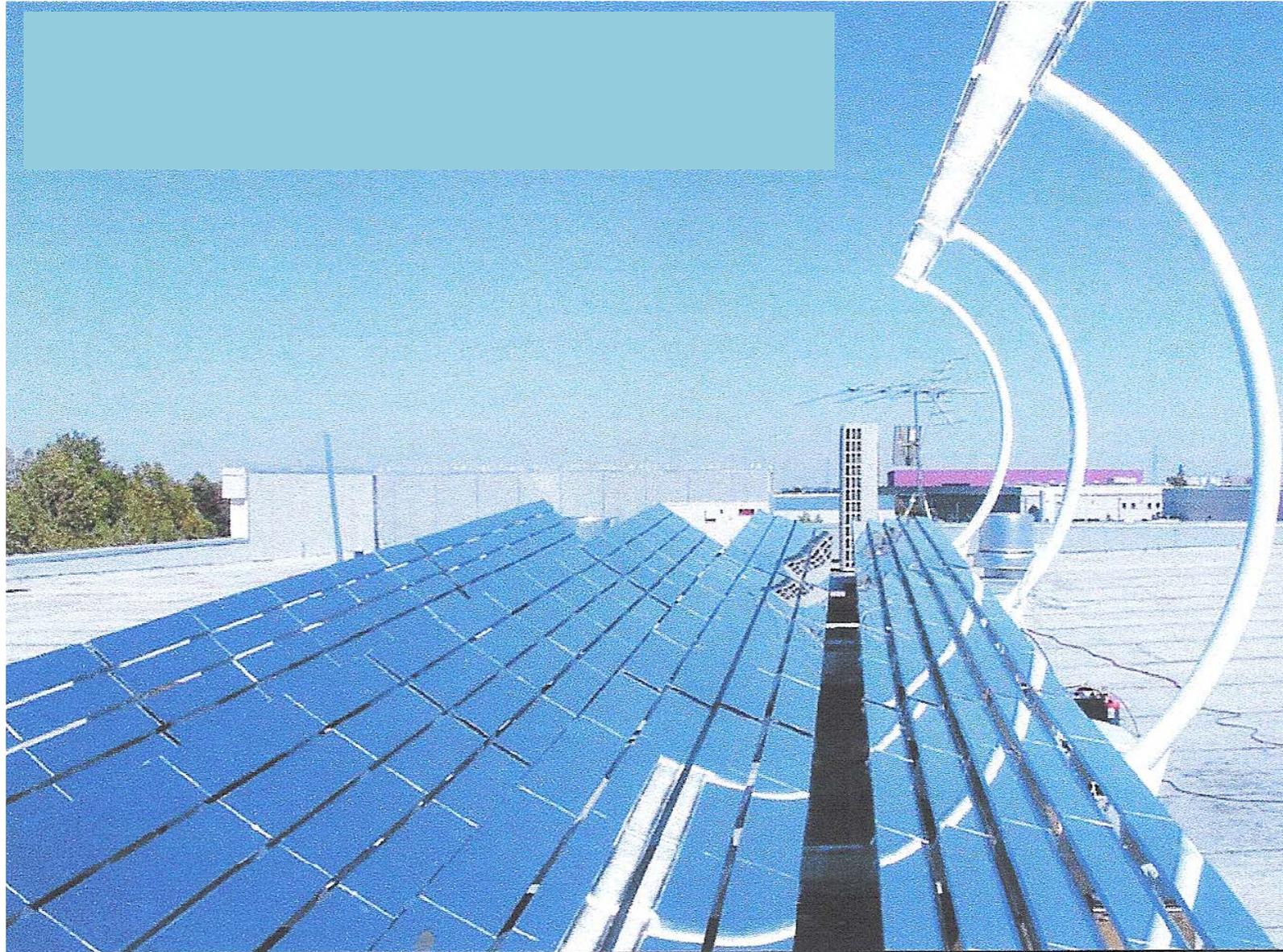
(b)





