



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



ANDALUCÍA TECH

# Centrales Termosolares: ventajas económicas, potencial comercial y posibles mejoras tecnológicas

## Eduardo Zarza

CIEMAT-Plataforma Solar de Almería,  
Apartado 22, Tabernas, E-04200 Almería

Tfno.: 950387931

E-mail: [eduardo.zarza@psa.es](mailto:eduardo.zarza@psa.es)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD

**Ciemat**

Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

# Centrales Termosolares: Ventajas económicas, Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

## Índice



- **Introducción**
- **Ventajas económicas**
- **Potencial Comercial**
- **Principales campos para la I+D**
- **Conclusiones**

# Centrales Termosolares: Ventajas económicas, Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

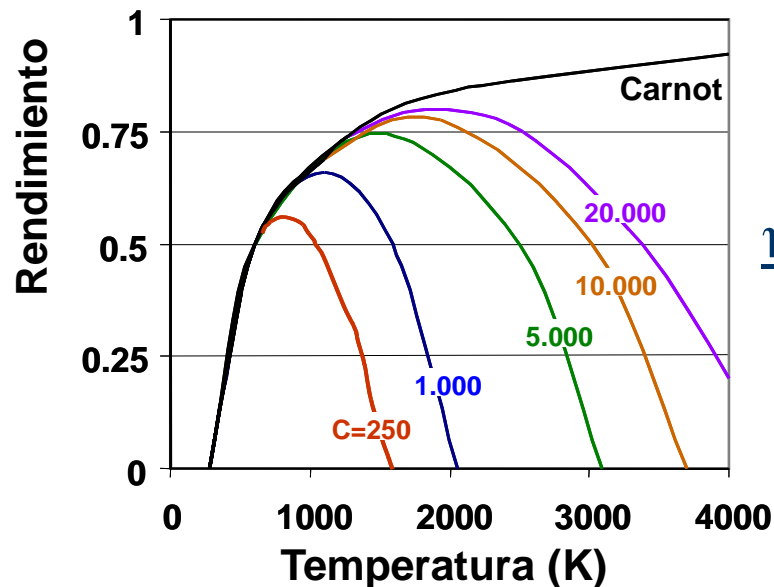
## Índice



- **Introducción**
- Ventajas económicas
- Potencial Comercial
- Principales campos para la I+D
- Conclusiones

# Centrales Termosolares

- ¿Qué son?: Sistemas que generan electricidad a partir de la radiación solar directa, concentrándola y convirtiéndola previamente en energía térmica que es después utilizada en un ciclo termodinámico para generar electricidad.
- **Concentración: ¿por qué?**  
Para compensar la atenuación que sufre la radiación solar en su camino hasta la Tierra (de 63,2 MW/m<sup>2</sup> a 1 kW/m<sup>2</sup>) y conseguir eficiencias más altas

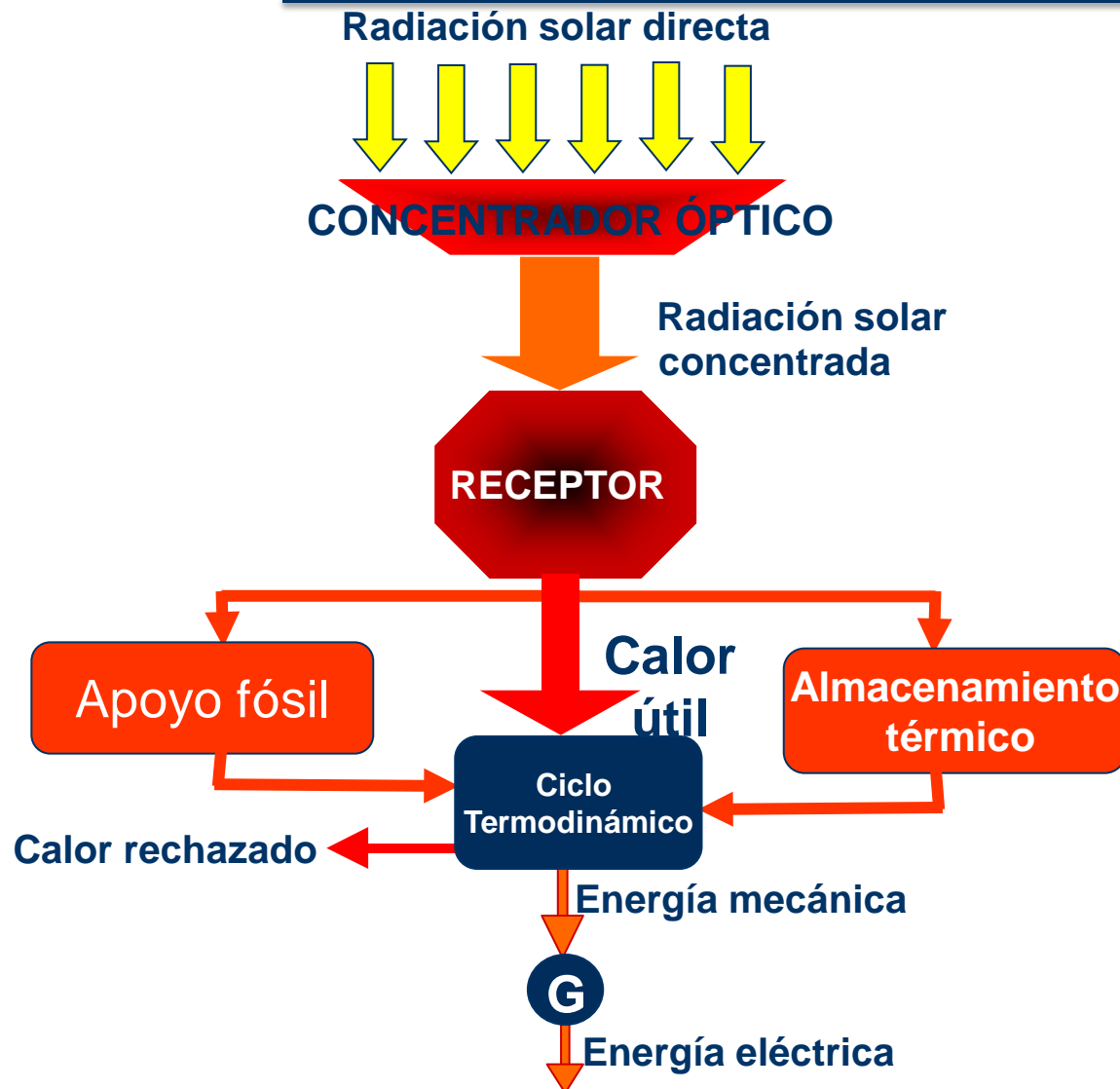


$$\eta = f(C, T)$$

# Centrales Termosolares

- ¿Qué son?: Sistemas que generan electricidad a partir de la radiación solar directa, concentrándola y convirtiéndola previamente en energía térmica que es después utilizada en un ciclo termodinámico para generar electricidad.
- **Concentración: ¿por qué?**  
Para compensar la atenuación que sufre la radiación solar en su camino hasta la Tierra (de 63,2 MW/m<sup>2</sup> a 1 kW/m<sup>2</sup>) y conseguir eficiencias más altas
- ¿Por qué resultan interesantes actualmente?:
  - ✓ resultan rentables actualmente en algunos países gracias a incentivos públicos
  - ✓ son muchos los países que poseen un buen nivel de radiación solar
  - ✓ ya existe el conocimiento y la experiencia necesarias
  - ✓ **generan mucho empleo**, tanto temporal como permanente (600-2200 )
  - ✓ son sistemas **gestionables** y que no contaminan y que **reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>** :
    - ahorran 2000 Toneladas de CO<sub>2</sub> por año y MW<sub>e</sub> instalado
    - cada GWh de electricidad producida evita 800 toneladas de CO<sub>2</sub>

