

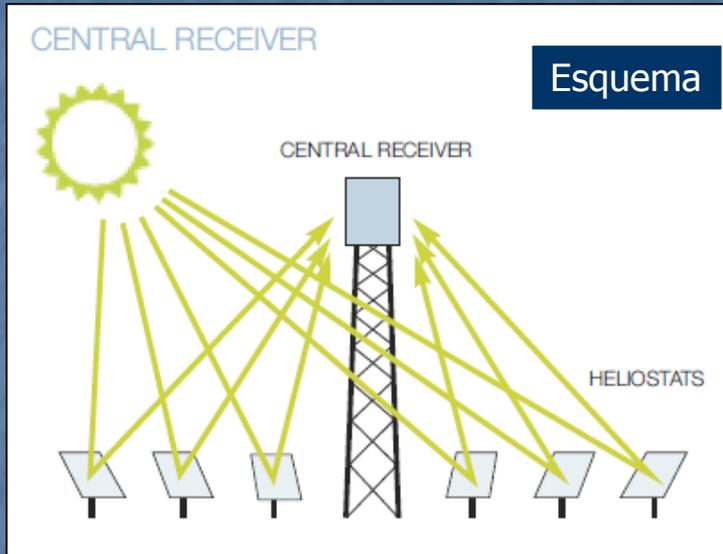
# Sistema Solar Térmico de Alta Temperatura

## ***Sistemas de Concentración Solar***

***Basados en espejos móviles con geometría para reflejar y concentrar radiación solar sobre un sistema receptor, para aumentar la temp. de un fluido de trabajo que circula.***

- **Sistema Concentrador Puntual en Torre**
- **Sistema Concentrador Lineal Cilindro-Parabólico**
- **Sistema Concentrador Puntual Disco Parabólico**
- **Sistema Concentrador Lineal Fresnel**

# Sistema Concentrador en Torre – Receptor Central



Consiste de una torre (70-150 m) y un campo de heliostatos (cientos de espejos móviles de unos 10x10 m cada uno) controlados automáticamente, para concentrar la radiación solar (200-1000 veces) en un receptor que se encuentra en la parte alta de la misma (500-900 °C). Las potencias unitarias son de 10-200 MWe.

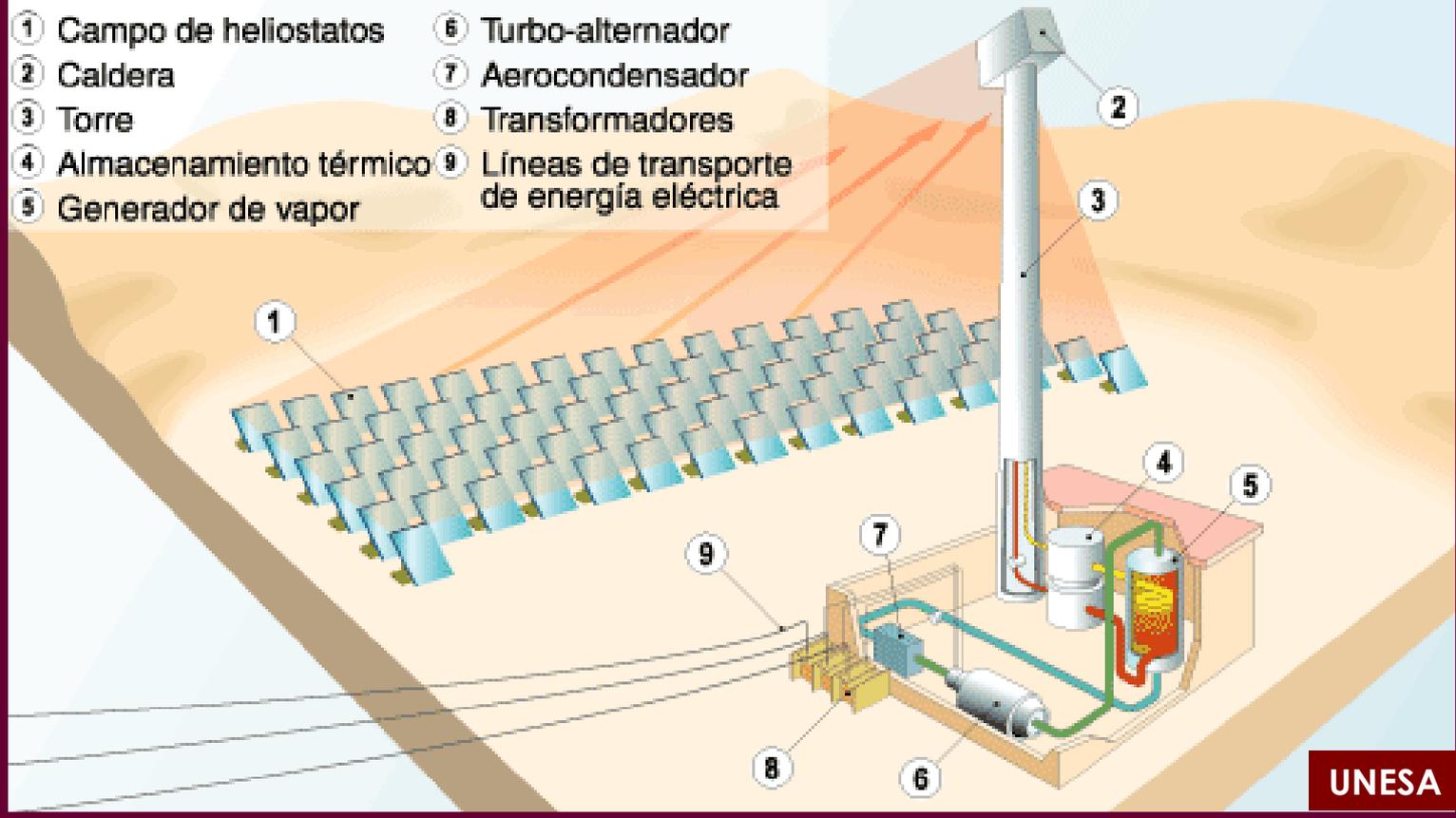
Por el receptor circula un fluido (aire, sales fundidas) que es calentado para producir en un intercambiador de calor vapor de agua, y así hacer funcionar una turbina acoplada a un G eléctrico. El fluido puede ser directamente agua (PS10).

Para asegurar potencia firme, el sistema puede contar con tanques de almacenamiento del fluido y/o hibridización con gas o biomasa.

Costo estimado 5000-6000 [U\$\$/kW instalado], 20-25[cU\$\$/kWh]

## CENTRAL SOLAR TERMICA

- ① Campo de heliostatos
- ② Caldera
- ③ Torre
- ④ Almacenamiento térmico
- ⑤ Generador de vapor
- ⑥ Turbo-alternador
- ⑦ Aerocondensador
- ⑧ Transformadores
- ⑨ Líneas de transporte de energía eléctrica

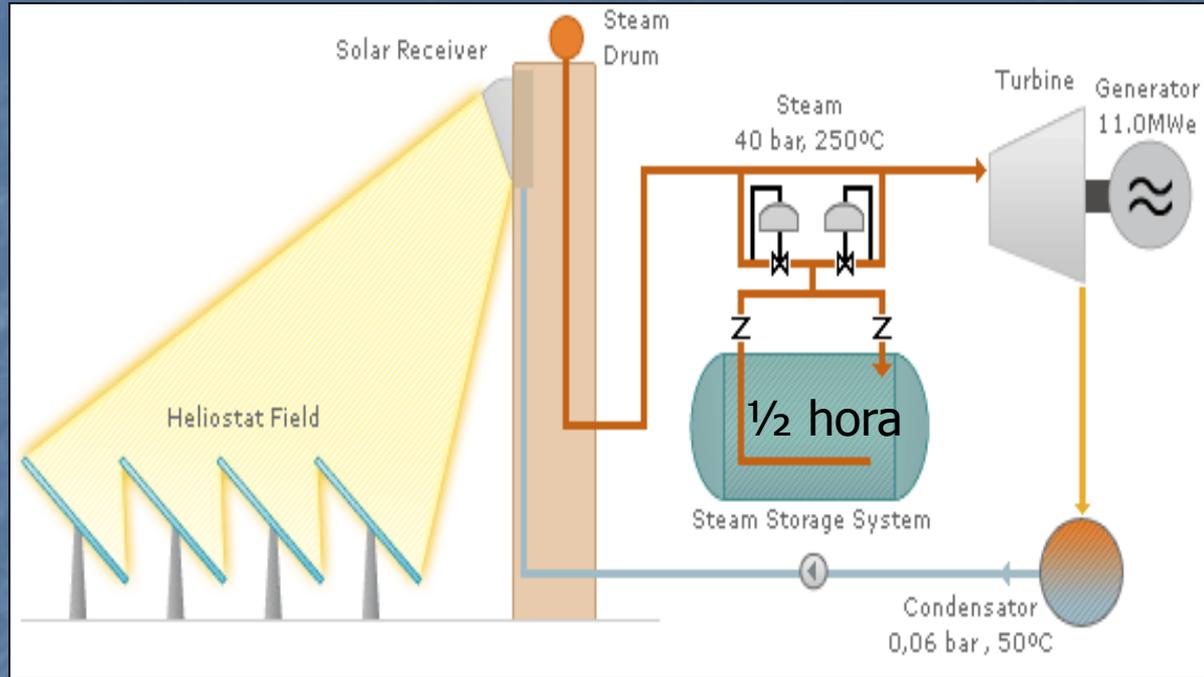
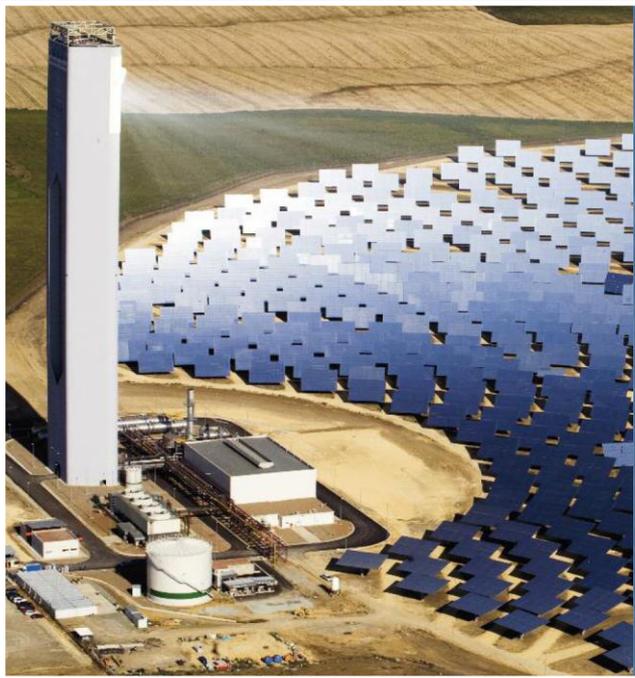


$\eta = \eta \text{ óptico} \times \eta \text{ receptor} \times \eta \text{ ciclo termodin} \approx 0,7 \times 0,85 \times 0,26 \rightarrow 15 \%$

Costo estimado 3000-3500 [U\$S/kW instalado], 20-25[cU\$S/kWh]

Sistemas que generan MW  $\rightarrow$  ocupan áreas del orden de los km<sup>2</sup>.