Reflectores



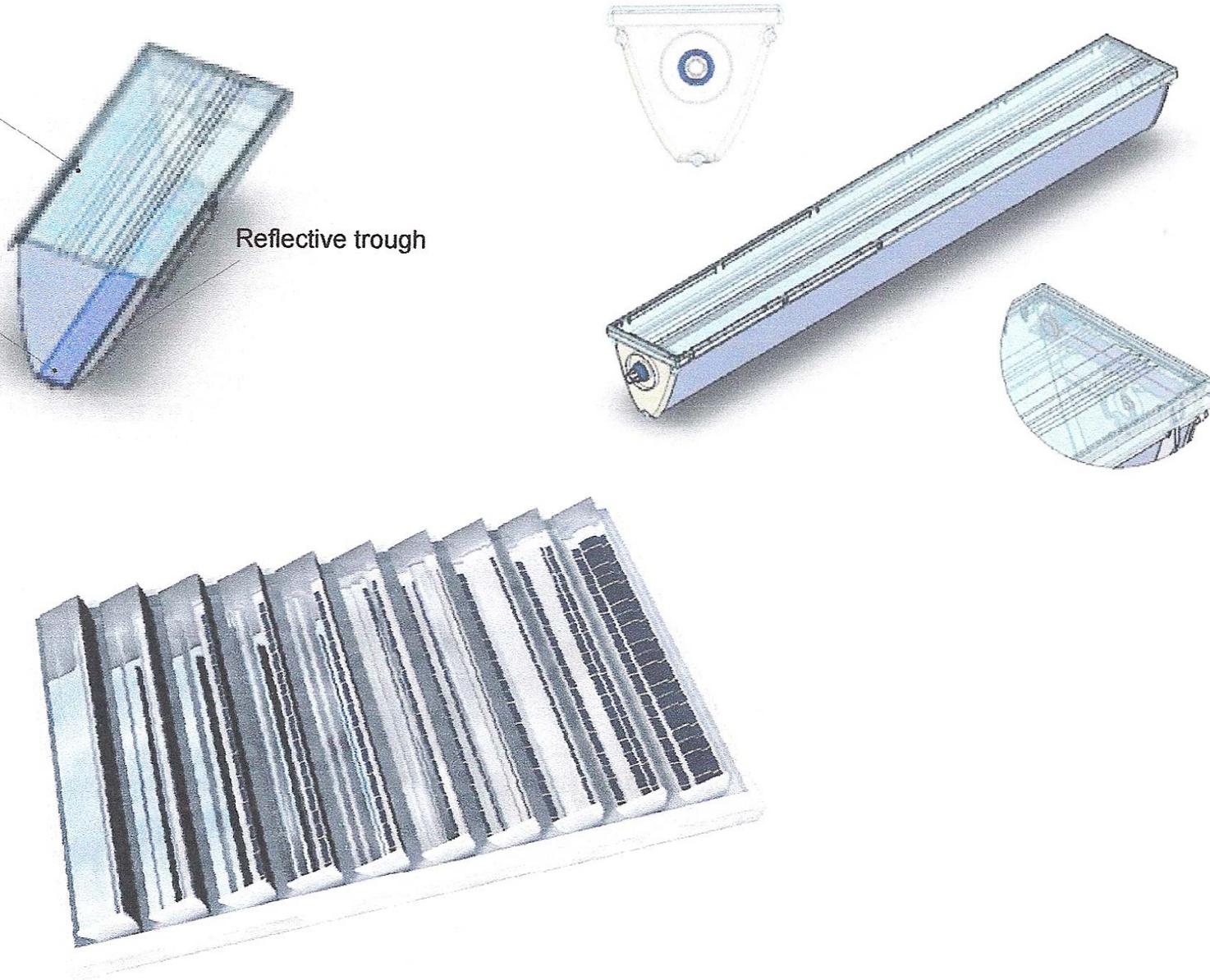




Hybrid lens optic
with linear Fresnel

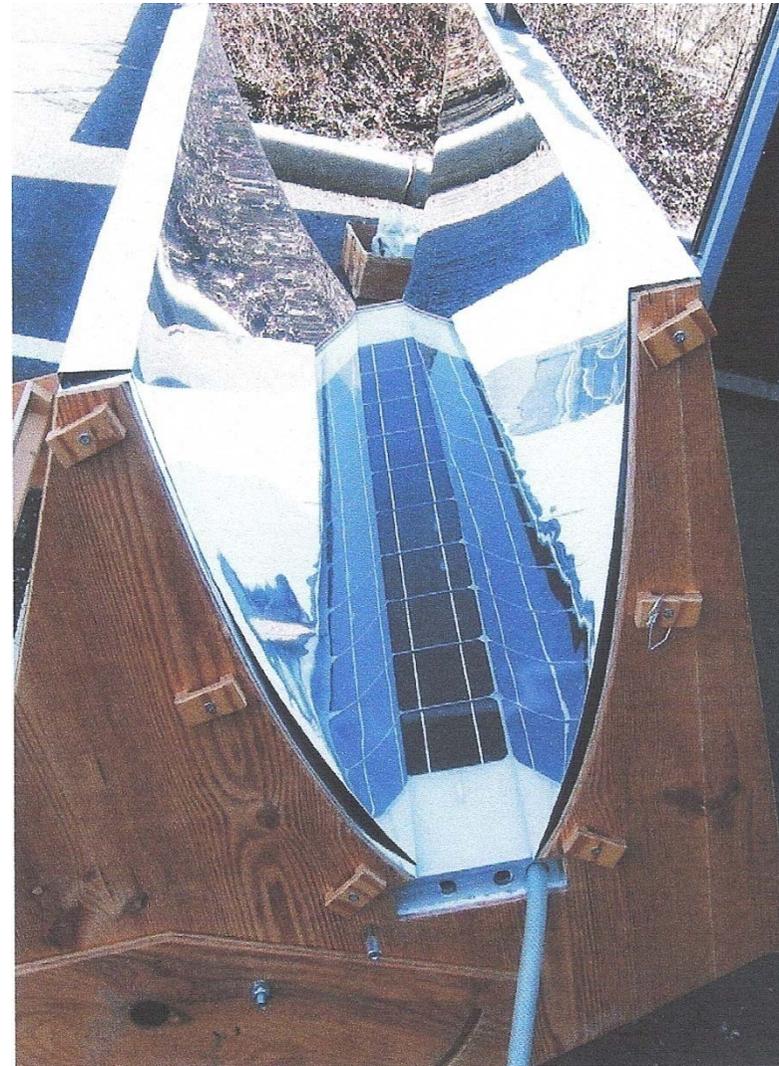