# Esquema Típico de una Central Termosolar

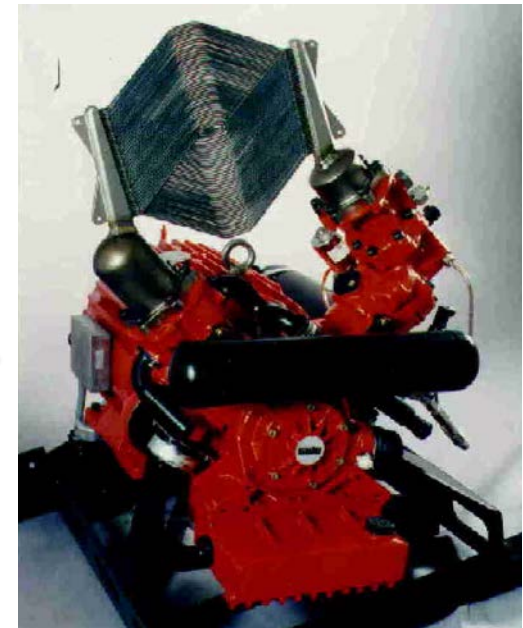
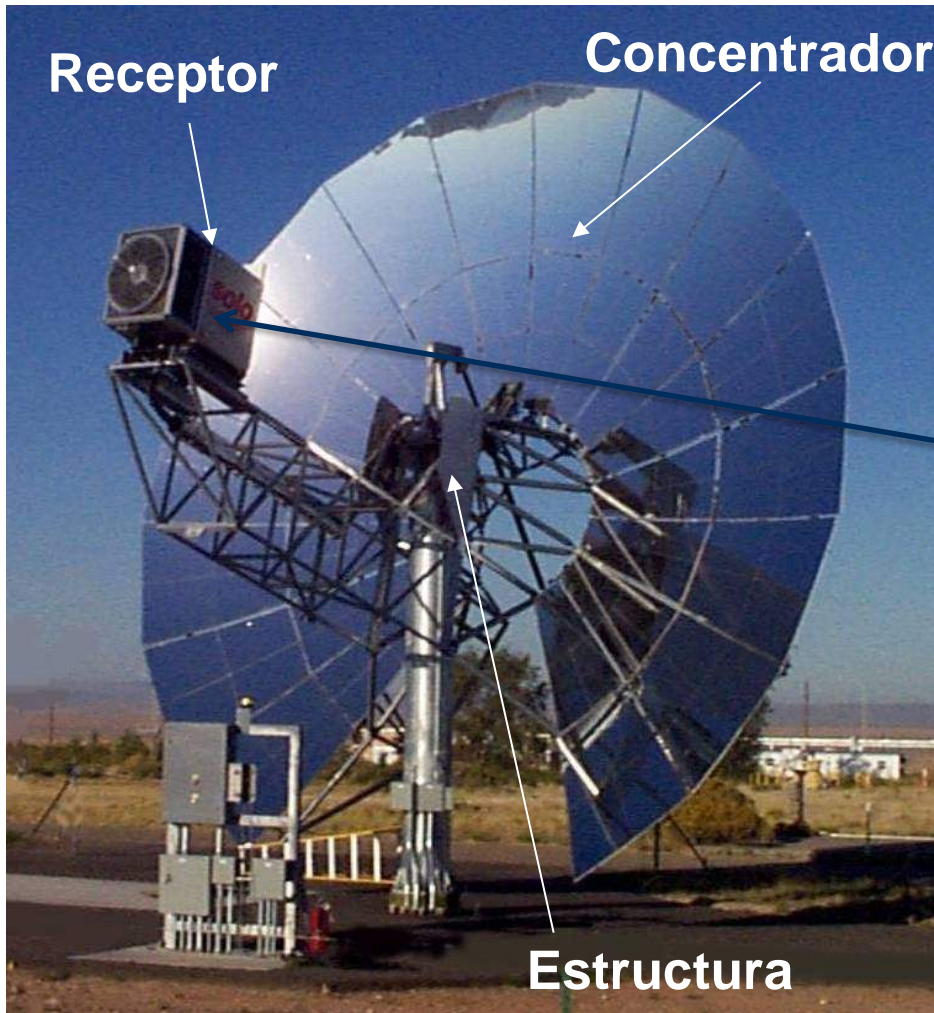


# Planta de Receptor Central





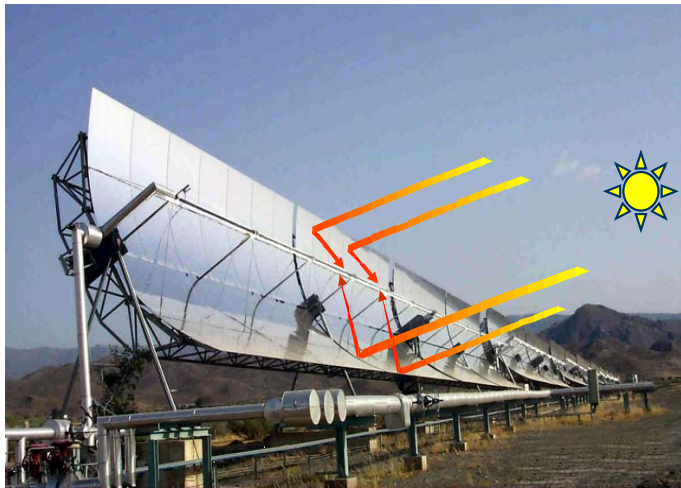
# Discos Parabólicos Stirling



Motor Solar Stirling



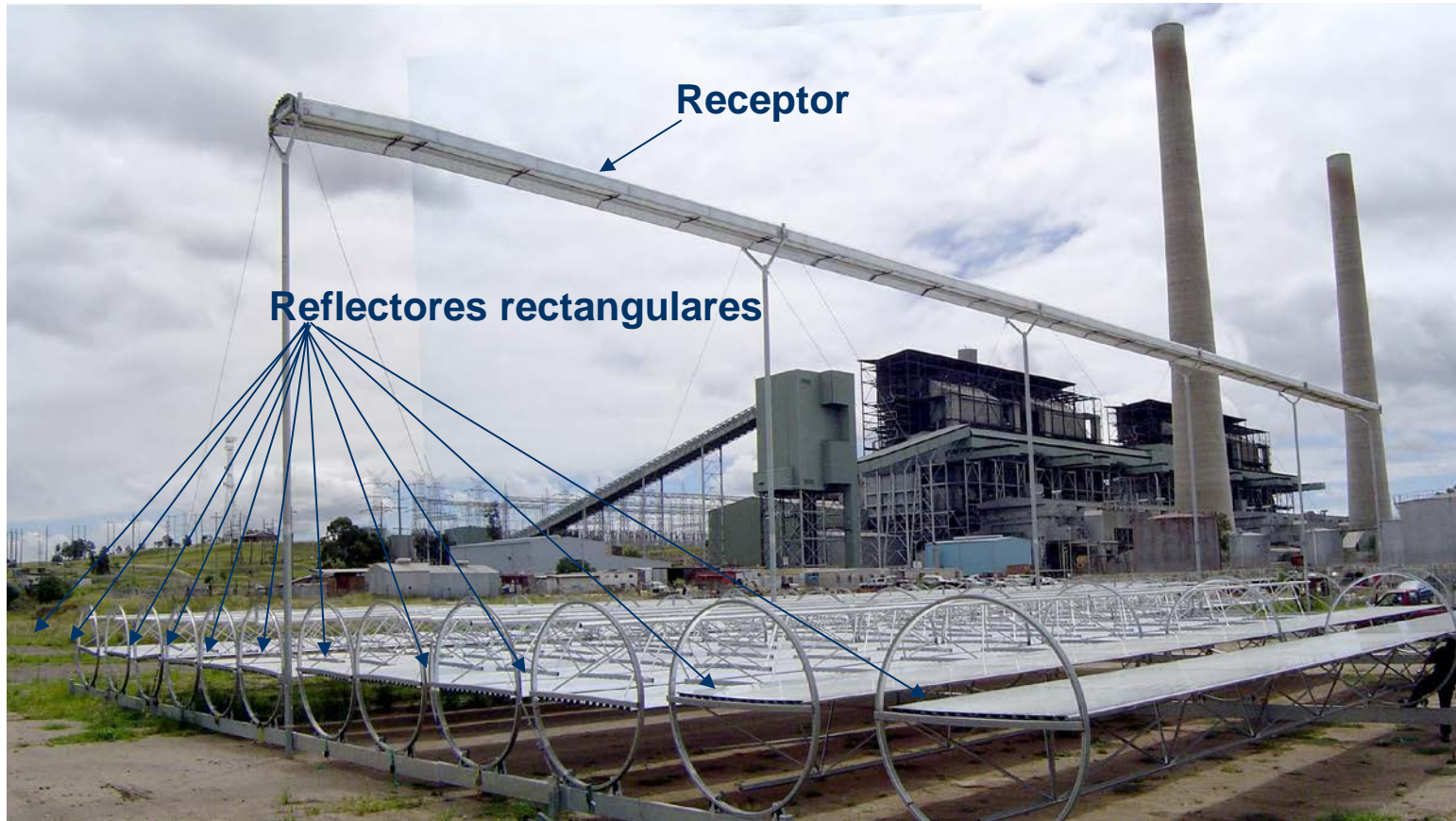
# Centrales con Captadores Cilindroparabólicos