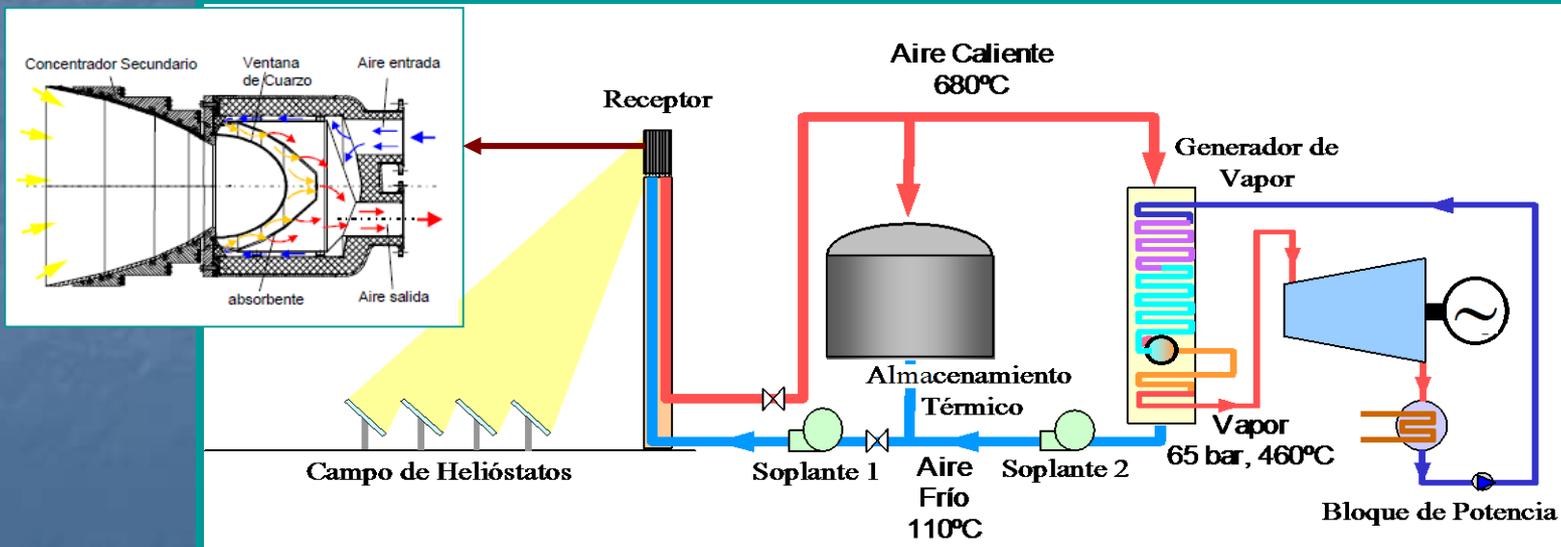
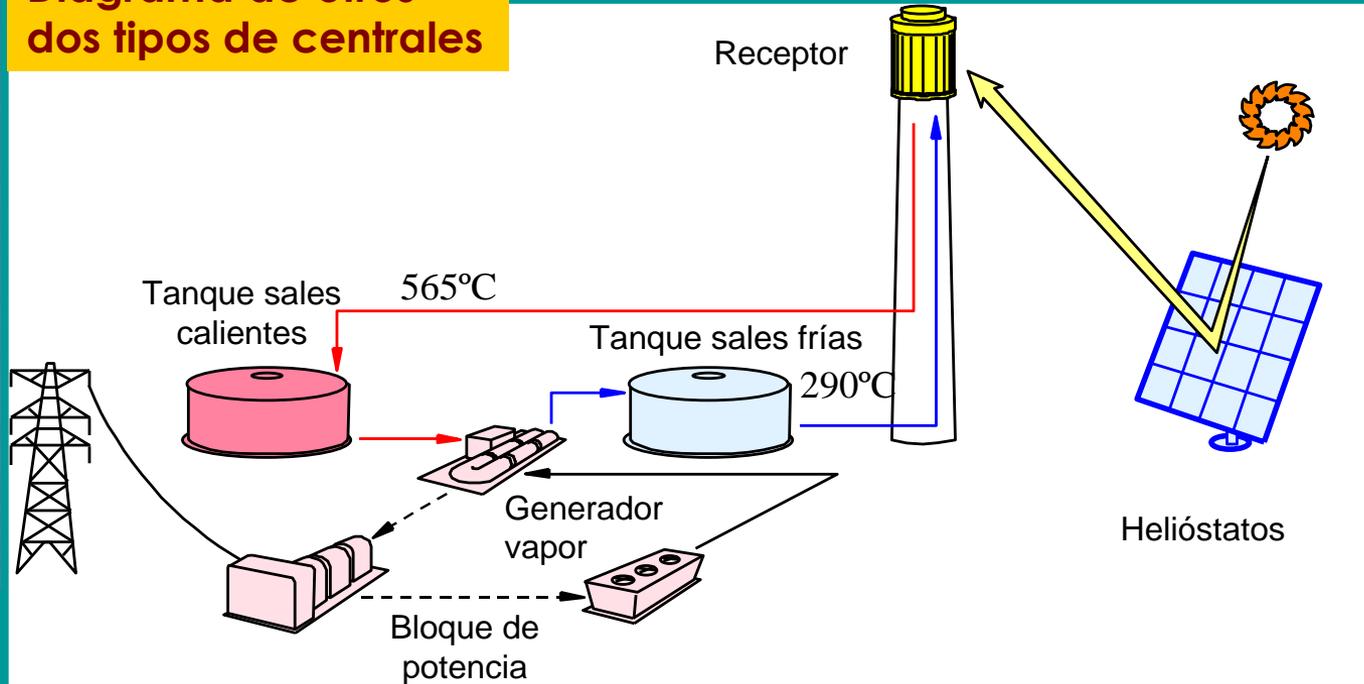
## Planta PS10 de Abengoa, Sanlúcar la Mayor (Sevilla)



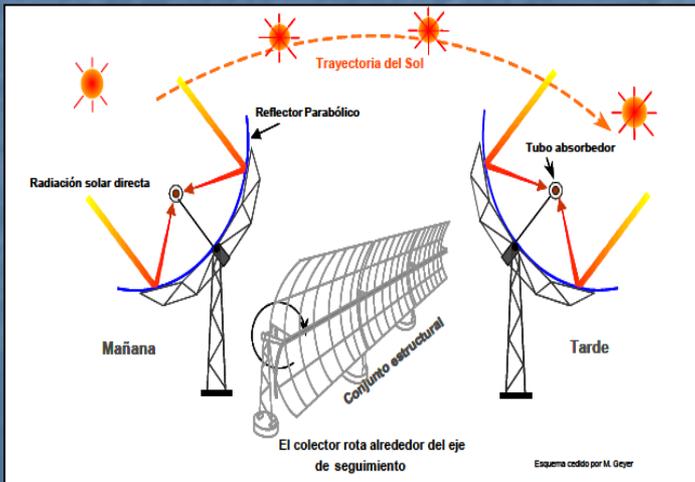
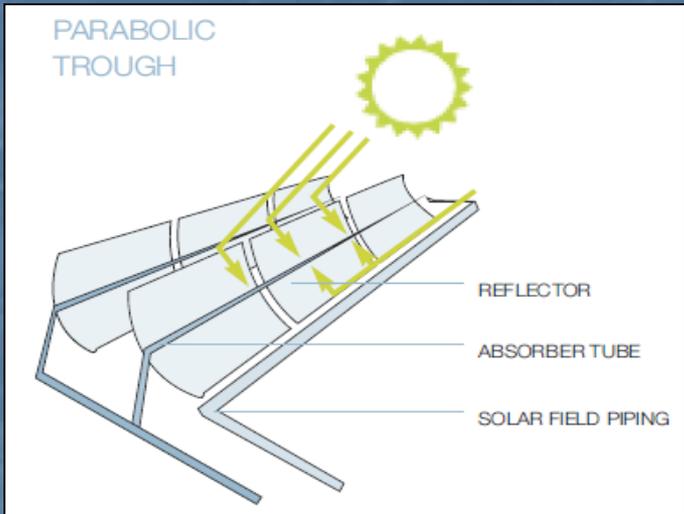
**La potencia eléctrica es de 11 MWe. Posee 624 helióstatos de 120 m<sup>2</sup> c/u. Cada uno es independiente y sigue al sol sobre dos ejes, concentrando luz en el receptor que está arriba de la torre a 115 m de altura**

[www.abengoa.com](http://www.abengoa.com)

## Diagrama de otros dos tipos de centrales



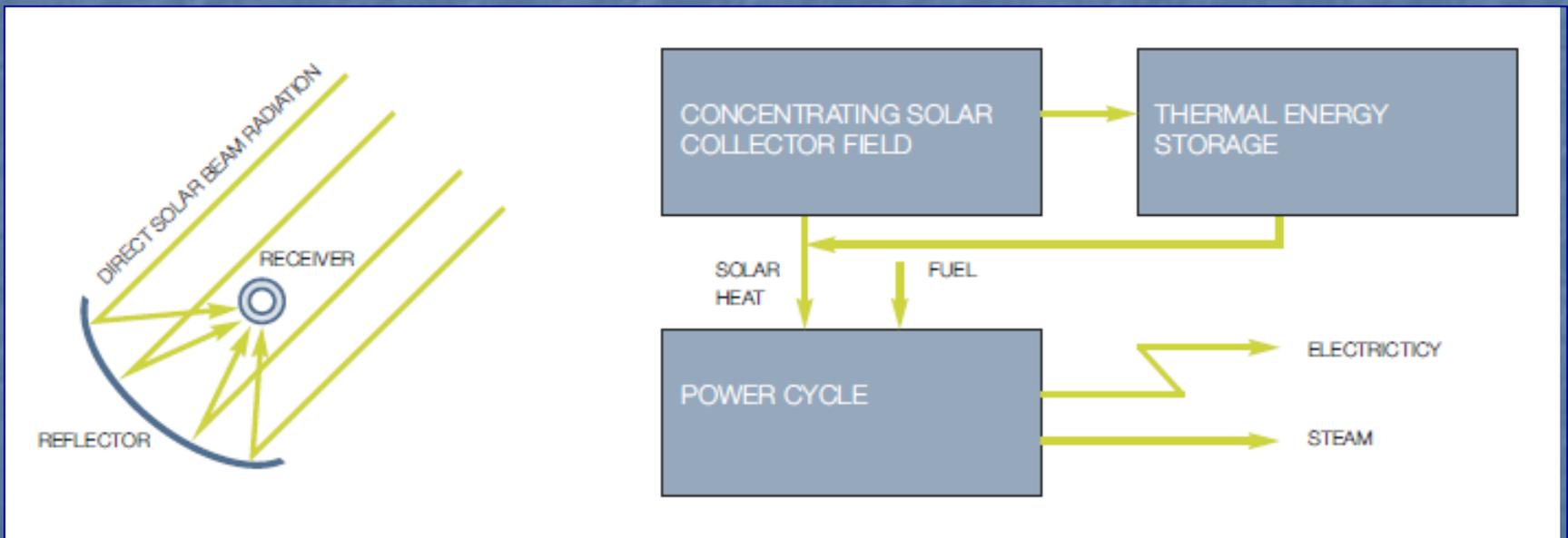
# Sistema Concentrador Cilindro-Parabólico



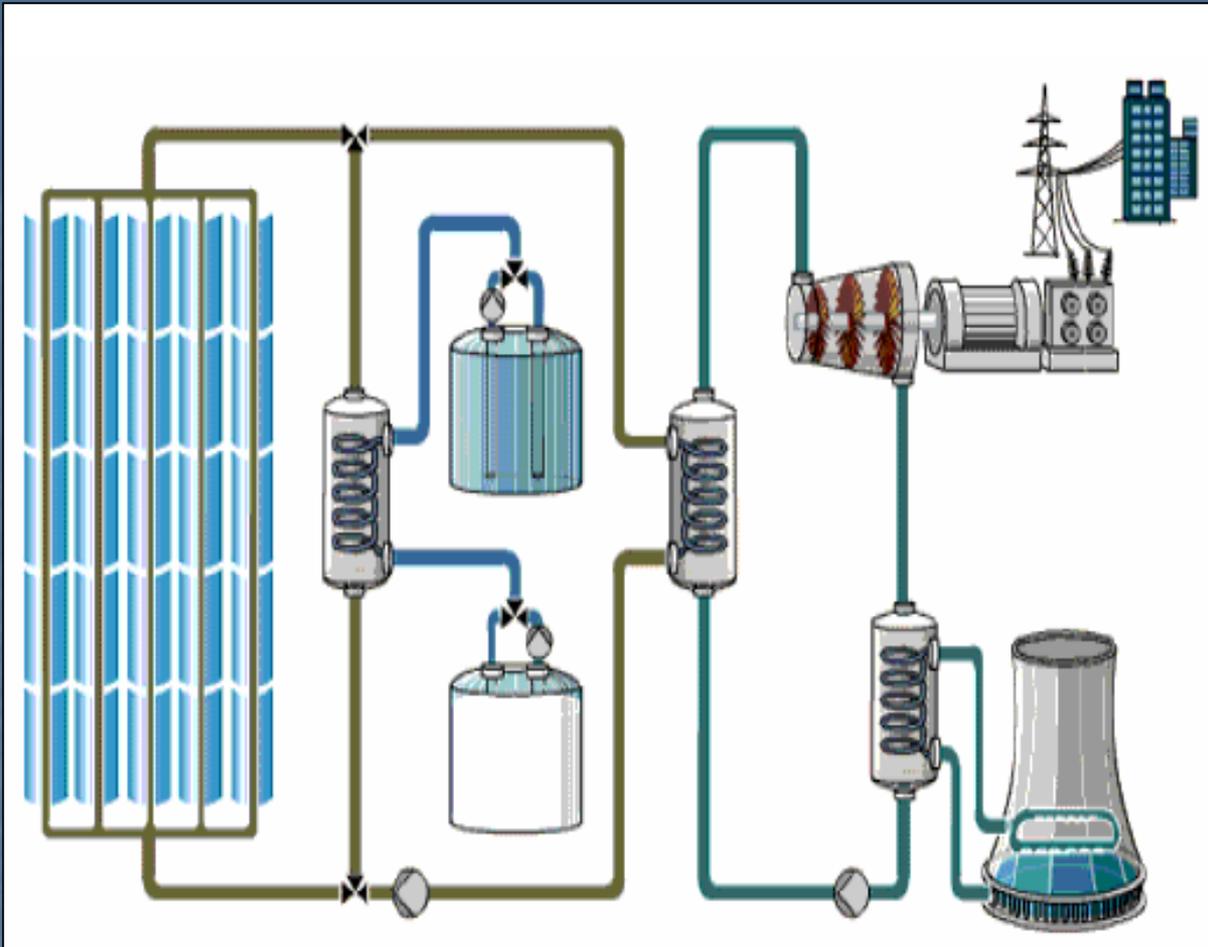
**Radiación solar concentrada 40-80 veces sobre tubos lineales situados en el foco de una parábola, por donde circula un fluido (aceite) que se calienta  $\approx$  a 400 °C. Se transfiere este calor al agua para producir vapor y/o a tanques de almacenamiento que contienen sales fundidas. La potencia obtenida puede estar entre 30 y 80 MW.0**

El costo de producción solar para la mejor tecnología es de 10 to 12 UScents/kWh en las condiciones del SO de USA. En España está en el orden de 23 eurocents/ kWh. Estos costos bajarán.