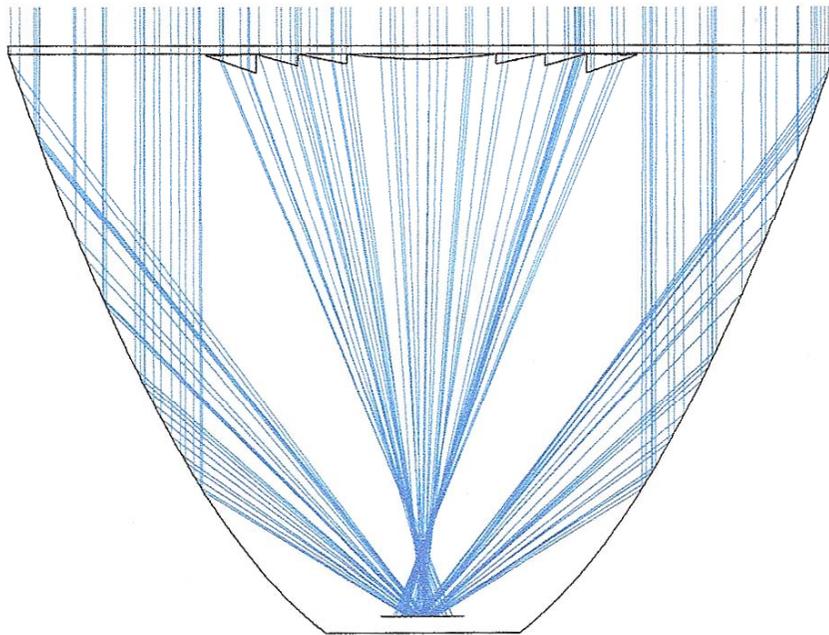
Receiver assembly

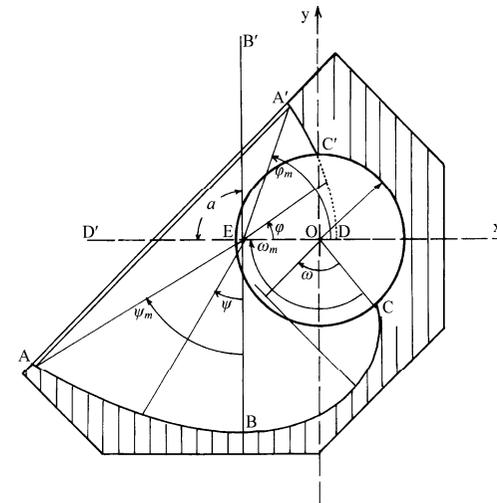
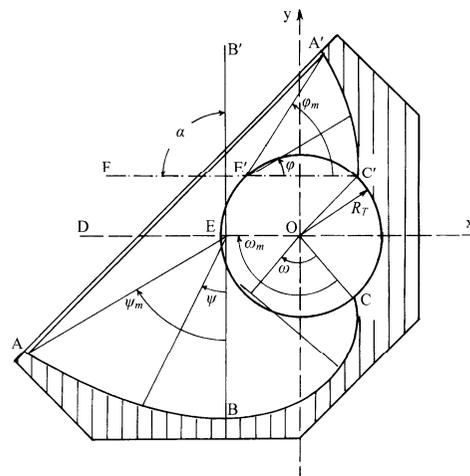
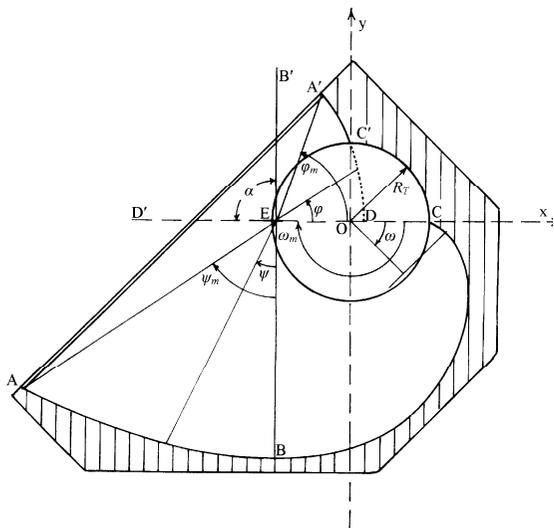