Captador cilindroparabólico



# Plantas de Concentradores Lineales Fresnel



Concentrador Lineal Fresnel

# Centrales Termosolares: Ventajas económicas, Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

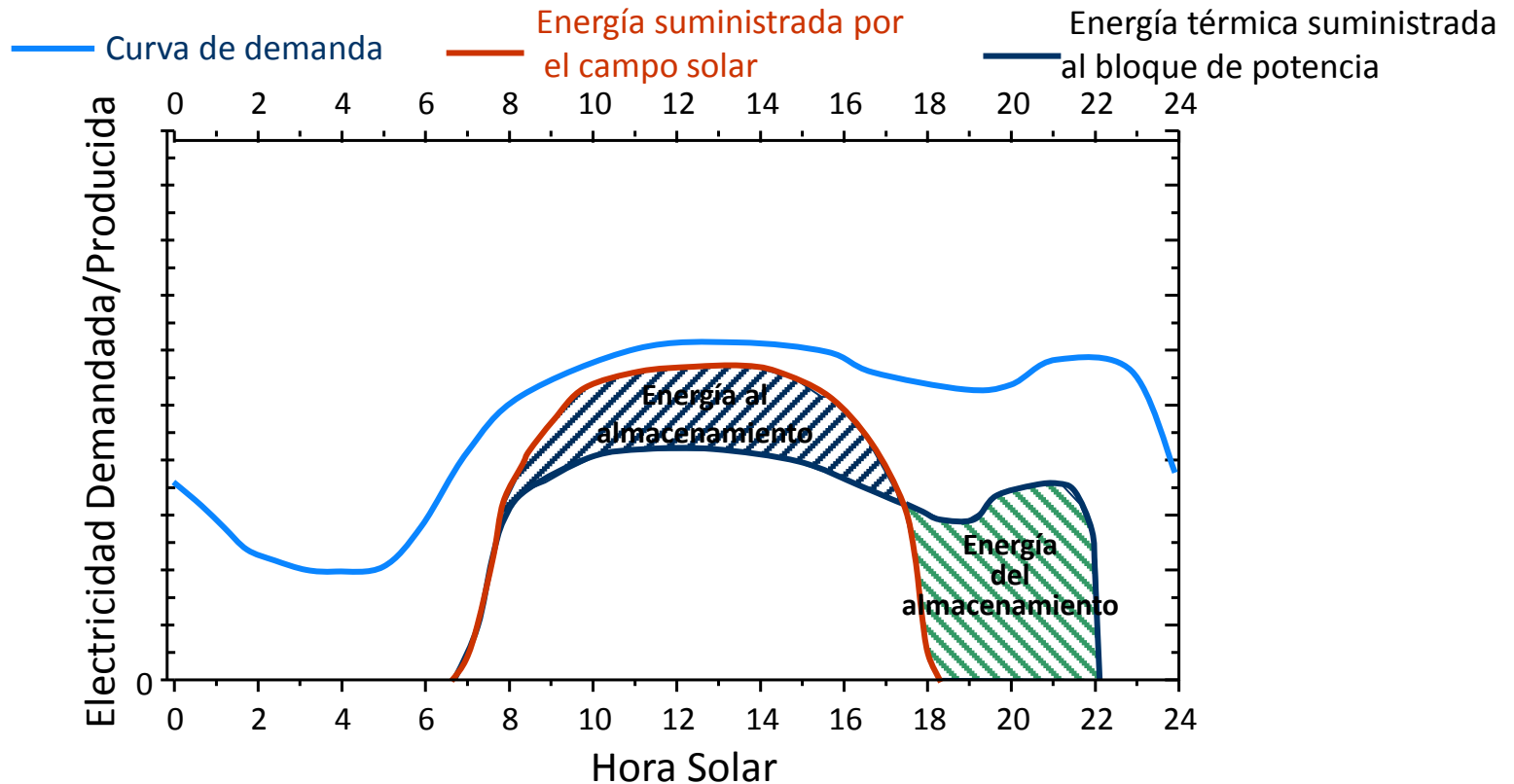
## Índice



- Introducción
- **Ventajas económicas**
- Potencial Comercial
- Principales campos para la I+D
- Conclusiones

# Ventajas Económicas de las Centrales Termosolares

- Gracias a su **gestionabilidad**, las Centrales Termosolares permiten una mayor implantación de otras EERR que son mas económicas pero que no son gestionables



# Ventajas Económicas de las Centrales Termosolares

- Gracias a su **gestionabilidad**, las Centrales Termosolares permiten una mayor implantación de otras EERR que son mas económicas pero que no son gestionables
- Las Centrales Termosolares dan un gran impulso económico a la industria local (regional y nacional), construyendo nuevas fábricas, destinadas a suministrar equipos esenciales (reflectores, tubos receptores, etc..) e impulsando nuevas líneas de negocio y actividad en industrias ya existentes.



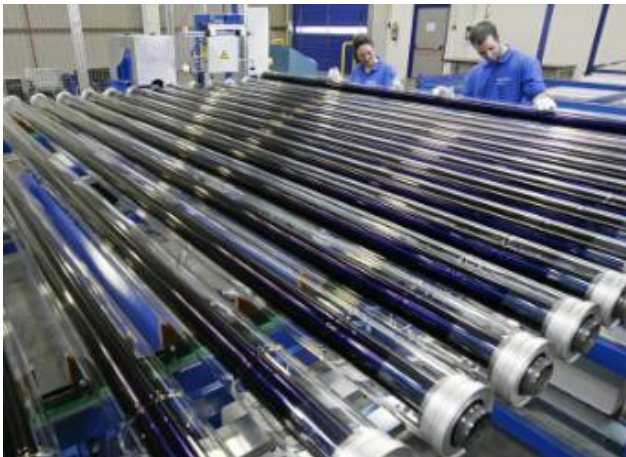
# Experiencia Española con las Centrales Termosolares

## Nuevas fábricas dedicadas al sector termosolar

Espejos  
parabólicos



Tubos receptores para CCP



Estructuras  
metálicas



# Experiencia Española con las Centrales Termosolares

## Otros beneficios directos para el sector industrial

Nuevas líneas de negocio en industrias ya maduras:

- Construcción y Obra civil
- Ingeniería de grandes plantas
- Infraestructuras eléctricas y de transmisión
- Galvanizado



Refuerzo de algunos sectores industriales:

- Tuberías y depósitos de gran tamaño
- Intercambiadores de calor
- Calderas de vapor
- Telecomunicaciones y control



Grandes ingresos para el sector de Servicios Auxiliares:

- Limpiezas industriales, laboratorios de calidad
- Transporte por carretera
- Enseñanza y capacitación