En el ciclo de vida el 80% del costo es el inicial y el 20% es la operación. Luego de 25-30 años la planta estará pagada, y su costo será solo el de operación 3 UScen/KWh



## Central ANDASOL de 50 MW - Guadix –España



**P = 50 MWe**  
**E = 172 GWh/año**

**E solar = 2100 kWh/m<sup>2</sup>-a**

**A campo = 1500x1300 mt**  
**A espejos = 510000 m<sup>2</sup>**

**Fluido de Transferencia :**  
**Aceite Sintético**

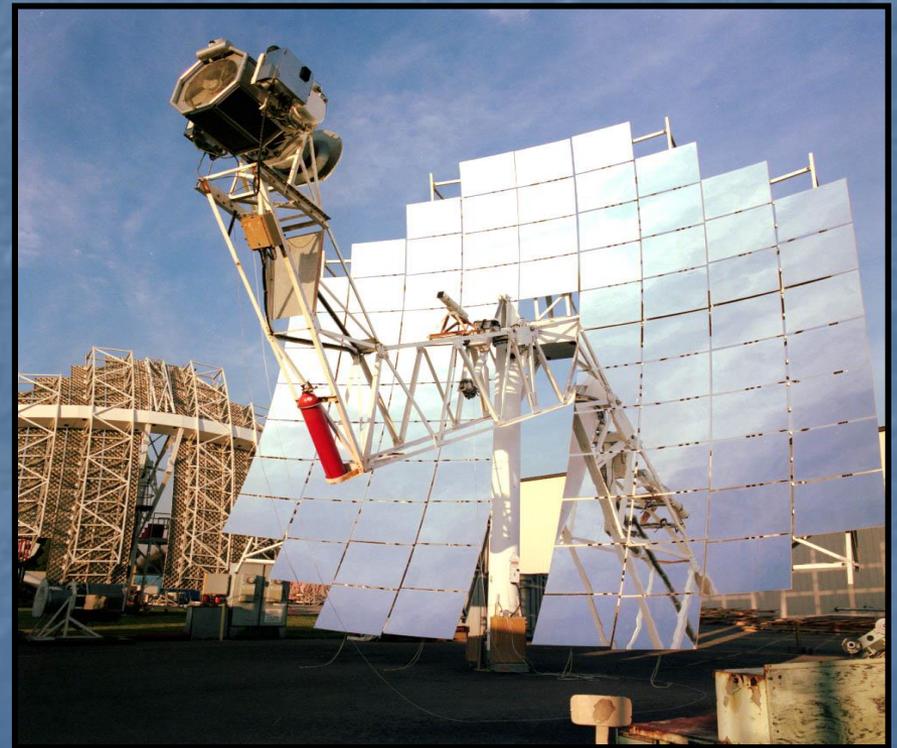
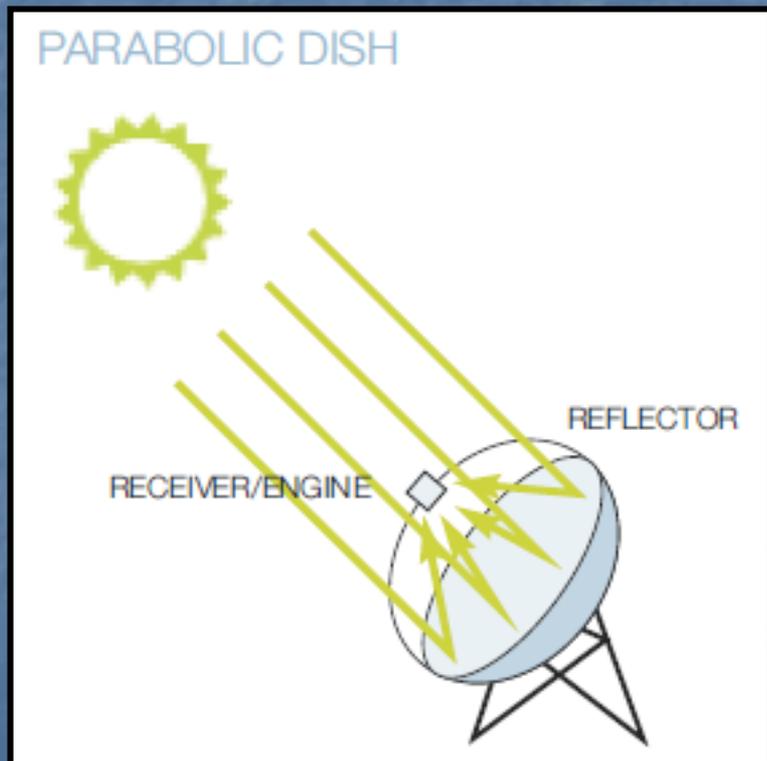
**Almacenaje :**  
**Sales Fundidas (7,5 h)**

**Costo = 300 10 E6 euros**

<http://www.power-technology.com/projects/andasolsolarpower/>

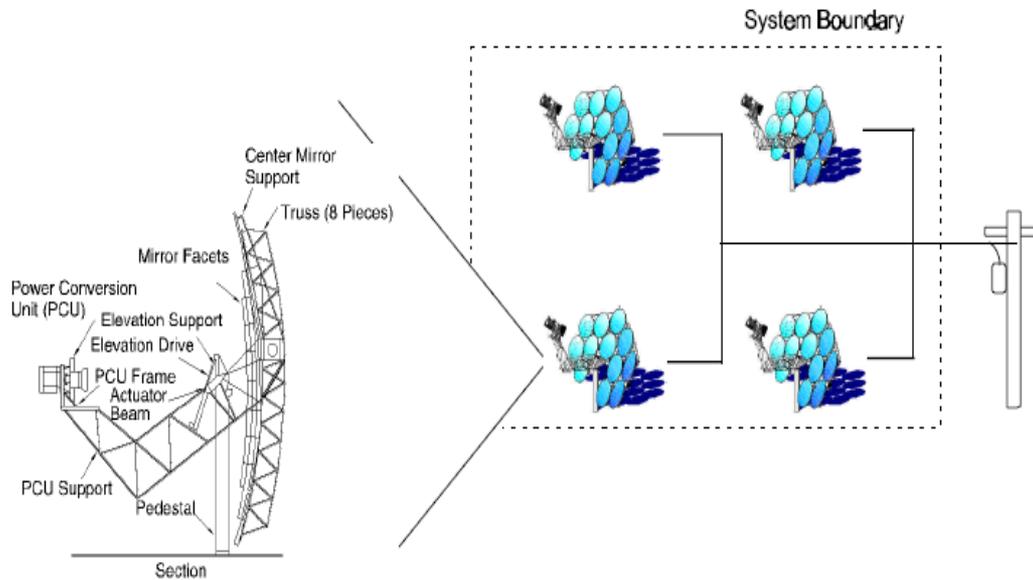
# Sistema Concentrador por Discos Parabólicos

Estos sistemas modulares, concentran la energía solar (1000-4000 veces) en su punto focal alcanzando temperaturas del orden de 700-1000°C, generando vapor para una TV convencional o un motor Stirling. Las Potencias de operación son de 5-25 kW (discos de 10 m de diámetro).



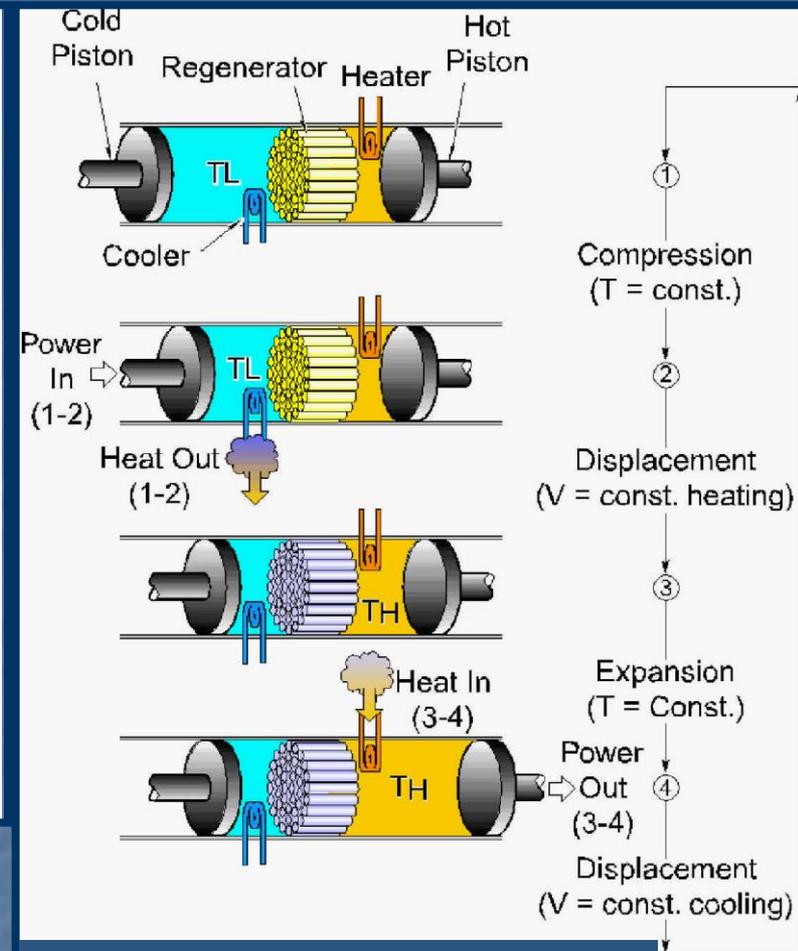


Sunlight:  
2.7 MWh/m<sup>2</sup>/yr



## Sistema de Discos para producción de electricidad.

El motor cuenta con dos focos, uno caliente donde se concentra la irradiación solar y otro frío con circuito de refrigeración. Su accionamiento se debe a esta  $\Delta$  temp que genera la expansión-contracción de un fluido que produce energía mecánica y mediante un alternador se transforma en electricidad.



## Principio de operación de un motor Stirling.

## Sistema Concentrador Fresnel

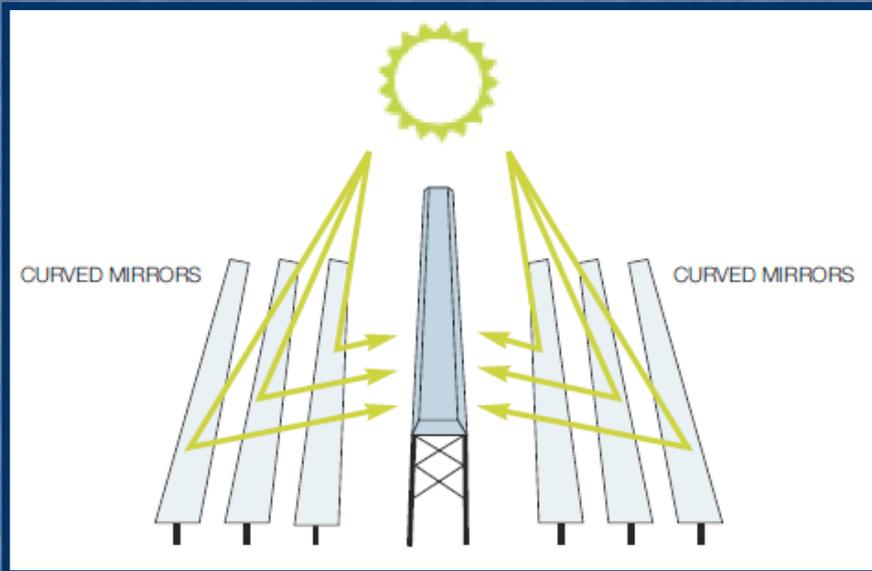
Estos sistemas reflejan la radiación solar en espejos planos o levemente curvados y la concentran en un receptor lineal situado a una altura del orden de los metros. Por allí circula agua que es calentada y evaporada. Presenta bajos costos y generan en el orden de los MW.