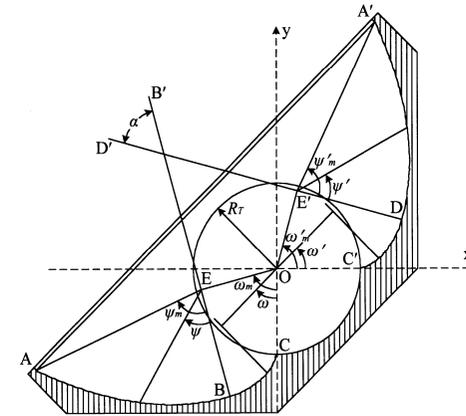
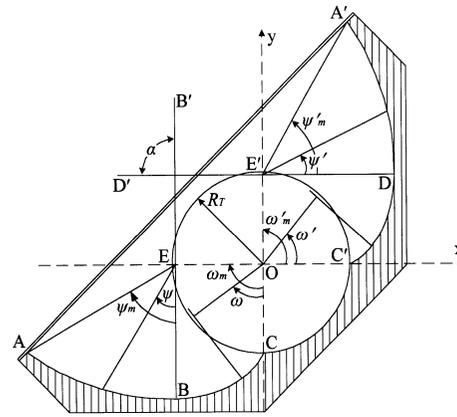
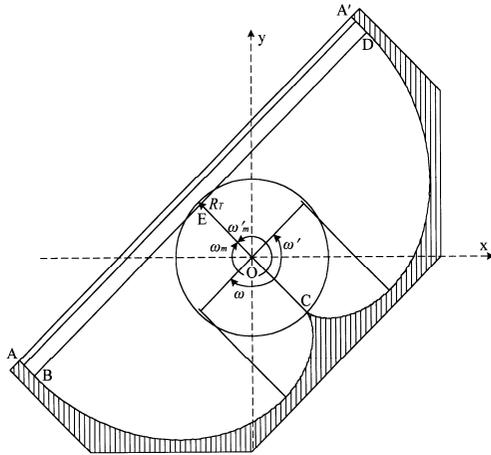
Reflective trough