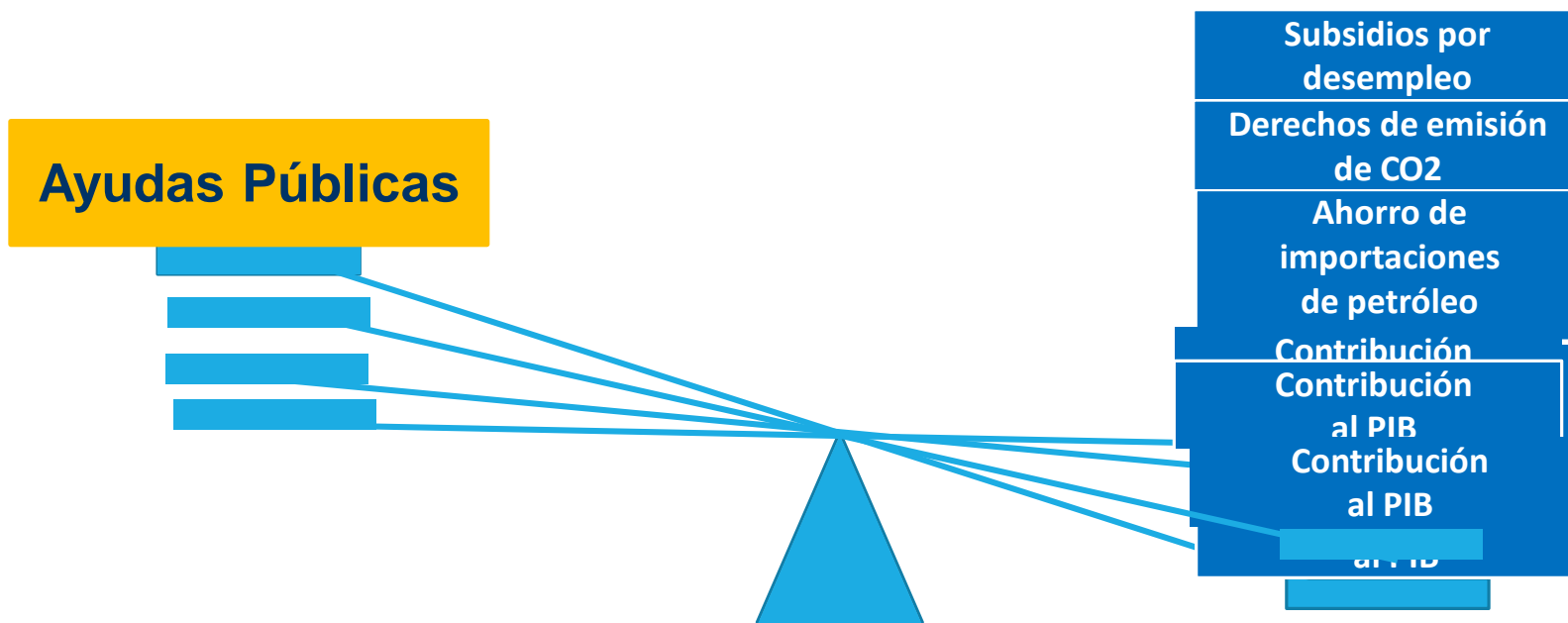
# Ventajas Económicas de las Centrales Termosolares

- Gracias a su **gestionabilidad**, las Centrales Termosolares permiten una mayor implantación de otras EERR que son mas económicas pero que no son gestionables
- Las Centrales Termosolares dan un gran impulso económico a la industria local (regional o nacional), construyendo nuevas fábricas, destinadas a suministrar equipos esenciales (reflectores, tubos receptores, etc..) e impulsando nuevas líneas de negocio y actividad en industrias ya existentes.
- La construcción de Centrales Termosolares genera mucho empleo y dinamiza la economía local de la zona
- El balance macroeconómico neto para el País es claramente positivo

# Experiencia Española con las Centrales Termosolares

## Resultados macroeconómicos para España

Las ayudas públicas a las Centrales Termosolares han sido muy favorables para España



# Centrales Termosolares: Ventajas económicas, Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

## Índice



- Introducción
- Ventajas económicas
- **Potencial Comercial**
- Principales campos para la I+D
- Conclusiones

# La Energía en el Mundo: Contexto Global

La situación mundial actual relativa a la Energía se puede resumir en tres frases:

- La demanda de *Energía Primaria* crecerá mucho en el futuro
- Actualmente, el suministro de *Energía Primaria* está dominado por los combustibles fósiles, cuyas reservas son limitadas
- Es necesario incrementar de forma importante el uso de las *Energías Renovables*

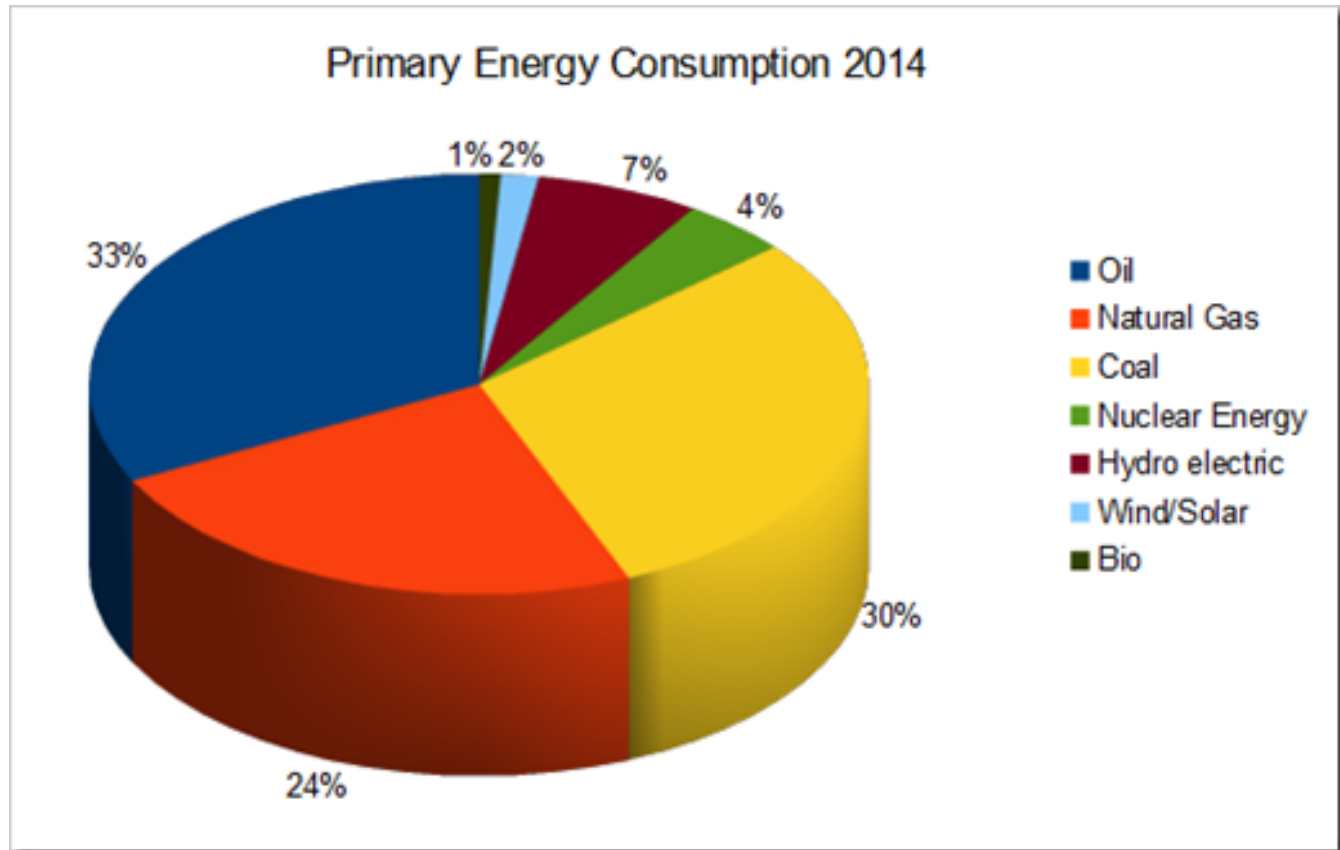
# La Energía en el Mundo: Contexto Global

- La demanda de *Energía Primaria* crecerá mucho en el futuro
  - Actualmente, una gran parte de la población mundial no tiene acceso a la electricidad (1400 M de un total de 7000 M, 20%)
  - Puesto que el desarrollo económico, social y tecnológico de los países está ligado a su consumo energético, un incremento del 36% en el consumo de Energía Primaria es esperado desde 2004 a 2035, hasta los 12.300 Mtoe (WEO, 2010). La mayor parte de este incremento será en China e India



# La Energía en el Mundo: Contexto Global

- Actualmente, el suministro de *Energía Primaria* está dominado por los combustibles fósiles, cuyas reservas son limitadas



# La Energía en el Mundo: Contexto Global

- Es necesario incrementar de forma importante el uso de las *Energías Renovables*
  - Hay una creciente preocupación social por el medioambiente y la contaminación
  - La concentración actual de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera ya es 400 ppm, y debe mantenerse por debajo de 450 ppm con el fin de evitar daños medioambientales irreversibles (aumento global de la temperatura de 2°C)
  - Muchos posibles escenarios de suministro energético diferentes han sido analizados por el IPCC y se ha visto que debe aumentarse de forma importante el porcentaje de energías renovables en el consumo total de energía primaria (un 17% en 2030 y 27% en 2050). Para esto se requiere una inversión acumulada total del 1% del GDP.

# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

**El potencial comercial de las Centrales Termosolares es enorme, porque:**

- La fuente primaria de energía (radiación solar) es prácticamente ilimitada y está disponible en muchos países
- Es una energía limpia y con un gran potencial de reducción de costes
- La electricidad puede ser transportada fácilmente a grandes distancias con un coste asumible
- Las Centrales Termosolares pueden acomodarse muy bien a la *Curva de Demanda de Electricidad*

# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

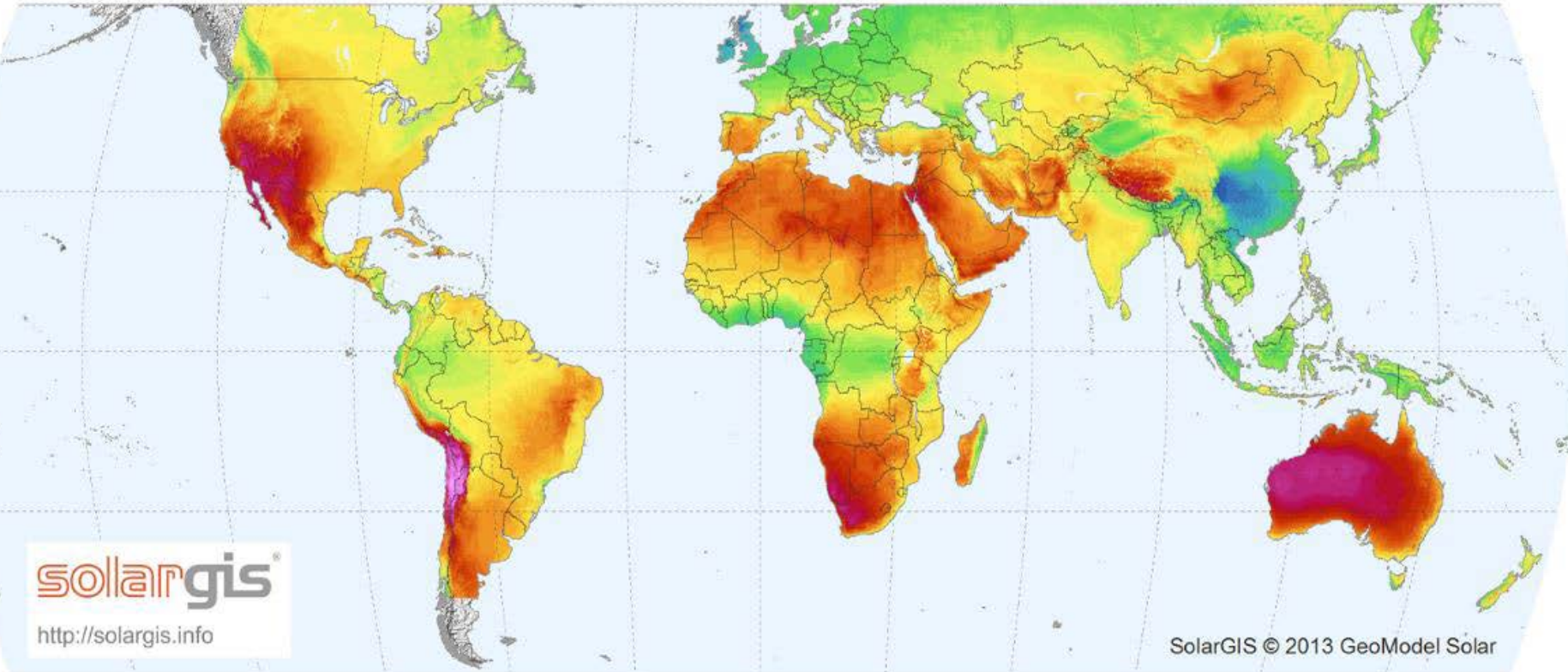
- La fuente primaria de energía (radiación solar) es prácticamente ilimitada y está disponible en muchos países
- ☀ El Sol es un enorme reactor nuclear que emite una ingente cantidad de radiación ( $3.8 \times 10^{23}$  kW de potencia radiante)
- ☀ Aunque la Tierra intercepta solo una pequeña fracción ( $1.7 \times 10^{14}$  kW):
  - ✓ La radiación solar que llega a  $1 \text{ m}^2$  de la superficie terrestre en un año es equivalente a 1.3 barriles de petróleo
  - ✓ La demanda eléctrica mundial podría abastecerse con la radiación solar existente en el 1%-2% de las zonas desérticas de la Tierra
  - ✓ La radiación solar que llega a la Tierra es 10,000 veces la demanda mundial de energía primaria
- ☀ Hay muchos países que poseen un buen nivel de radiación solar (Argelia puede producir 30 veces el consumo de electricidad de la U.E.)

# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

## Mapa Mundial de Radiación Solar Directa (kWh/m<sup>2</sup>·a)

WORLD MAP OF DIRECT NORMAL IRRADIATION

GeoModel  
SOLAR



solargis

<http://solargis.info>

SolarGIS © 2013 GeoModel Solar

Annual sum < 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200 3400 3600 3800 >

Long-term  
average of:



Daily sum < 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 >



Conferencia sobre Centrales Termosolares

UAM, 3 de diciembre de 2015

25



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

Ciemat

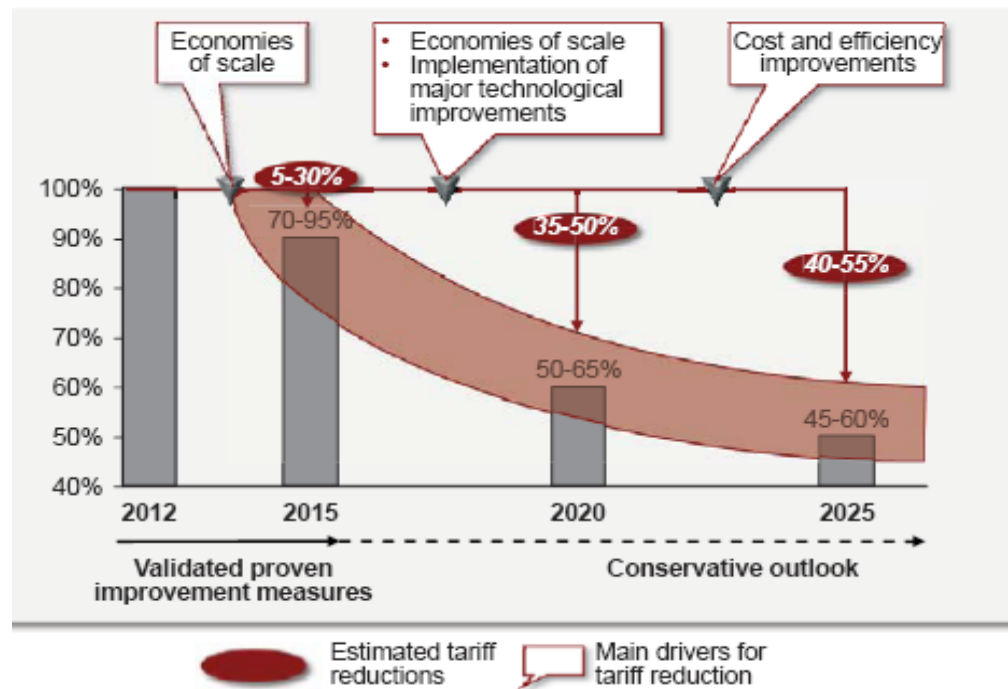
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas



# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

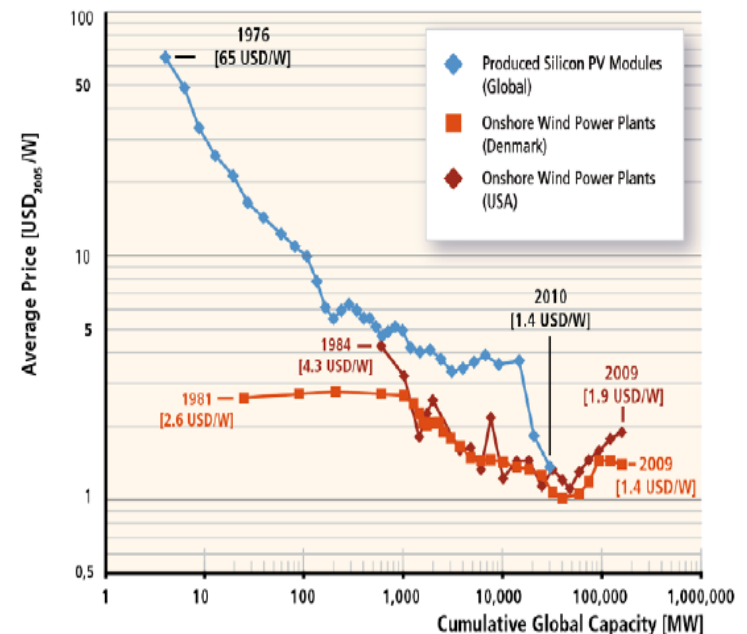
- La electricidad termosolar posee un gran potencial de reducción de costes