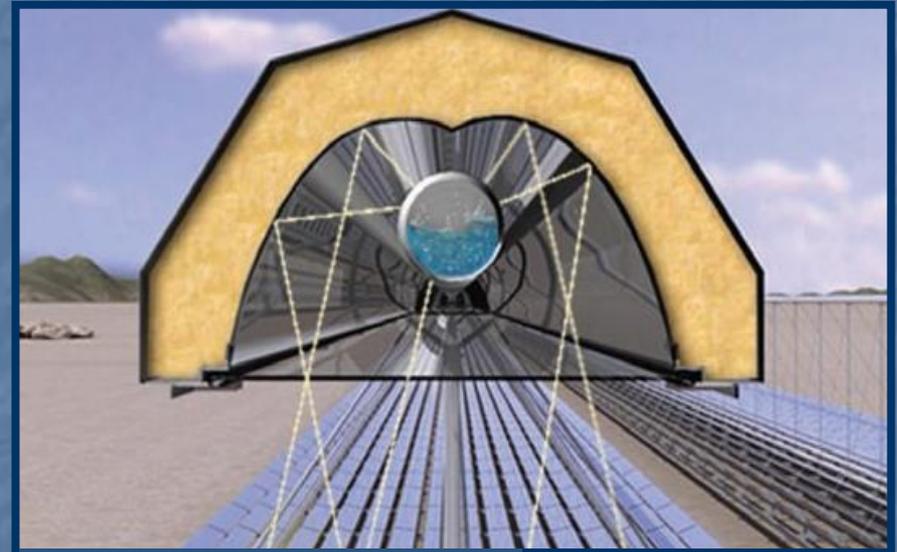
Vista de los espejos  
y Tubo absorbedor



Reflexión de rayos  
en los espejos



**Reflexiones de los rayos  
en el Sistema Fresnel**



**Reconcentrador y  
Tubo absorbedor**

# Comparación entre Sistemas de Concentración Solar

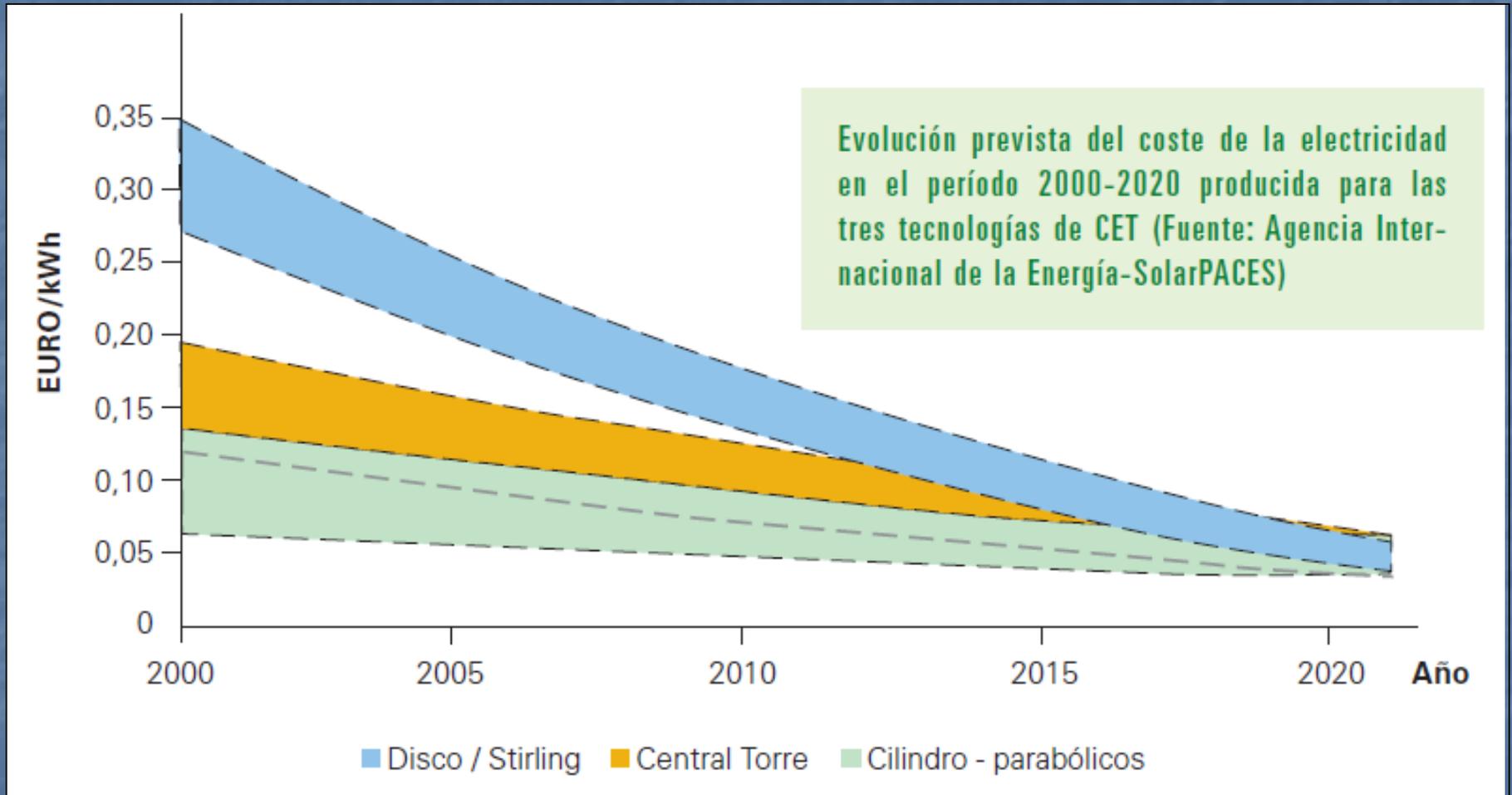
## Características más reseñables de las Centrales Eléctricas Termosolares (CET)

	Cilindro-parabólicos	Receptor Central	Discos Parabólicos
Potencia Eléctrica	30-80 MW*	10-200 MW*	5-25 kW
Temperatura operación	390 °C	565 °C	750 °C
Factor de capacidad anual	23-50 %*	20-77 %*	25 %
Eficiencia pico	20 %	23 %	29,4 %
Eficiencia Neta Anual	11-16 %*	7-20 %*	12-25 %
Estado comercial	Disponible comercialmente	Demostración	Prototipos-demostración
Riesgo Tecnológico	Bajo	Medio	Alto
Almacenamiento disponible	Limitado	Sí	Baterías
Diseños híbridos	Sí	Sí	Sí
Coste W instalado			
Euro/W	3,49-2,34*	3,83-2,16*	11,00-1,14*
Euro/Wp**	3,49-1,13*	2,09-0,78*	11,00-0,96*

\* El rango indicado se refiere al periodo de 1997 al año 2030.

\*\* Euro/Wp se refiere al coste por W instalado eliminando el efecto de almacenamiento de energía, tal y como se hace en la energía solar fotovoltaica.

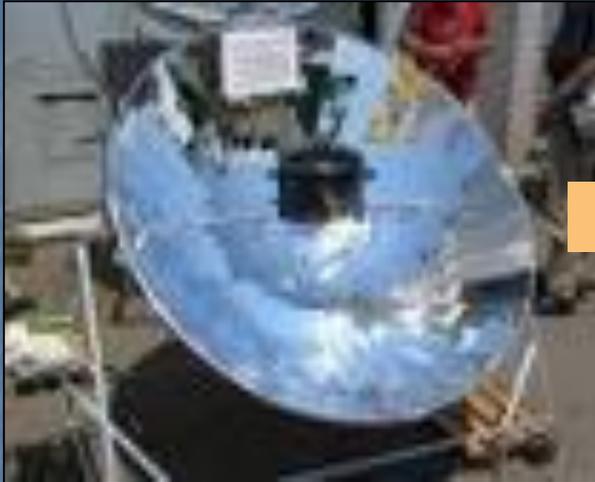
## Evolución prevista del coste de la electricidad en el período 2000-2020



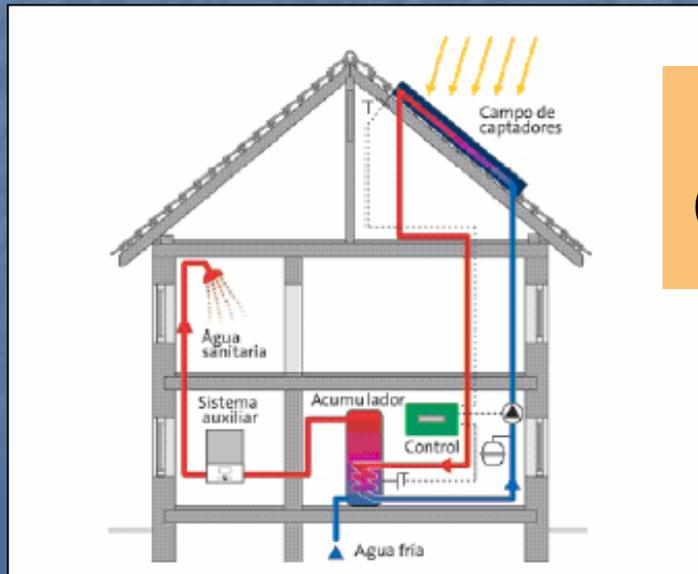
# Plataforma Solar de Almería-España



# Sistemas Solares Térmicos de Baja Potencia



Cocinas Solares



Agua Caliente Sanitaria  
(400-700 Eu/m<sup>2</sup>,  
50 lt/m<sup>2</sup>)



## BIOMASA (masa biológica)

**Es todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas que sufrieron un proceso de mineralización.**

**La Biomasa puede clasificarse atendiendo a su composición en:**

- **BM azucaradas** (sacarosa → caña de azúcar, remolacha)
- **BM amiláceas** (almidón → cereales, tubérculos)
- **BM oleaginosas** (aceites vegetales → girasol, colza, soja)
- **BM lignocelulósicas** (celulosa, hemicelulosa y lignina → madera)

**La BM puede clasificarse atendiendo a su origen en:**

- **Biomasa Natural:** se genera naturalmente en bosques y ecosistemas
- **Biomasa Antropogénica:** BM residual (forestal, forestal industrial, agrícola, agroindustrial sólido y líquido y lodos), Cultivos Energéticos (eucalipto, sauce, etc)

Como los combustibles fósiles, la biomasa es un “almacén” de energía solar. Los vegetales crecen “capturando el sol” mediante el proceso de fotosíntesis.

La fijación del carbono en plantas verdes:



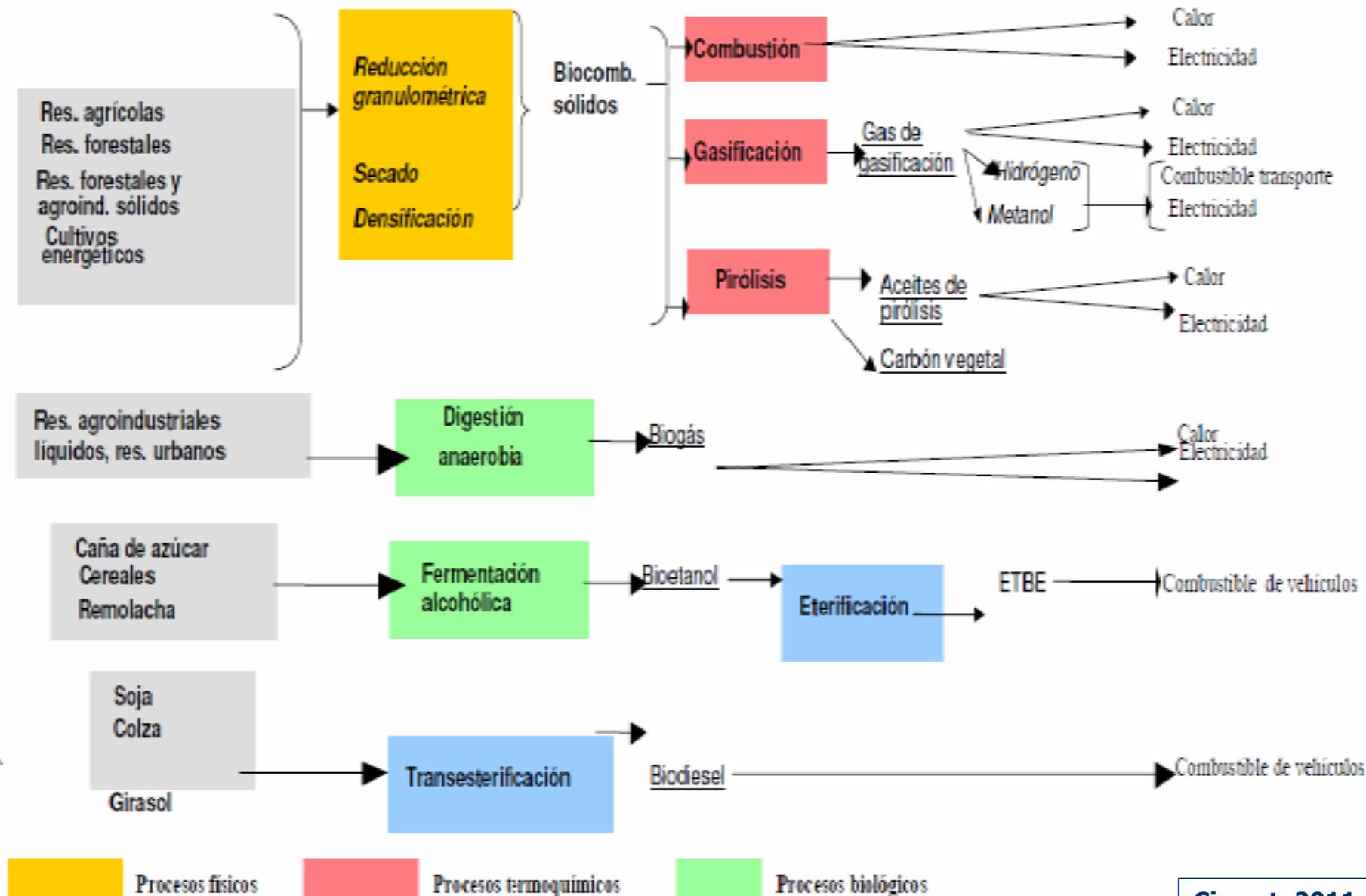
Participa de un 10%-11% del consumo mundial de E primaria (consumo de leña en los PVD). Este consumo en general está fuera de la comercialización clásica.