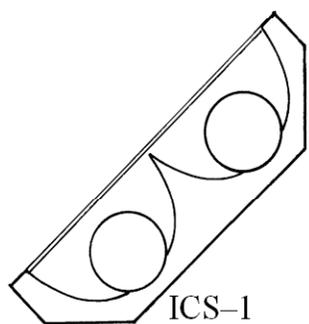




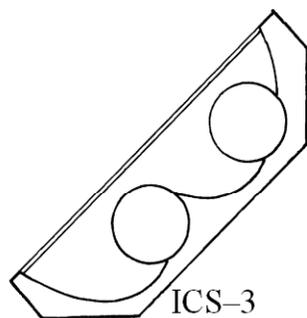
Reflectores



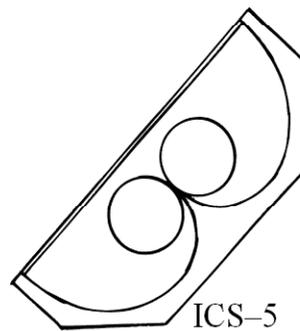




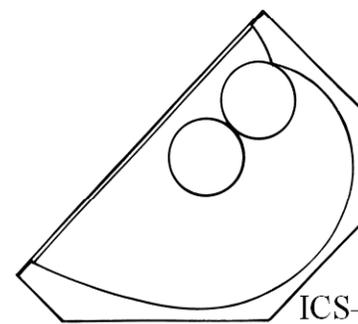
ICS-1



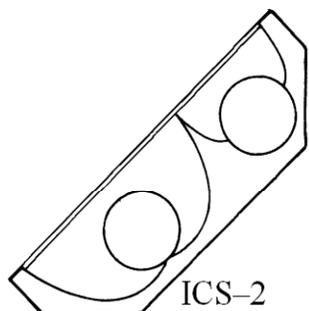
ICS-3



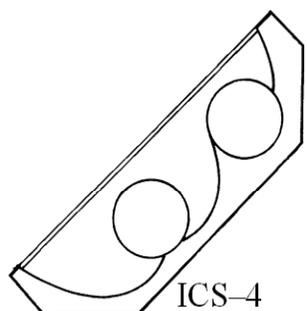
ICS-5



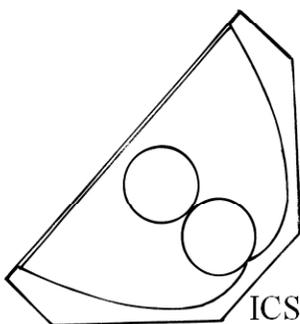
ICS-7



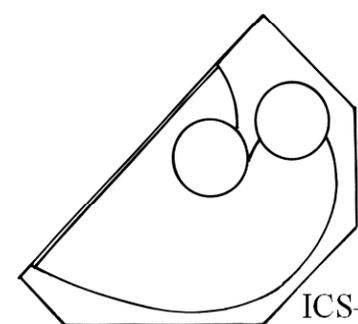
ICS-2



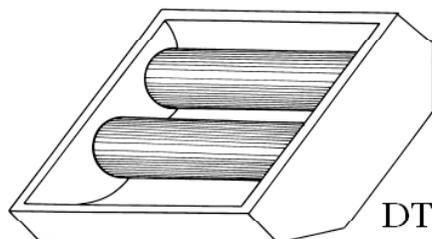
ICS-4



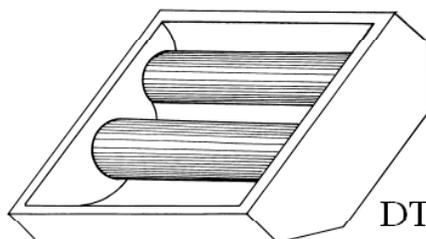
ICS-6



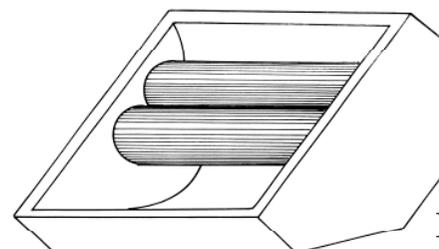
ICS-8



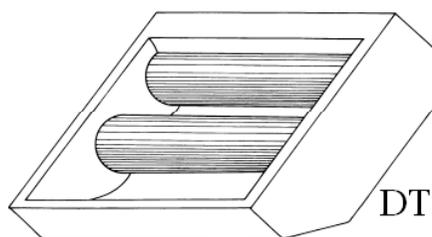
DTS-A1



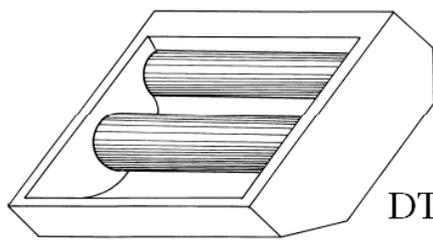
DTS-B1



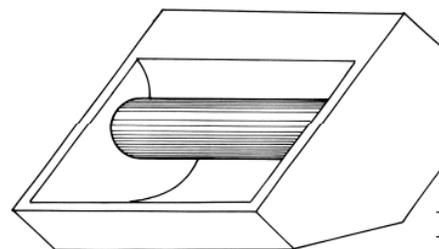
DTS-C1



DTS-A2

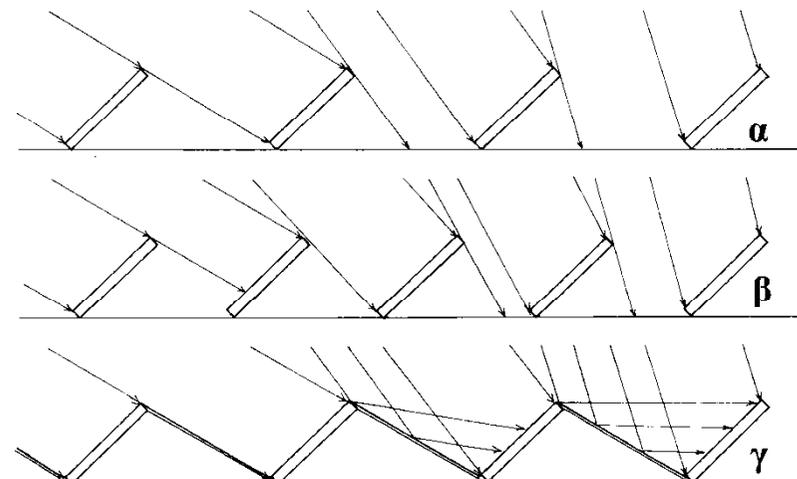


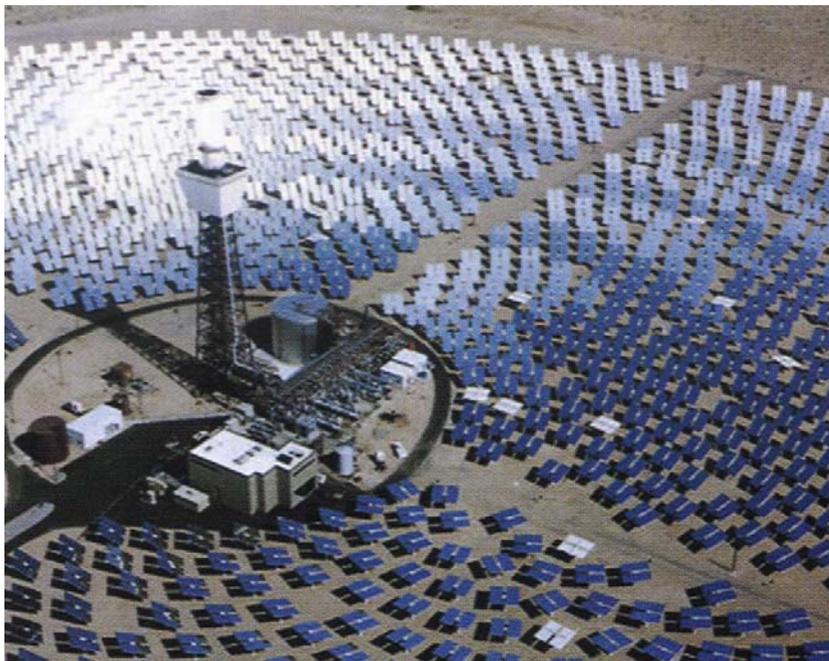
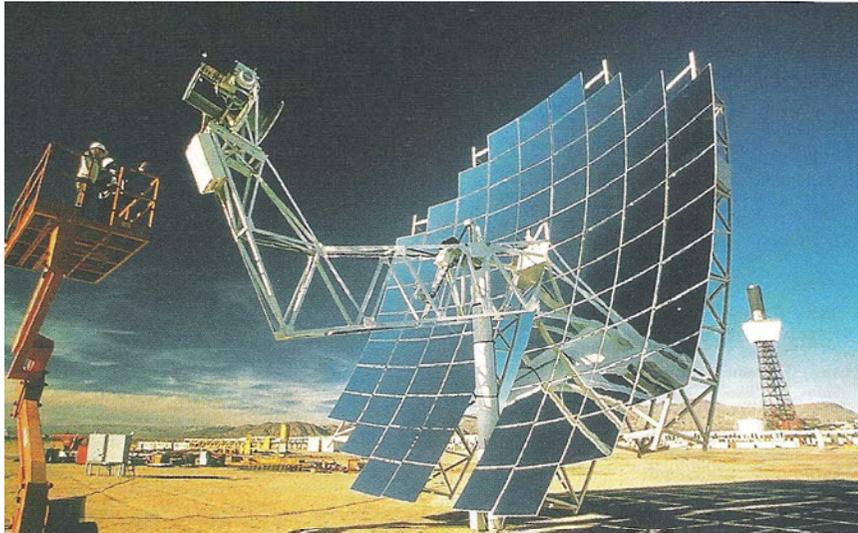
DTS-B2



DTS-C2









Fundamentos

Almacenamiento de la energía. Materiales de cambio de fase





Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Térmicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**

Como energía cinética de movimiento lineal o rotacional, o energía cinética como:

1. La energía potencial en un objeto elevado
2. La compresión o estiramiento de un material elástico
3. La compresión de un gas

Tipos de almacenamiento mecánico:

- Hidroalmacenamiento
- Aire comprimido
- Rotores



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

HIDROALMACENAMIENTO

Es el método más simple de almacenamiento de energía. Durante la noche, cuando la demanda es baja, el agua puede ser bombeada hacia arriba y luego, durante el día a gran demanda, es dejada caer para crear más energía. La eficiencia de una planta de almacenamiento de energía por bombeo de agua es cerca del 50%. Al bombar agua hacia arriba se pierde el 30% de la energía. Al fluir el agua hacia abajo se pierde 30% de la energía. Estados Unidos tiene actualmente 59.000 MW de capacidad hidroeléctrica y 10.000 MW de capacidad de almacenamiento por bombeo.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

AIRE COMPRIMIDO