## Previsión de costes para centrales Termosolares



Fuente: ESTELA / ATKearney, Junio 2010

## Reducción de costes lograda por las Energías Eólicas y Fotovoltaica



PV: reducción del 70% desde 5\$/W (1998) a 1.4\$/W (2010)

Eólica: reducción del 60% desde 4.3\$/W (1984) a 1.4\$/W (2010)

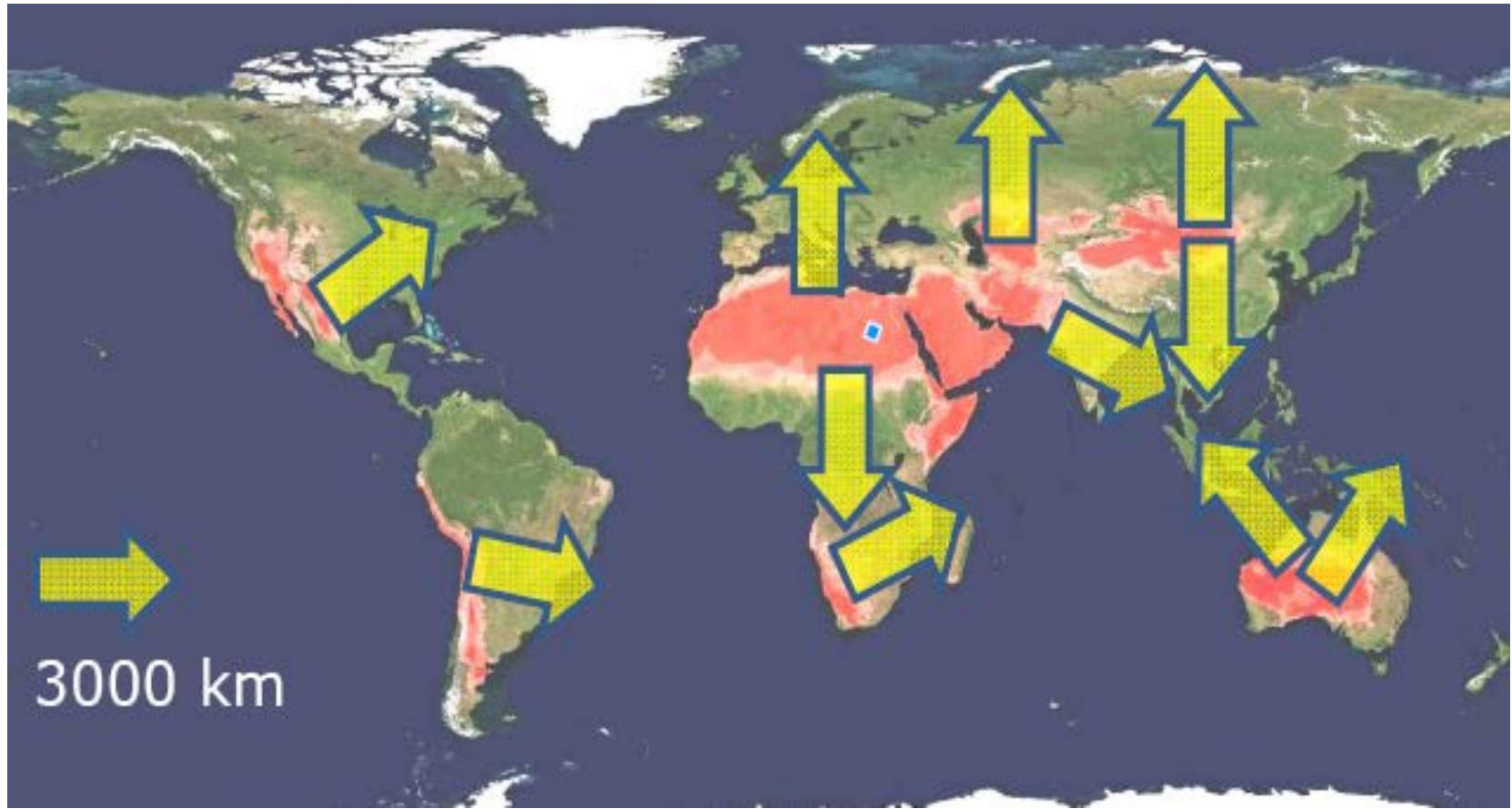


# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

- La electricidad puede ser transportada fácilmente a grandes distancias con un coste asumible
  - ✓ Líneas eléctricas de 800 kV DC pueden transportar electricidad a 3000km con un extracoste admisible ( $< 20 \text{ €/MWh}$ ). 90% de la población mundial vive a una distancia inferior a 3000 km de zonas con alta radiación solar. Las pérdidas con líneas de 800kV DC son menores del 10% para una distancia de 3000 km

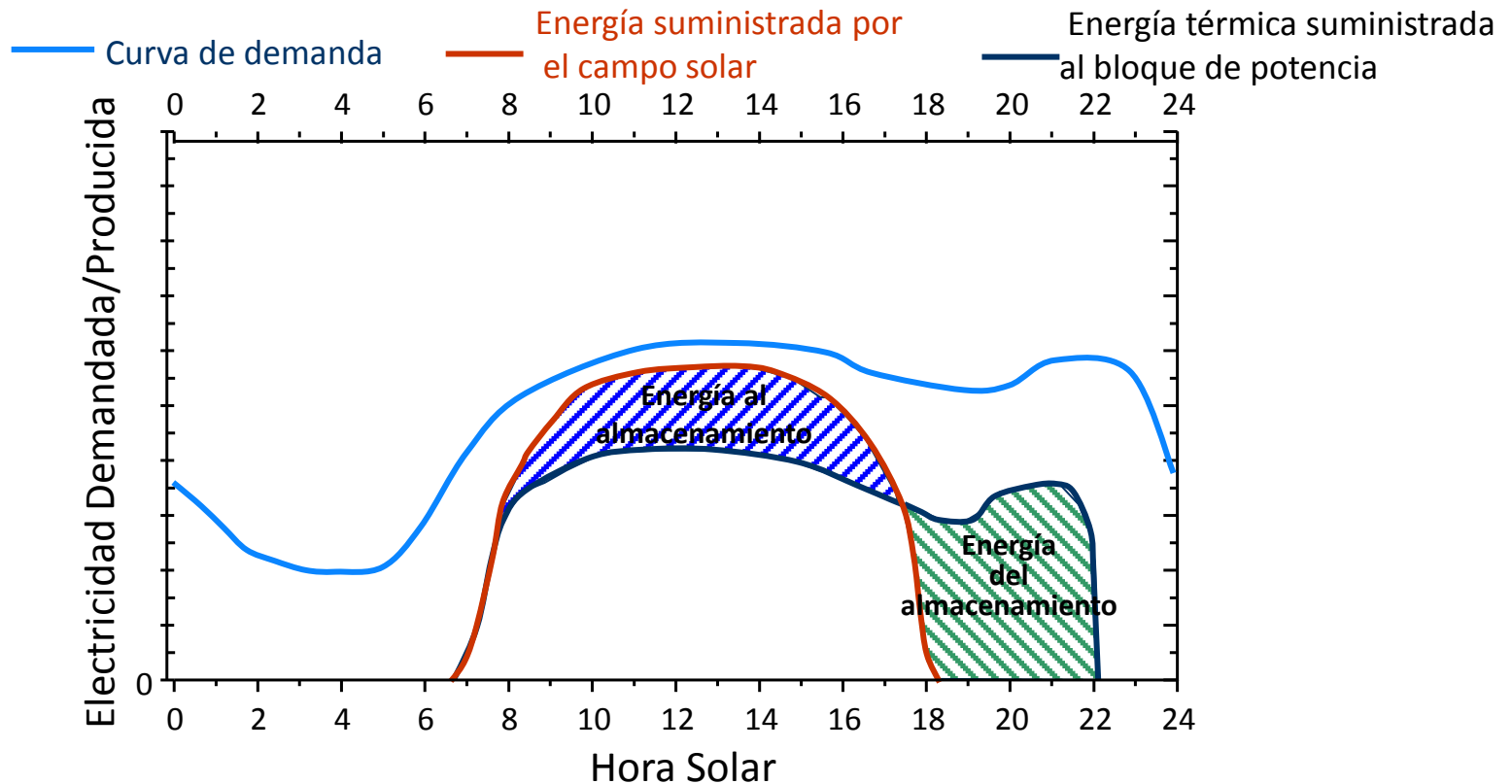
# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

Distancia a zonas de alta radiación solar



# ¿Pueden ser útiles las Centrales Termosolares?

- Las Centrales Termosolares pueden acomodarse muy bien a la curva de demanda de electricidad (buena *gestionabilidad*)



# Centrales Termosolares: Ventajas económicas, Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

## Índice



- Introducción
- Ventajas económicas
- Potencial Comercial
- ➔ • **Principales campos para la I+D**
- Conclusiones

# Importancia de la I+D para las Centrales Termosolares

## ¿Por qué es actualmente tan necesaria la I+D ?

- Está teniendo lugar un importante despliegue comercial en aquellos países donde existen ayudas públicas, sobresaliendo España:
- Las Centrales Termosolares actuales están fundamentalmente basadas en esquemas y componentes tecnológicamente conservadores y poco innovadores  
→ Alto potencial de mejora e innovación
- Las Centrales Termosolares actuales resultan rentables gracias a los incentivos (primas o desgravaciones fiscales) que se le conceden
- Las actuales ayudas e incentivos se irán reduciendo paulatinamente.