# Materias Primas

# Procesos y productos intermedios

# Aplicaciones

**B  
I  
O  
M  
A  
S  
A**



# Los combustibles derivados de la biomasa → BIOCOMBUSTIBLES:

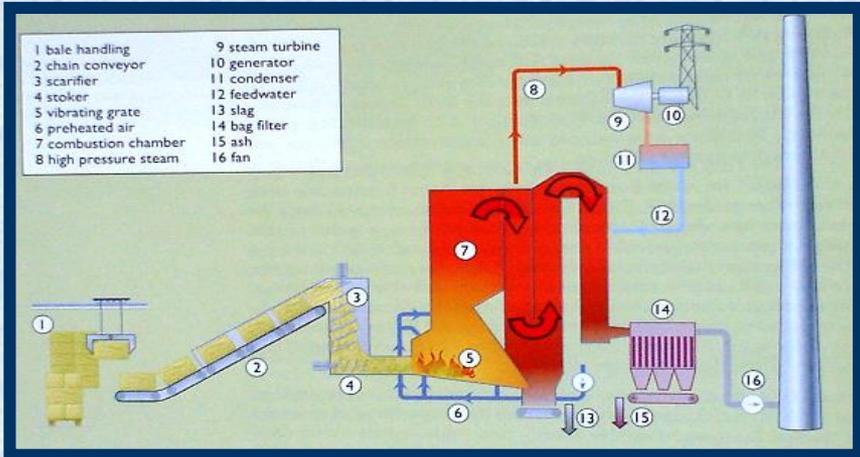
➤ Materia residual forestal y/o agrícola (madera, pellets, astillas, bagazo, cáscara de arroz, hueso de aceituna, etc. ) → **Combustión**



**Digestor anaerobio de la Granja San Ramón en Requena (Valencia).**

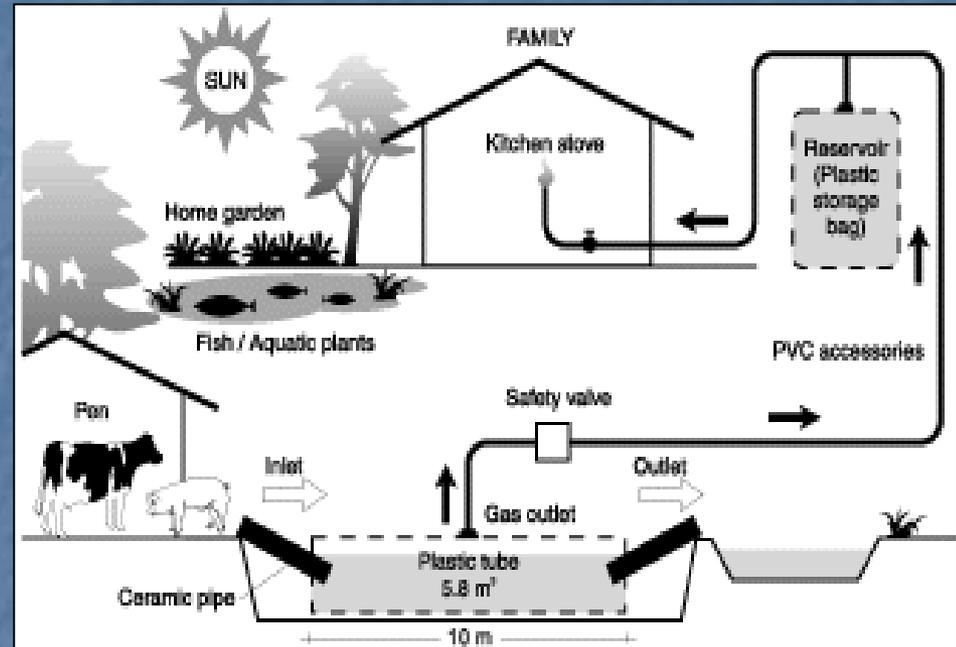
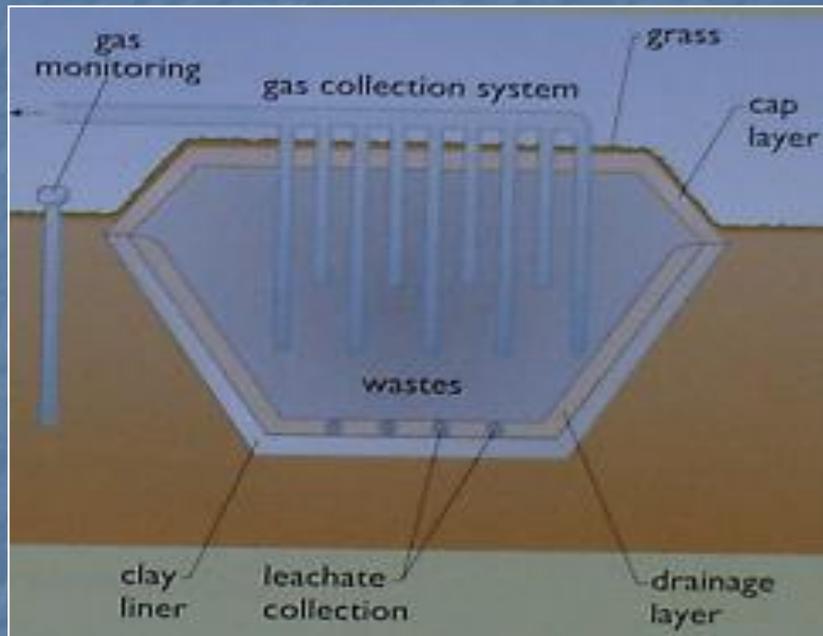


## Central Térmoelectrica usando Biomasa



**Costo: 1200-2000 [U\$S/kW instalado]**

➤ **Materia orgánica** (heces animales, residuos agrícolas, industriales, RSU) → acción de bacterias metanogénicas en ambiente anaeróbico (biodigestor) → **biogas** → generar calor y/o electricidad.

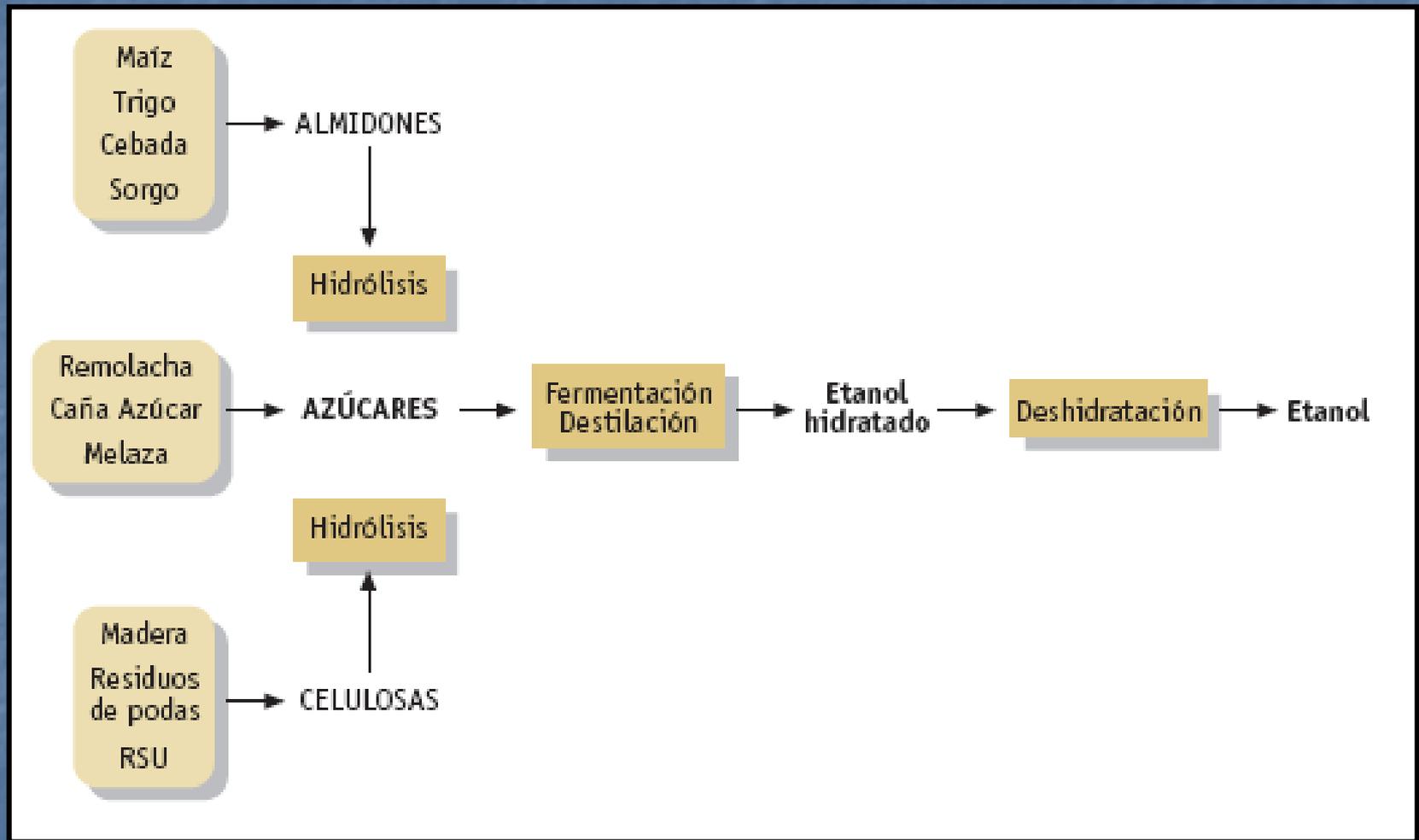


## **Biocarburantes:**

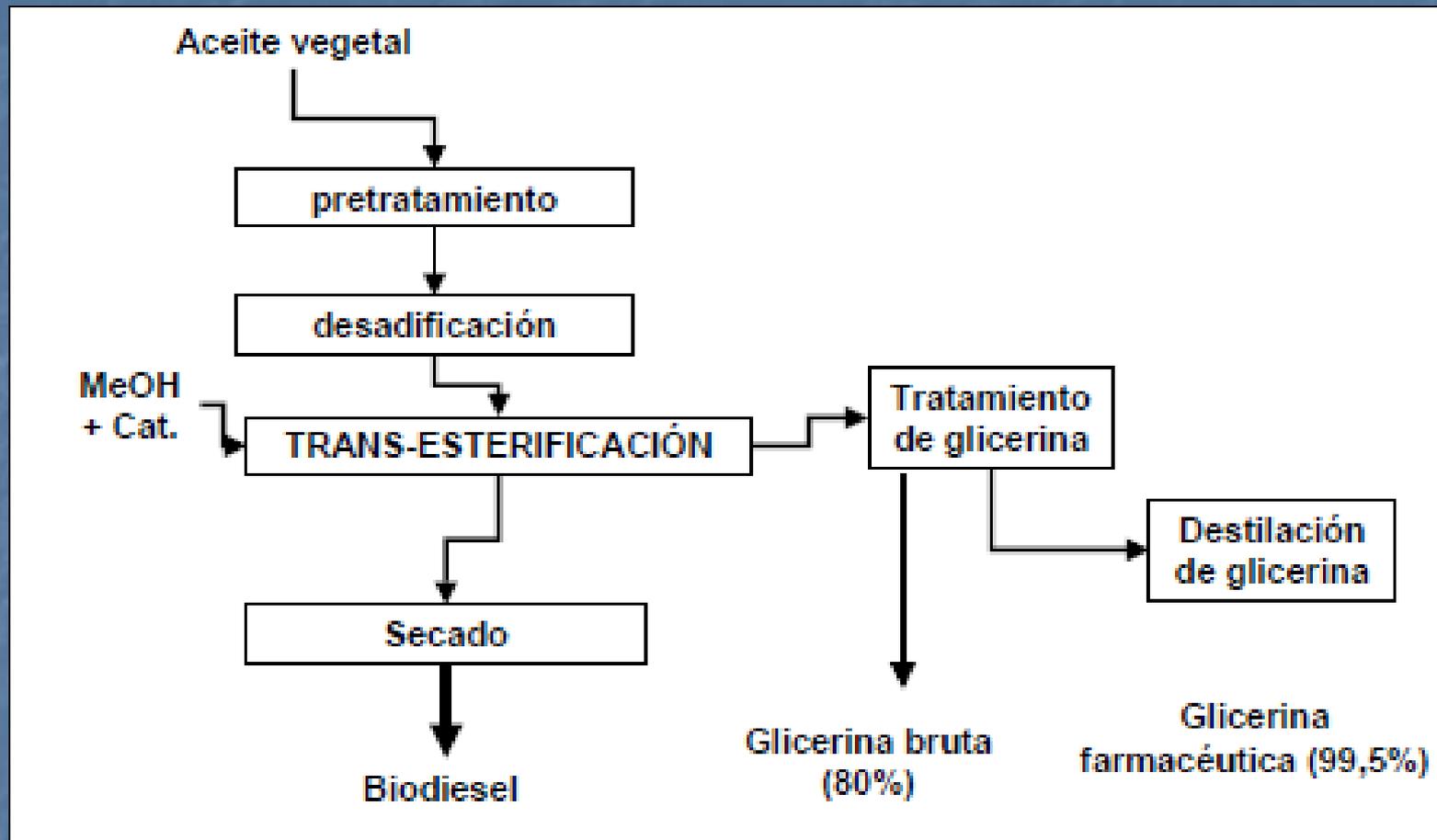
➤ ***Caña de azúcar, remolacha, cereales*** → proceso de fermentación de azúcares → **etanol** (alternativo a la nafta).