Durante las horas de baja demanda el aire es comprimido y conservado en grandes cavidades subterráneas. En las horas de demanda es liberado para hacer funcionar turbinas generadoras.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

ROTORES

Una rueda de masa relativamente grande puede almacenar energía cinética.

Los rotores pueden ser usados para almacenamiento de energía en transporte, particularmente en vehículos de carretera:

- Los rotores tienen una ventaja significativa en vehículos que tienen frecuente acelerado-frenado como en el tráfico urbano.
- La idea básica es que cuando desacelera la energía mecánica es almacenada instalando rotores con piñones en lugar de gastar la energía en fricción.
- Se han alcanzado economías de energía del orden del 50%
- El uso más importante es el freno regenerativo, por ejemplo en los trenes de metro.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

La energía puede ser almacenada químicamente:

- En sistemas que se componen de uno o varios compuestos que liberan o absorben energía cuando reaccionan con otros compuestos.
- El método más conocido es la batería, por reacciones electroquímicas
- Muchas reacciones químicas son endotérmicas y suceden absorbiendo energía, luego cuando el sistema es liberado la reacción se invierte. La energía es almacenada utilizando el calor de las reacciones químicas.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

La energía puede ser almacenada biológicamente:

- En procesos biológicos. Son considerados métodos importantes de almacenamiento de energía por largos períodos de tiempo. Por ejemplo, el almacenamiento natural de la energía por las plantas para luego ser utilizadas en biomasas para la producción de biodiesel.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

La energía puede ser almacenada en campo magnético:

- Grandes imanes superconductores son capaces de almacenar 1.000 – 10.000 MWh de electricidad .
- Es relativamente costoso.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

La energía puede ser almacenada en procesos térmicos:

- Elevando o bajando la temperatura de una sustancia.
- Cambiando la fase de una sustancia (por ejemplo cambiando su calor latente).
- Combinación de las dos.



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

Criterios para la evaluación de un sistema de almacenamiento térmico:

- Capacidad de almacenamiento
- Tiempo de vida
- Tamaño
- Costo
- Eficiencia
- Seguridad
- Instalación
- Estándares del medio ambiente.



Almacenamiento de la energía.

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR COMO CALOR LATENTE.

Todo material al cambiar de fase (sólido a líquido, líquido a sólido, líquido a gas, etc.) absorbe o emite energía (calor) que luego se libera o se absorbe en el proceso contrario. Con este proceso se puede almacenar energía para luego ser utilizada.

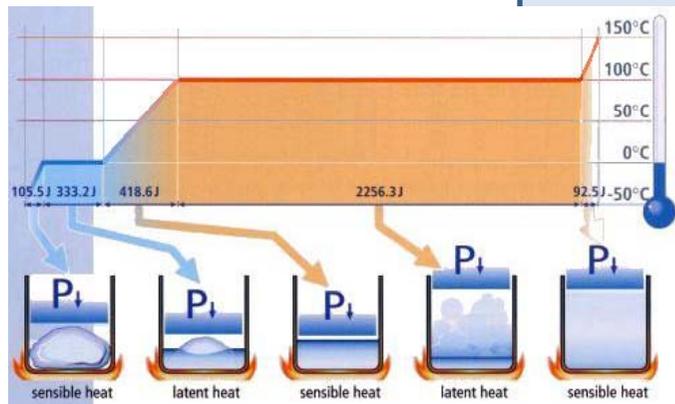
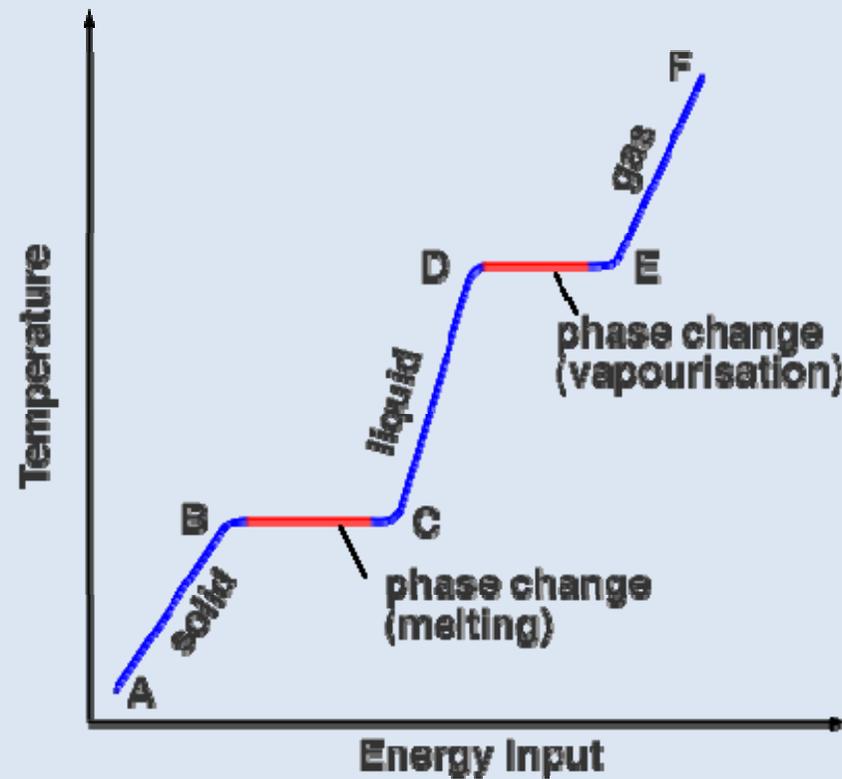




Almacenamiento de la energía.

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR COMO CALOR LATENTE.





Almacenamiento de la energía.

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR COMO CALOR LATENTE.

Requerimientos para escoger el material:

Físicos:

- Temperatura de cambio de fase aceptable
- Grandes capacidad calorífica C_p y diferencia de entalpía ΔH
- Conductividad térmica alta
- Cambio de fase reproducible
- Pequeño subenfriamiento



Almacenamiento de la energía.

- Mecánicas
- Químicas
- Biológicas
- Magnéticas
- Térmicas

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR COMO CALOR LATENTE.

Requerimientos para escoger el material:

Económicos:

- Bajo precio
- No tóxico
- reciclable



Almacenamiento de la energía.

Una gran variedad de técnicas de almacenamiento de la energía existen actualmente. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Mecánicas**
- **Químicas**
- **Biológicas**
- **Magnéticas**
- **Térmicas**

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR COMO CALOR LATENTE.

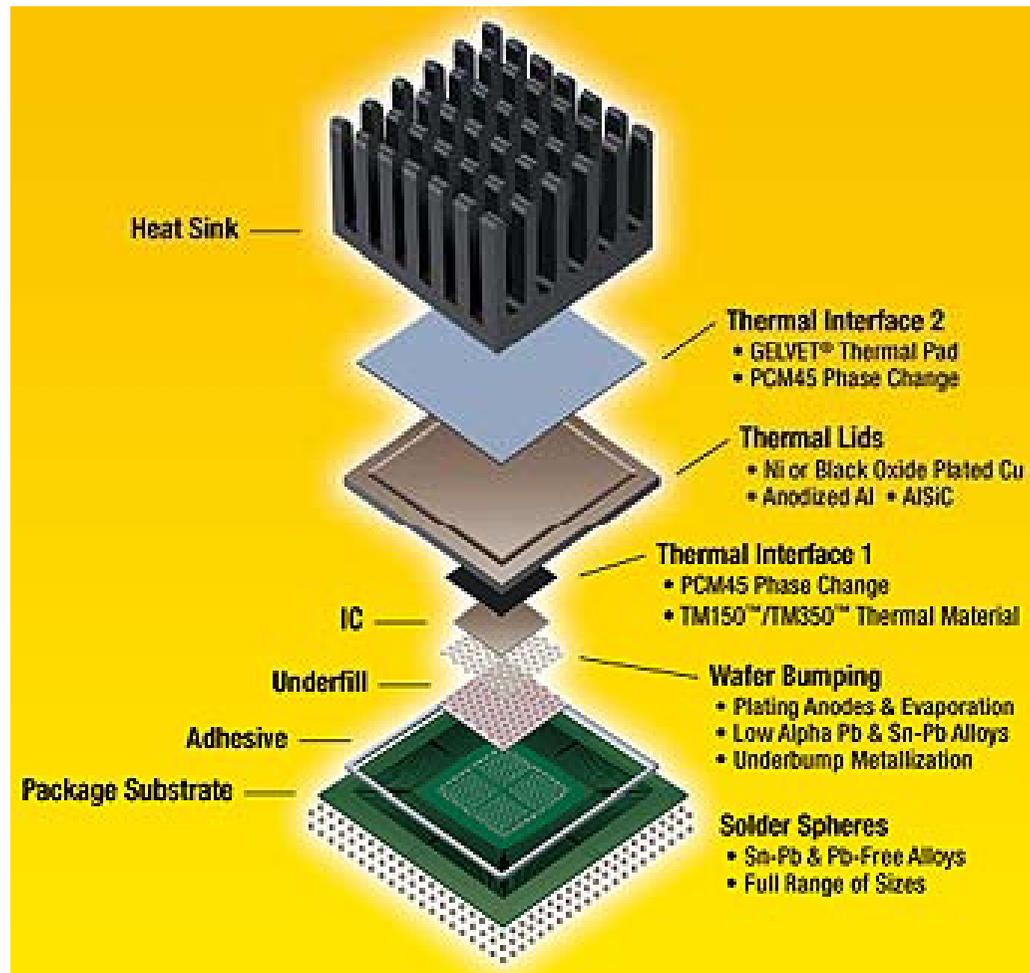
Requerimientos para escoger el material:

Técnicos:

- Baja presión de vapor
- Pequeño volumen de cambio
- Estabilidad química y física
- Compatibilidad con otros materiales



Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Materiales de cambio de fase





Conclusiones

- La energía solar surge como una necesidad de fuentes de energía alternativas a las energías existentes actualmente.
- La energía solar resulta ser la más viable para un futuro cercano debido a su inagotabilidad y que es inofensiva al medio ambiente.
- La energía fotovoltaica está en su etapa inicial de desarrollo y sólo se ha conseguido aprovechar un promedio del 10 por ciento de la energía que llega del sol.
- La energía solar térmica es más efectiva que la fotovoltaica en ciertas aplicaciones como aire acondicionado, calefacción, etc.
- El estudio sobre aprovechamiento de energía solar es una rama de la ciencia relativamente nueva y llena de perspectivas.
- Es necesario el apoyo por parte de los gobiernos para el desarrollo en un país de la energía solar.
- Existen muchas áreas de aplicación, investigación y producción de energía solar, como son la fotovoltaica, térmica, eólica, almacenamiento, materiales de cambio de fase, etc.
- El grupo de investigación INTEGRAR de la Universidad de Pamplona tiene su línea de investigación en energía solar y da la bienvenida a todo estudiante y docente universitario interesado en desarrollar y/o implementar nuevos métodos para el aprovechamiento de la energía solar.



Muchas gracias!