## CONCLUSIÓN

**Es necesario un importante esfuerzo de I+D+i en la tecnología de las centrales termosolares si deseamos que siga expandiéndose comercialmente y desarrolle todo su potencial para llegar a ser un importante pilar de un nuevo mercado energético más sostenible.**

# Líneas Prioritarias de I+D

Las centrales termosolares tienen que mejorar su competitividad frente a las plantas eléctricas convencionales y a otras EERR. Los tres requisitos principales para lograr este objetivo son:

- Reducción del coste de la electricidad generada (menores costes y/o mayor eficiencia)
- Mayor gestionabilidad
- Mejorar la sostenibilidad medioambiental



# Retos para la Reducción de Costes

Los retos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, colectores cilindro parabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo

# Retos para la Reducción de Costes

Los retos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, colectores cilindro parabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo



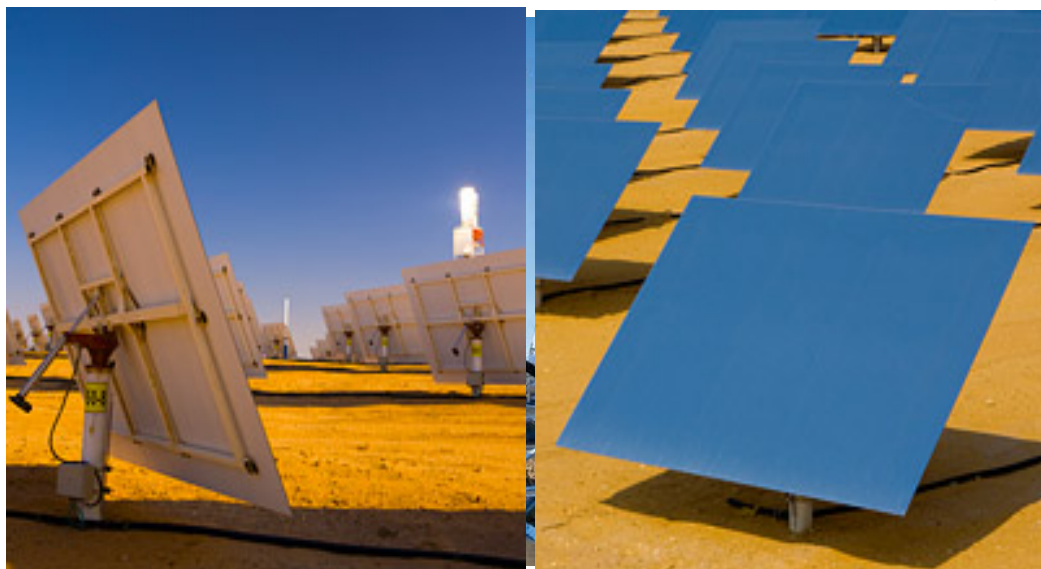
Diseño Albiás Trough (España)  
Diseño Nuevo Trough (España)

34

# Retos para la Reducción de Costes

Los retos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, colectores cilindro parabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo



Heliostatos de 14,3 m<sup>2</sup> desarrollados por Egitos (CET) Israel

35

# Retos para la Reducción de Costes

Los retos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, captadores cilindroparabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo
- Reducir los gastos de operación y mantenimiento
  - Desarrollo de nuevos fluidos de trabajo que tengan un menor mantenimiento que el aceite térmico usado actualmente en los captadores cilindroparabólicos

# Retos para la Reducción de Costes

## Nuevos fluidos de trabajo para CCPs

Fluido	Ventajas frente al aceite térmico	Desventajas frente al aceite térmico
Sales fundidas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mejor almacenamiento térmico</li><li>- Mayor temperatura de trabajo</li><li>- Ningún riesgo medioambiental</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Mayores pérdidas térmicas nocturnas</li><li>-Diseño del campo solar más complejo</li><li>-Mayor consumo interno de electricidad</li></ul>
Generación Directa de Vapor	<ul style="list-style-type: none"><li>- Diseño simple de la planta</li><li>- Mayor temperatura de trabajo</li><li>- Ningún riesgo medioambiental</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Falta de sistema de almacenamiento térmico</li><li>- Control más complejo del campo solar</li><li>- Mayor presión en el campo solar</li></ul>
Gas a presión	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mejor almacenamiento térmico</li><li>- Mayor temperatura de trabajo</li><li>- Ningún riesgo medioambiental</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Peor transferencia de calor en los tubos receptores</li><li>- Control más complejo del campo solar</li><li>- Mayor presión en el campo solar</li></ul>

# Retos para la Reducción de Costes

Los restos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, colectores cilindro parabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo
  
- Reducir los gastos de operación y mantenimiento
  - Desarrollo de nuevos fluidos de trabajo que tengan un menor mantenimiento que el aceite térmico usado actualmente en los colectores cilindro parabólicos
  - Desarrollo de componentes (reflectores, tubos receptores y elementos de unión) con menores requerimientos de mantenimiento y menor tasa de roturas y fallos



# Retos para la Reducción de Costes

Los retos existentes para conseguir una reducción de los costes finales de la electricidad generada son:

- Mejora de los procesos de fabricación y de los diseños de componentes
  - Producción masiva de componentes → automatización de los procesos
  - Nuevos diseños de estructuras (heliostatos, colectores cilindro parabólicos, discos parabólicos, Fresnel, .) que permitan reducir la cantidad de mano de obra requerida, tanto para la fabricación como para el montaje en campo
- Reducir los gastos de operación y mantenimiento
  - Desarrollo de nuevos fluidos de trabajo que tengan un menor mantenimiento que el aceite térmico usado actualmente en los colectores cilindro parabólicos
  - Desarrollo de componentes (reflectores, tubos receptores y elementos de unión) con menores requerimientos de mantenimiento y menor tasa de roturas y fallos
  - Reducir los gastos de mantenimiento de los Motores Stirling actuales, a partir de diseños innovadores y/o el uso de nuevos materiales que soporten condiciones severas de trabajo (presión, temperatura y fricción)

# Retos para la Reducción de Costes

- Mejorar el rendimiento global de la planta
  - Nuevos receptores para torre, capaces de trabajar a temperaturas más altas, con flujos de hasta  $1 \text{ MW/m}^2$  (nuevos materiales), los cuales permitirían conseguir mayores eficiencias termodinámicas
  - Tubos receptores eficientes y duraderos para trabajar a temperaturas del orden de los  $500^\circ\text{C}$  con colectores cilindro parabólicos
  - Desarrollo de turbo-maquinaria específica para las centrales termosolares, en un amplio rango de potencias nominales
  - Mejorar los actuales sistemas de almacenamiento térmico en calor sensible basados en sales fundidas (componentes con alta durabilidad y fiabilidad)

# Retos para la Reducción de Costes

Vista general de un sistema de almacenamiento mediante sales fundidas de 1 GWh de capacidad



# Retos para la Reducción de Costes

- Mejorar el rendimiento global de la planta
  - Nuevos receptores para torre, capaces de trabajar a temperaturas más altas, con flujos de hasta  $1 \text{ MW/m}^2$  (nuevos materiales), los cuales permitirían conseguir mayores eficiencias termodinámicas
  - Tubos receptores eficientes y duraderos para trabajar a temperaturas del orden de los  $500^\circ\text{C}$  con colectores cilindro parabólicos
  - Desarrollo de turbo-maquinaria específica para las centrales termosolares, en un amplio rango de potencias nominales
  - Mejorar los actuales sistemas de almacenamiento térmico en calor sensible basados en sales fundidas (componentes con alta durabilidad y fiabilidad)
  - Desarrollar nuevos conceptos de almacenamiento térmico, tanto para calor sensible como latente (cambio de fase). Nuevos conceptos y nuevos materiales