➤ ***Aceites vegetales (maíz, soja, girasol, colza, jatropha, palma)*** → proceso de transesterificación (agregado de metanol) → **biodiesel** (alternativo al dieseloil).

# PASOS PARA LA OBTENCION del ETANOL



# PASOS PARA LA OBTENCION del BIODIESEL



## ENERGIA DE LAS OLAS

El viento sopla sobre el océano → **olas**.

Las olas resultan de procesos muy complejos.

Están caracterizadas por su altura, longitud de onda, velocidad de propagación, forma, densidad del agua.

La potencia por metro de frente de **onda irregular** que se puede extraer es:

$$P \text{ [W/m]} = \rho \times g^2 \times H^2 \times t / 32 \pi$$

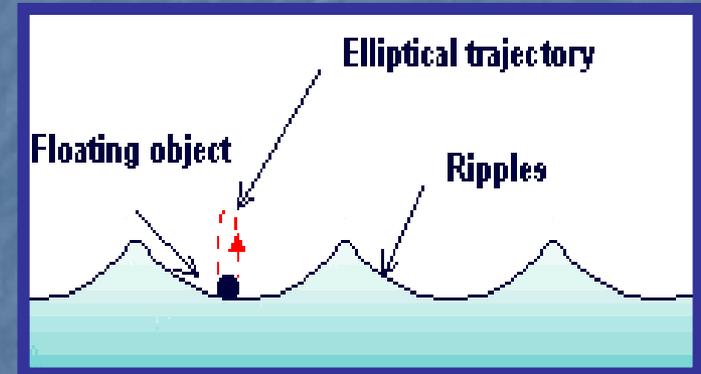
$$P \text{ [kW/m]} \sim 0.5 H^2 \text{ [m}^2\text{]} \times t \text{ [seg]}$$

H = amplitud de la ola

T = período de la onda

g = acele. gravedad

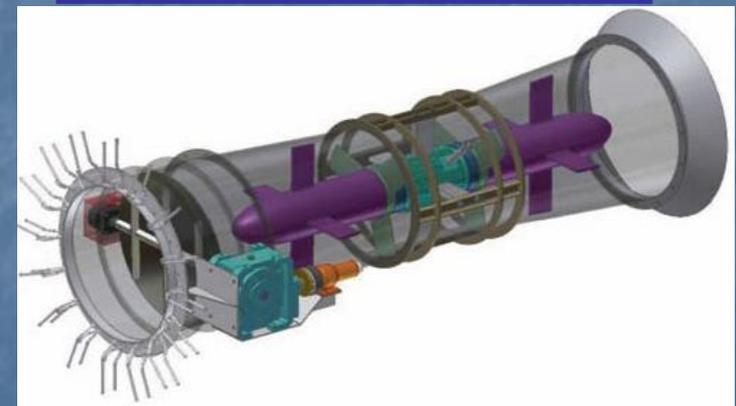
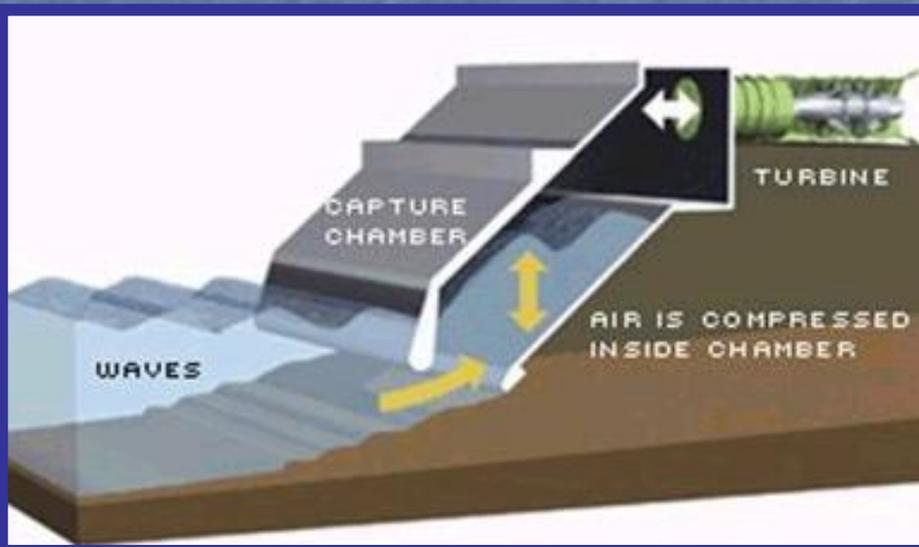
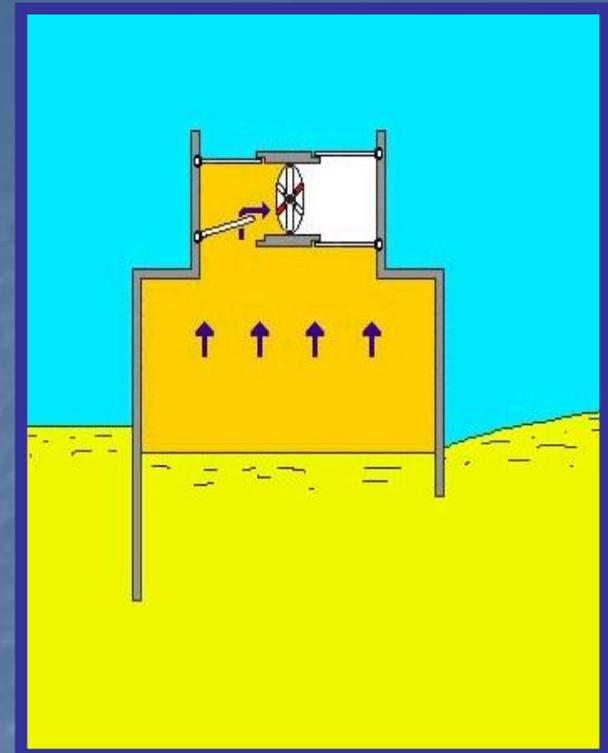
$\rho$  = densidad del agua



De un buen sitio, se pueden obtener unos 50 [kW/m].

Se está todavía en etapa de investig. y desarrollo de prototipos.

Hay muchos sistemas para aprovechar este tipo de energía. Uno de estos: **columna de agua oscilante** → el movimiento ascendente y descendente de las olas produce dentro de una campana cerrada, un flujo de aire que mueve una turbina de aire acoplada a un G eléct.



Trabaja con turbinas tipo Wells, bidireccional.

## Sistema Pelamis (Serpiente de Mar)



## Sistema de Boyas



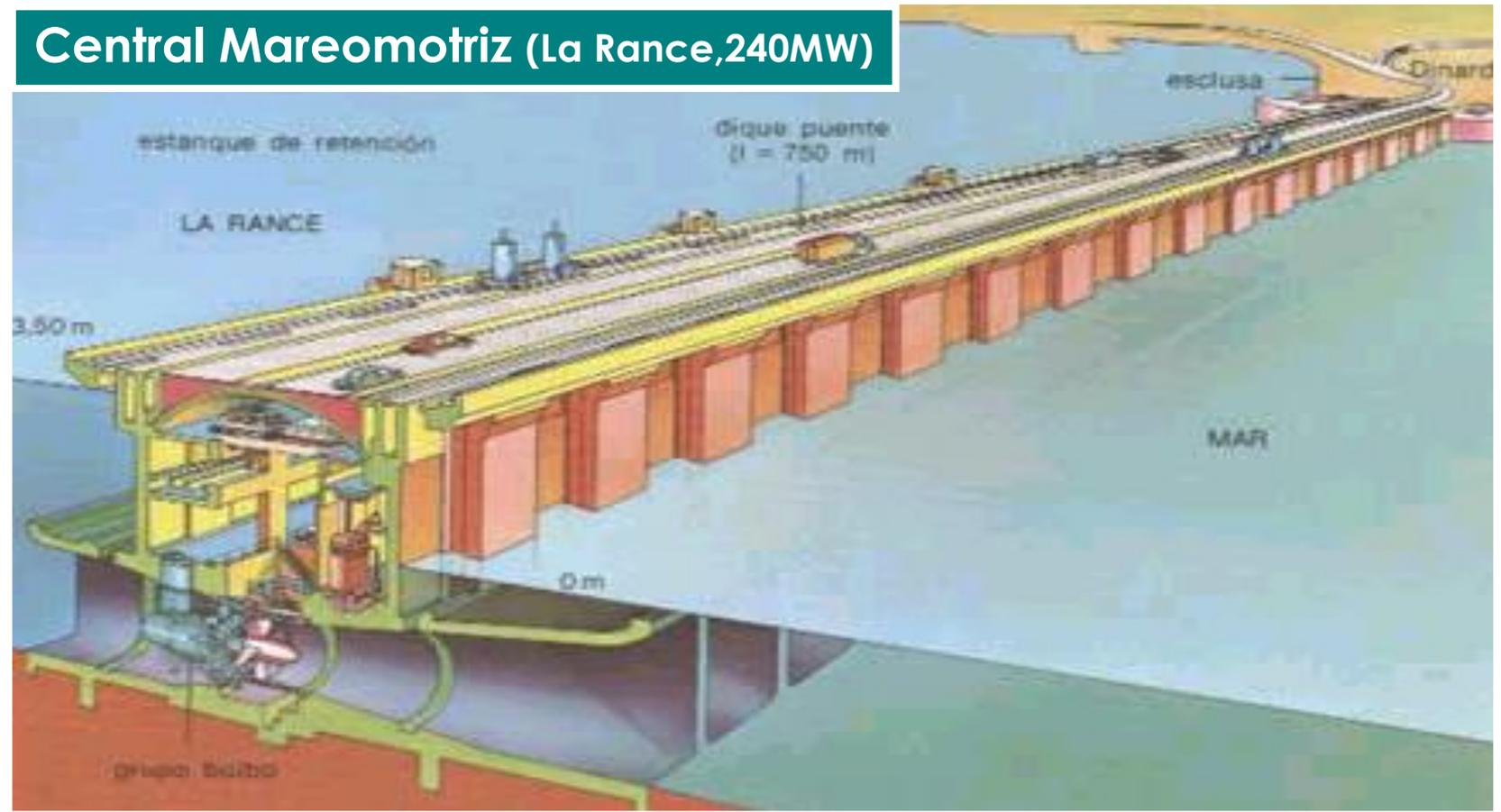
## ENERGIA MAREOMOTRIZ

Energía producida por el movimiento cíclico de las masas oceánicas sobre la costa (mareas).

La marea es un fenómeno causado por la atracción gravitacional de la luna sobre la masa oceánica  
→ la fuente de esta energía no es el sol.

Para convertir esta energía, en energía eléctrica, se construye un embalse conectado al mar a través de aberturas (donde se disponen Turbinas tipo bulbo) controladas por válvulas. Se las cierra para que se establezca una delta  $h$  conveniente entre embalse y mar, y se las abre para permitir que el agua fluya en forma alternada por las turbinas, produciendo energía.

## Central Mareomotriz (La Rance, 240MW)



Este tipo de tecnología precisa de un alto capital inicial (2000-2500 [U\$S/kW inst]), presentando también algunos IA.

## ENERGIA GEOTERMICA

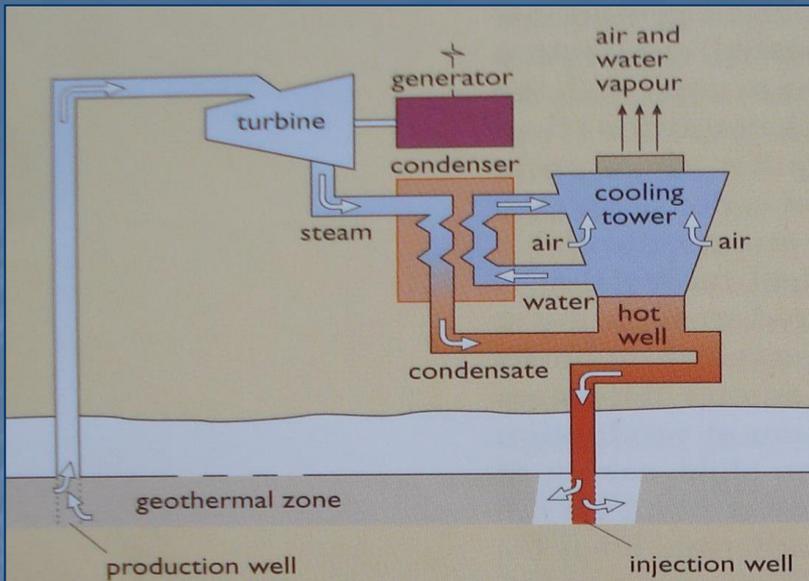
Su origen no es el sol, sino el calor interno de la Tierra por desintegración de elementos radiactivos.

Se realizan perforaciones de hasta 5000 m para encontrar vapor o agua caliente (se usan también geisers y grietas).

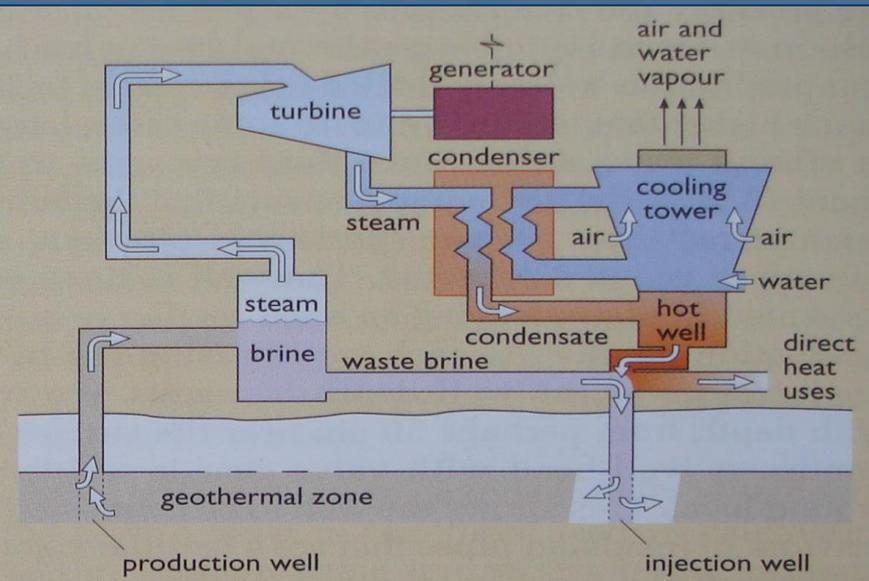
El vapor y/o agua se purifican en boca de pozo → entran en el proceso de transformación → el vapor pasa por las turbinas → se condensa y se reinyecta al pozo.

Existen diferentes métodos para aprovechar esta energía:

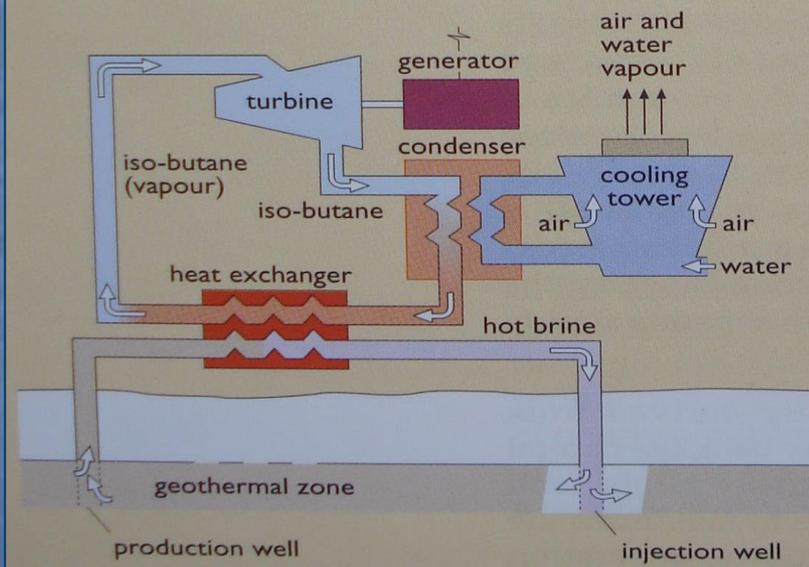
- **Vapor seco:** vapor en forma directa para mover la turbina.
- **Flash:** agua caliente ( $> 200^{\circ}\text{C}$ ) → hervir → obtener vapor → mover turbina.
- **Binario:** agua caliente → intercambiar calor → obtener vapor → mover turbina.



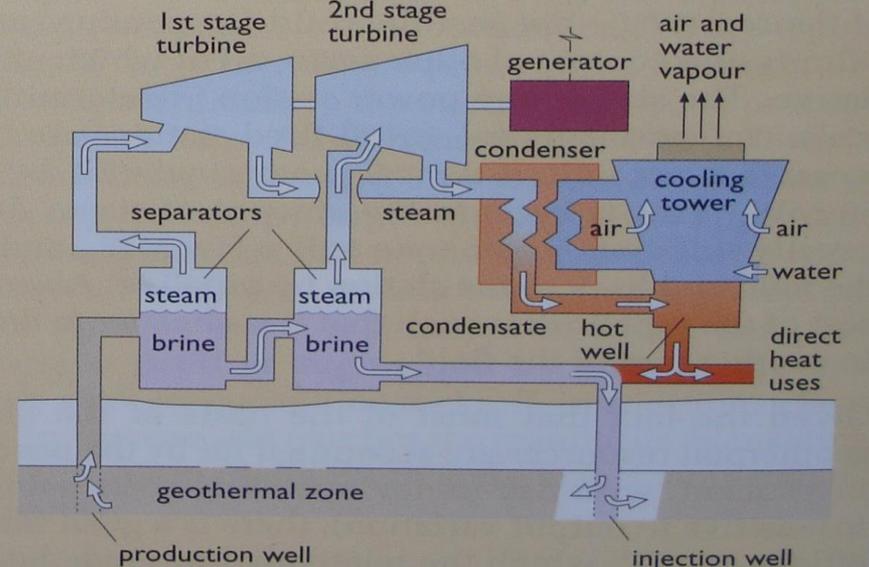
(a) dry steam power plant



(b) single flash steam power plant



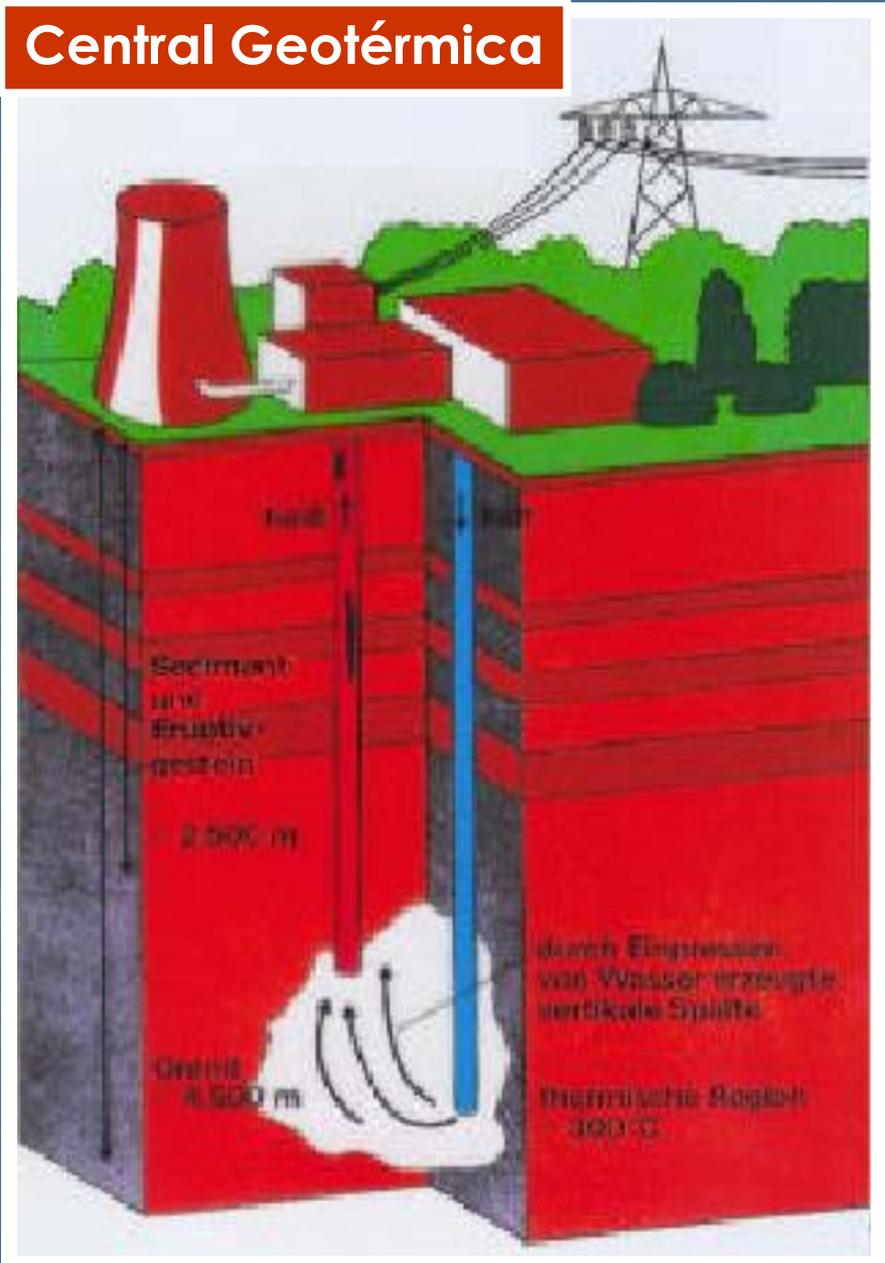
(c) binary cycle power plant



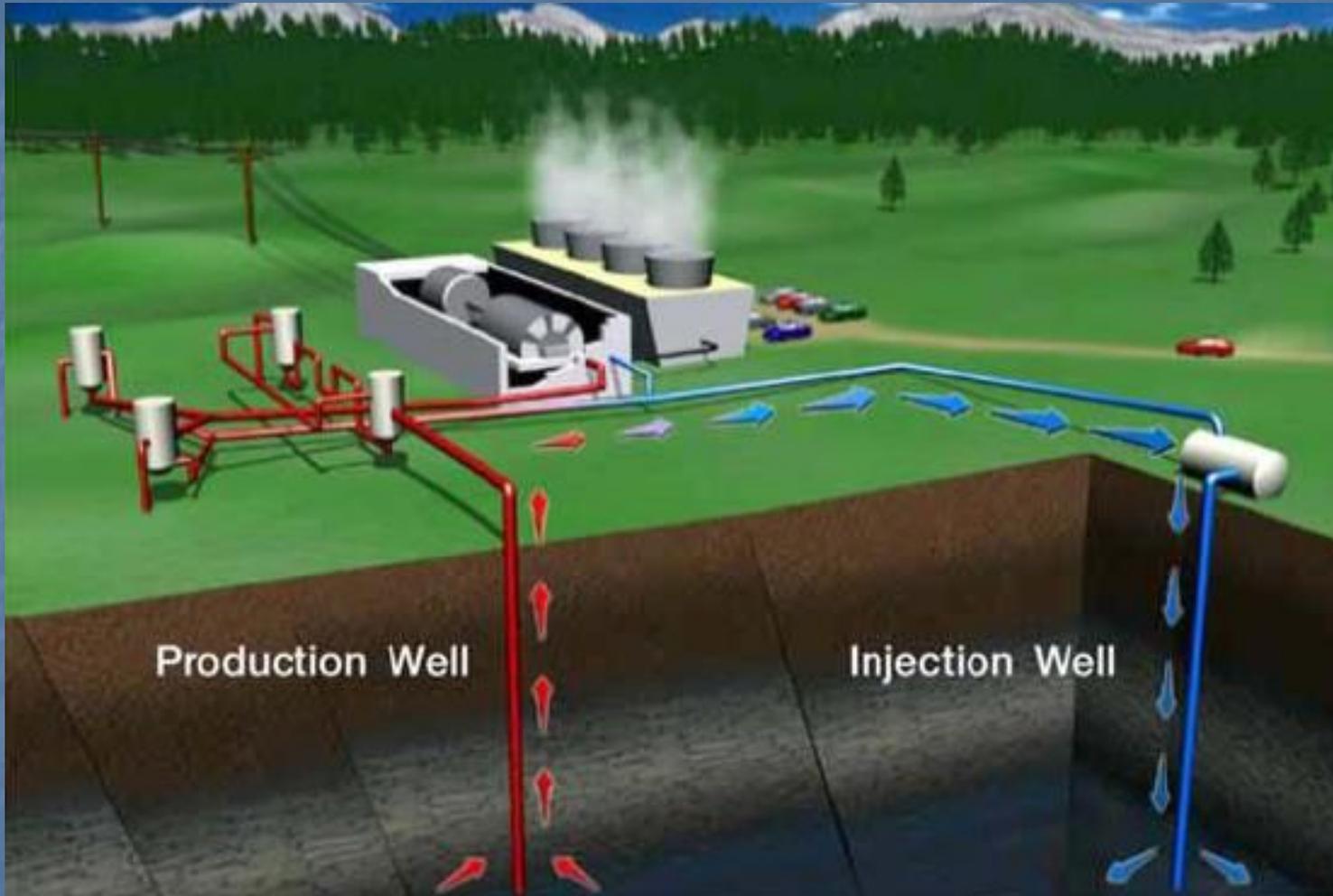
(d) double flash power plant

Una nueva técnica (**hot dry rock**) → se perfora hasta encontrar rocas secas y calientes situadas en proximidades de fuentes de calor ( $>150^{\circ}\text{C}$ ). Se inyecta agua por una tubería hasta las rocas calientes. Se produce vapor que es conducido por otras tuberías a la central, para mover las turbinas.

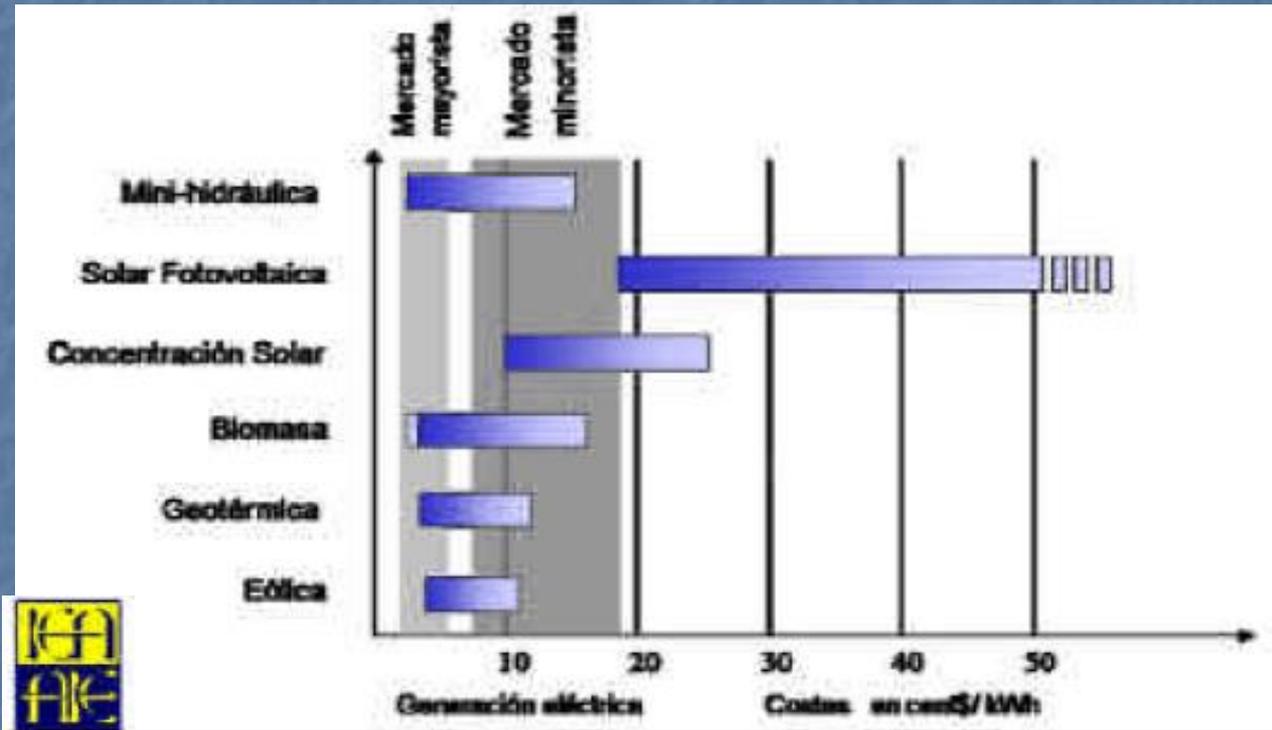
## Central Geotérmica



**Costo de Centrales:  
1800-2400 [U\$S/kW inst]**



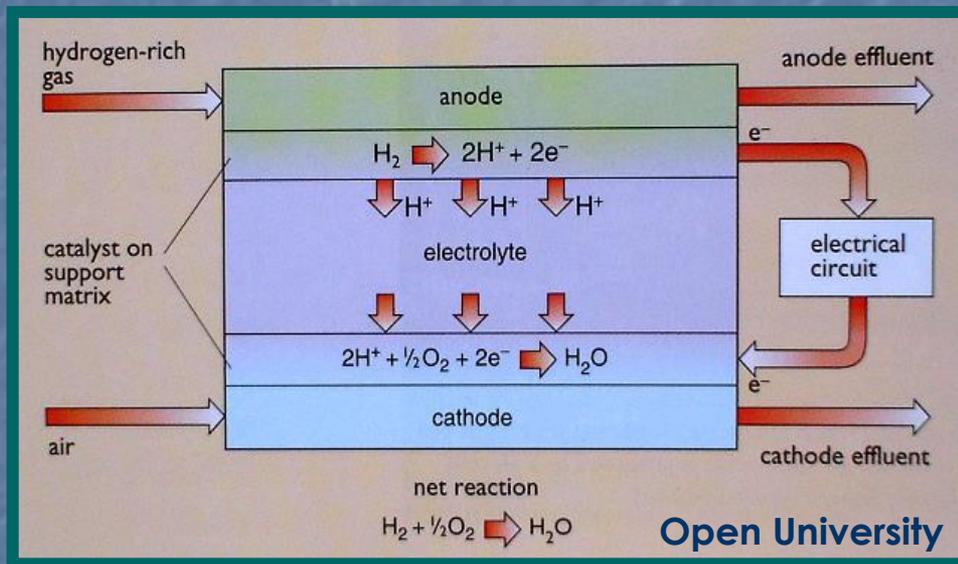
# Comparación de Costes de Energía de las NTER



## Celdas de Combustible

Son dispositivos electroquímicos que producen E eléctrica a partir del combustible ricos en H (GN, gas de biomasa, H puro).

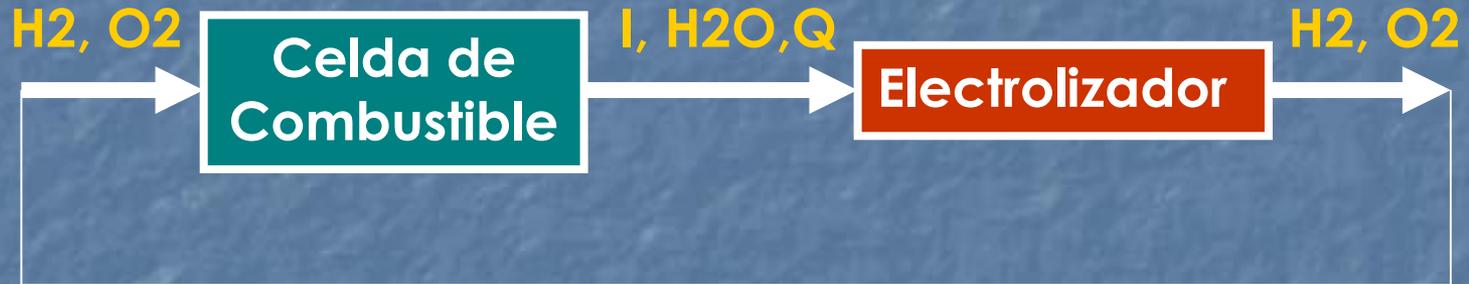
H<sub>2</sub> (ánodo) y O<sub>2</sub>(cátodo) → I eléctrica continua + H<sub>2</sub>O + Q  
oxidación      reducción



Entre ánodo y cátodo → electrolito, material que permite el paso de iones entre los electrodos pero impide el paso de los electrones → obligados a recorrer un circuito externo → I eléctrica .

La tensión obtenida es muy baja por cada celda (0,7-0,8 V) → conexiones serie- paralelo para obtener > U,I,P.

Una celda de combustible es el dual de un electrolizador



Hay diversos tipos de celdas (alcalina, polímero sólido, ácido fosfórico, óxido sólido). La eficiencia de generación está en el rango de 40-60%.

El concepto de su desarrollo se apoya en la ausencia de ruido, baja polución (NO<sub>x</sub>), flexibilidad, generación distribuida, calor residual para cogeneración. Su potencia de salida puede ser cambiada rápidamente en el orden de seg

## El Hidrógeno

Es el combustible base para las celdas de combustibles.  
Es un “carrier” energético, como la electricidad:

- “Almacena” energía renovable.
- Puede ser usado en el sector transporte y eléctrico.

Hay diversas formas de obtenerlo:

a) Electrólisis del agua:



La E e puede ser generada a partir de NTER  $\rightarrow$  H solar.

b) Reforma catalítica a vapor del gas natural:



c) Gasificación de biomasa y carbón.

**H → 120 [MJ/kg]. Es ~ 3 veces mayor que el petróleo.**

**H → 10 [MJ/ m<sup>3</sup>]. Es ~ 4 veces menor que el GN.**

**El H puede ser almacenado:**

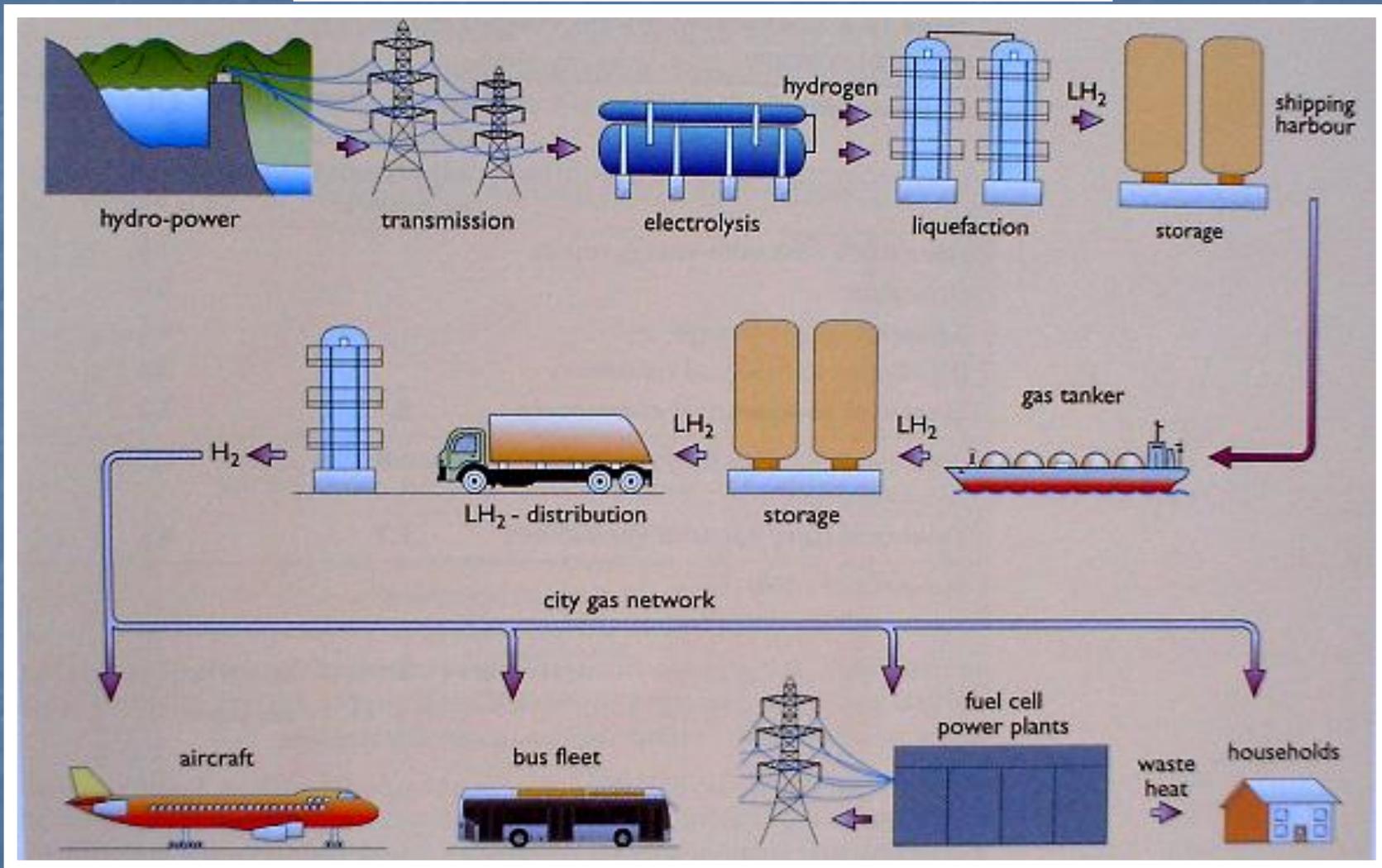
**-Como un gas a 300 atm.**

**-Como un líquido (-253°C)**

**-Puede ser bombeado a través de tuberías, y mezclarse con GN hasta un 15-20%, antes de cambiar tecnologías de uso final.**

**Para el corto y mediano plazo la tecnología que usa H, se está dirigiendo más hacia el sector transporte, que al eléctrico. Estas tecnologías son todavía muy caras y están en fase de investigación y desarrollo.**

# Economía basada en el Hidrógeno



## 5 pilares de Jeremy Refkins:

- 1.- pasar de un sistema energético basado en energías fósiles a otro basado en EERR
- 2.- transformar cada inmueble en un Generador de energía basado en EERR
- 3.- instalar sistemas de almacenamiento
- 4.- usar smart grid+TIC en un estilo de tipo Internet (compartir energía que sea equivalente a compartir información)
- 5.- transformar flota vehicular actual basado en combustibles fósiles, a uno basado en pilas de hidrógeno y/o pilas eléctricas