# Retos para la Reducción de Costes

## ➤ Mejorar el rendimiento global de la planta

- Nuevos receptores para torre, capaces de trabajar a temperaturas más altas, con flujos de hasta  $1 \text{ MW/m}^2$  (nuevos materiales), los cuales permitirían conseguir mayores eficiencias termodinámicas
- Tubos receptores eficientes y duraderos para trabajar a temperaturas del orden de los  $500^\circ\text{C}$  con colectores cilindro parabólicos
- Desarrollo de turbo-maquinaria específica para las centrales termosolares, en un amplio rango de potencias nominales
- Mejorar los actuales sistemas de almacenamiento térmico en calor sensible basados en sales fundidas (componentes con alta durabilidad y fiabilidad)
- Desarrollar nuevos conceptos de almacenamiento térmico, tanto para calor sensible como latente (cambio de fase). Nuevos conceptos y nuevos materiales
- Desarrollar sistemas de almacenamiento termo-químicos



$$\Delta H = 100 \text{ kJ/mol}, \text{ Teq.} = 507^\circ\text{C}$$

# Retos para la Mejora de la Gestionabilidad

Una de las mayores ventajas de las centrales termosolares es su mayor facilidad para conseguir una buena gestionabilidad de la producción

- Buena predictibilidad de la producción eléctrica
  - Desarrollo de modelos de simulación precisos y contrastados
  - Desarrollo de herramientas fiables de predicción meteorológica



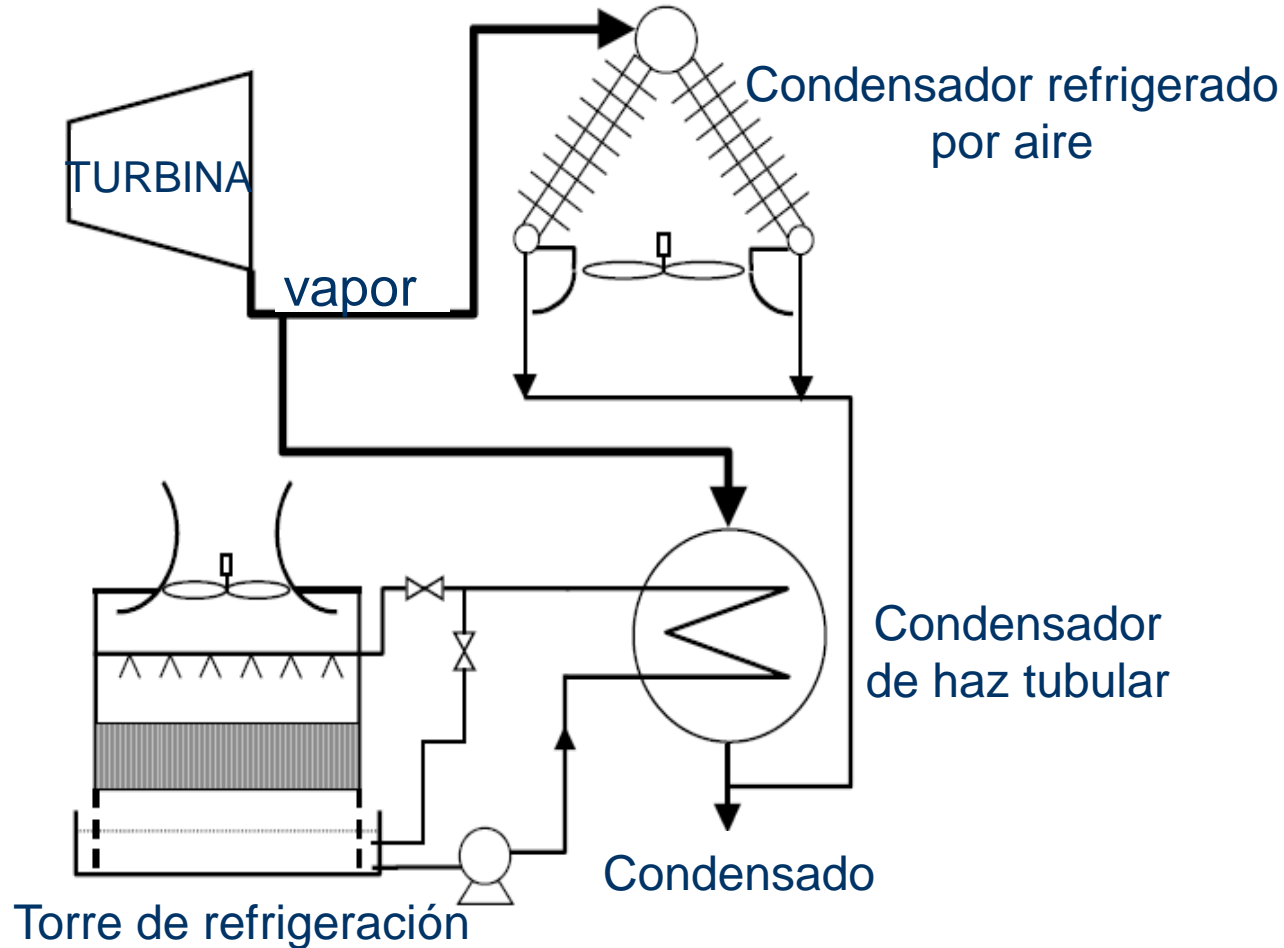
# Retos para Reducir el Impacto Medioambiental

Los lugares con alta insolación suelen tener escasez de agua, lo que aconseja reducir el consumo de agua de las plantas solares termoeléctricas. Adicionalmente es necesario buscar fluidos de trabajo menos agresivos medioambientalmente que el aceite térmico actual

- Reducir el consumo de agua de las plantas solares termoeléctricas
  - Mejorar el rendimiento de los sistemas de refrigeración con aerocondensadores
  - Implementar sistemas duales de refrigeración

# Retos para Reducir el Impacto Medioambiental

## Esquema de un sistema de condensación híbrido



# Retos para Reducir el Impacto Medioambiental

Los lugares con alta insolación suelen tener escasez de agua, lo que aconseja reducir el consumo de agua de las plantas solares termoeléctricas. Adicionalmente es necesario buscar fluidos de trabajo menos agresivos medioambientalmente que el aceite térmico actual

- Reducir el consumo de agua de las plantas solares termoeléctricas
  - Mejorar el rendimiento de los sistemas de refrigeración con aerocondensadores
  - Implementar sistemas duales de refrigeración
  - Desarrollar sistemas que hagan uso de las menores temperaturas nocturnas, mediante el llamado “*almacenamiento térmico negativo*”
  - Desarrollo de tratamientos anti-suciedad para los reflectores
- Nuevos fluidos de trabajo para colectores cilindro parabólicos medioambientalmente más benignos que los aceites térmicos



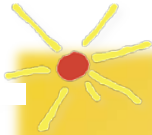
# Infraestructuras españolas para I+D+i

La Plataforma Solar de Almería (PSA) es actualmente el mayor centro del mundo de I+D en sistemas solares de concentración



# Centrales Termosolares: Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

## Índice



- Factores que influyen en la eficiencia y viabilidad
- Potencial e Interés Comercial
- Importancia de la I+D
- Principales campos para la I+D
- **Conclusiones**



# Centrales Termosolares: Potencial Comercial y Mejoras Tecnológicas

## Conclusiones

- Las Centrales Termosolares son una opción viable para suministrar una fracción importante del consumo mundial de energía
- Aunque el coste de electricidad termosolar es aun alto, existe un alto potencial de reducción de costes
- Se requiere un gran esfuerzo de I+D+I, y en España contamos con excelentes centros para ello
- Las ayudas públicas son necesarias durante las primeras etapas de la curva de aprendizaje de la tecnología
- La construcción de potentes líneas eléctricas de alto voltaje en corriente continua es fundamental para poder lograr una alta penetración de las energías termosolar y eólica en el mercado eléctrico





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



ANDALUCÍA TECH

**Centrales Termosolares:  
ventajas económicas, potencial comercial y  
posibles mejoras tecnológicas**

*Fin de la Presentación*

**! Muchas gracias !**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD

**Ciemat**

Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas