

Seminario sobre ENERGIA SOLAR



20-21 de Febrero 2006
Consejo Social, Universidad Politécnica de Madrid

1ª Jornada, día 20 de febrero, 2006
2ª Sesión: Ciencia y tecnología para la solar térmica de alta
temperatura

D. Roberto Legaz
Iberdrola. Director de Desarrollo de negocio y empresas
participadas
“Iberdrola y la energía solar termoeléctrica. Generación directa
de vapor”

IBERDROLA y la Energía Solar Termoeléctrica Generación Directa de Vapor

Universidad Politécnica de Madrid
Seminario sobre Energía Solar
Madrid, 20 – 21 de Febrero de 2.006

IBERDROLA ENERGÍAS RENOVABLES



ÍNDICE

1. IBERDROLA y las Energías Renovables
2. Tecnologías Termoeléctricas
3. IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica
4. Proyecto de Generación Directa de Vapor

ANTECEDENTES



- **IBERDROLA históricamente ha sido pionera en los sectores hidráulico y eólico**
- **En 2001, con el nuevo Plan Estratégico de Iberdrola, las energías renovables pasan a ser esenciales en la estrategia del negocio.**

Iberdrola: mayor productor eólico del mundo y una de las principales empresas mundiales en renovables

Apuesta decidida tanto en tecnologías renovables consolidadas como en emergentes

Proyectos operativos y en desarrollo en España, Europa y América Latina

Esfuerzo para integrar las renovables dentro del sistema energético para favorecer el desarrollo sostenible del sector

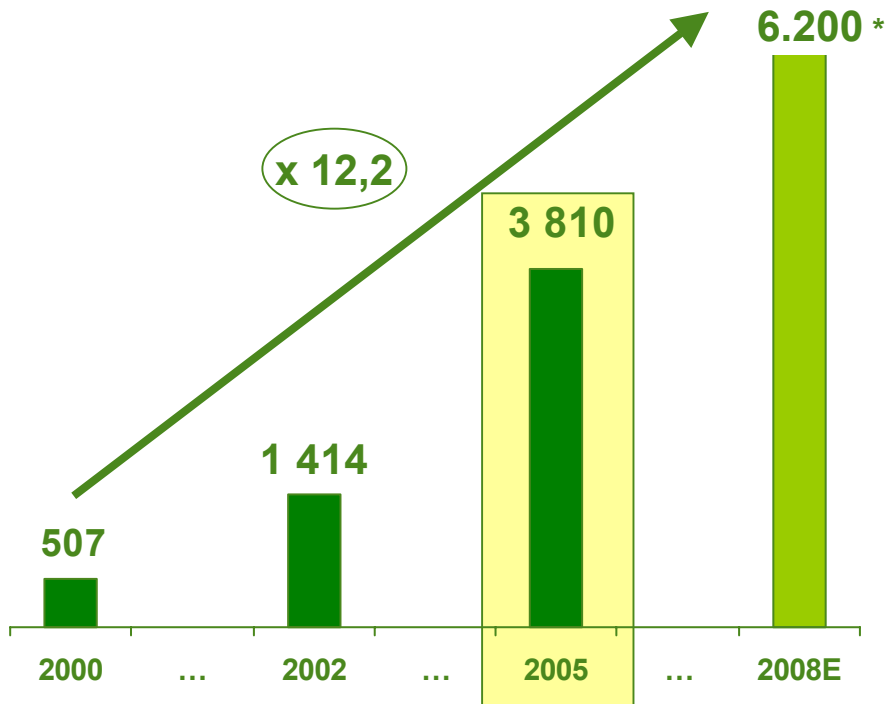
**3.810 MW instalados* (3.494 MW eólicos;
316 MW minihidráulica)**

* A 31 Diciembre 2005

Potencia Instalada Renovable

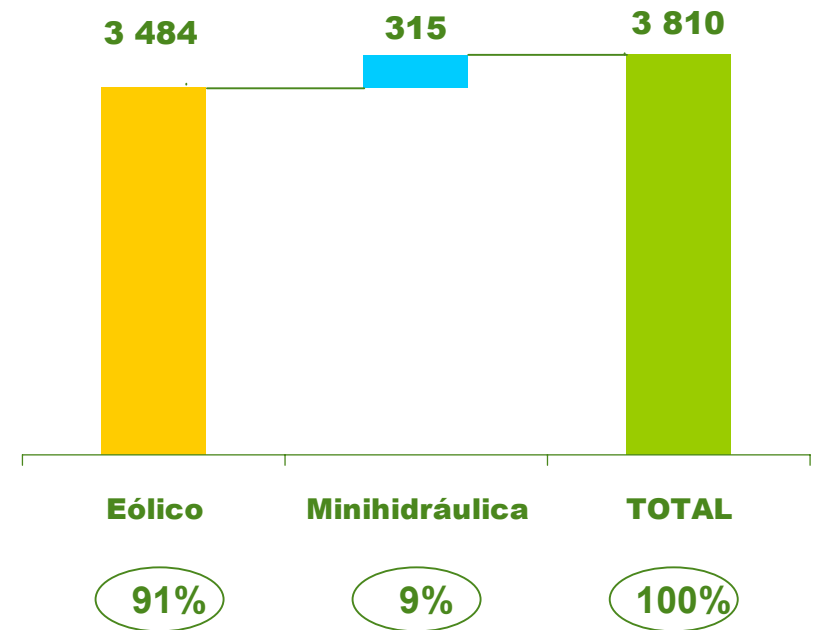


Evolución potencia operativa (MW)



(*) 1.200 MW de desarrollo internacional

Desglose potencia (MW, enero de 2005)



Energía Eólica: Principal vector de Crecimiento



- La Energía Eólica es el principal negocio de IBERDROLA dentro de las Energías Renovable.

- Lideres Mundiales en Energía Eólica.



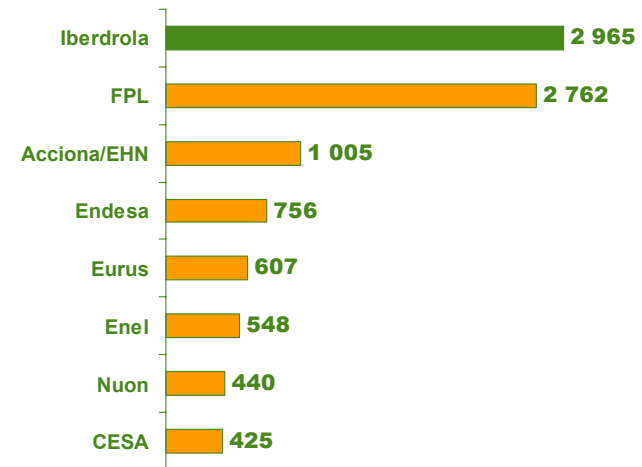
Datos Abril 2005:

33% Mercado eólico español (8.857 MW)

9% Mercado eólico europeo

6% Mercado eólico mundial

Ranking Eólico Mundial (MW)



IBERDROLA – OPT

Central Eléctrica de Captación de la Energía de las Olas



- Proyecto en desarrollo.
- Socios del Proyecto:
 - IBERENNOVA - 60%.
 - Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) - 10%
 - TOTAL (compañía francesa) - 10%
 - Ocean Power Technologies Inc -10%
 - Sociedad para el Desarrollo Regional de Cantabria (SODERCAN) - 10%.
- Colaboración con la Universidad de Cantabria.
- Aprovechamiento de la energía de las olas para la producción de energía eléctrica.
- Localización: Cantabria, Santoña, Faro del Pescador
- Potencia: 1,25 - 1,5 MW
→ 10 boyas de hasta 150 kW
- Distancia de la costa: 2,5 – 4 km
- Conexión eléctrica: línea de suministro al Faro del Pescador.

El CORE (Centro de operación de Energías Renovables)



- Ubicado en Toledo. Está dirigido a mejorar la integración de estas energías en el sistema y mejorar su eficiencia.
- Es una iniciativa pionera en el sector tanto por su tecnología como por su alcance.
- Permite mejorar la gestión y la operación de las instalaciones de energías renovables
- Con ello se mejora la integración de estas energías en el Sistema y se eliminan potenciales barreras tecnológicas a su desarrollo

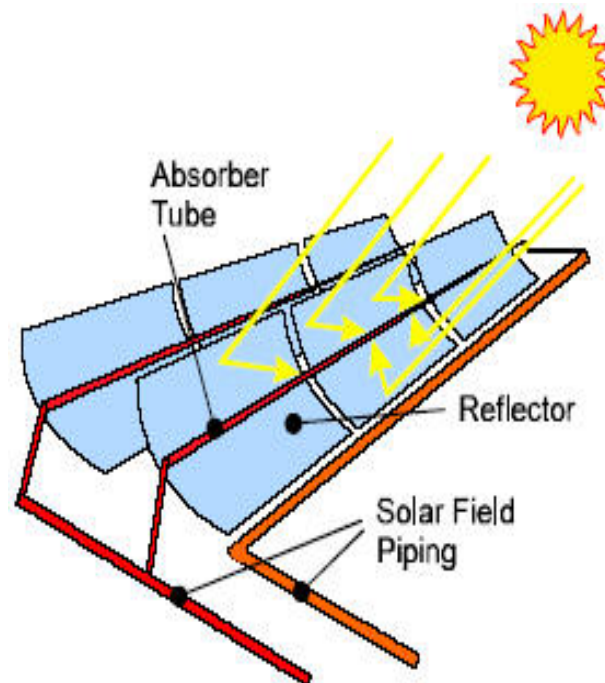
ÍNDICE

1. IBERDROLA y las Energías Renovables
2. Tecnologías Termoeléctricas
3. IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica
4. El proyecto de Generación Directa de Vapor

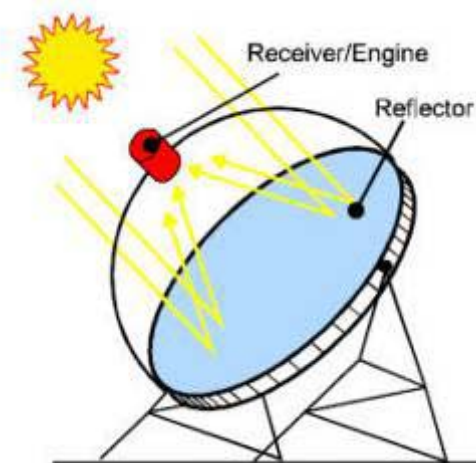
Tecnologías Termoeléctricas

- Concentran la radiación solar $\Rightarrow$ altas temperaturas de fluido
- Sólo se puede concentrar la radiación solar directa
- Tecnologías disponibles en la actualidad:
 1. Concentradores cilindro-parabólicos.
 2. Sistemas de torre central.
 3. Discos parabólicos.

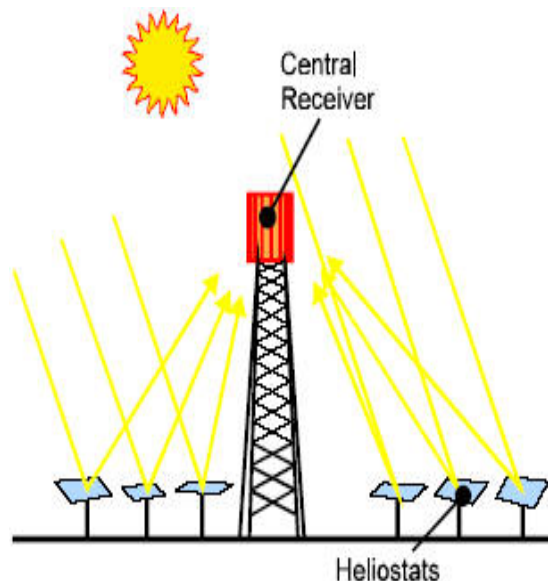
Tecnologías Termoeléctricas



Cilindro-parabólicos



Disco
Stirling



Torre
central

- **Sistema de torre central**

Concentran la radiación en un receptor ubicado en lo alto de una torre. Para ello, se utilizan espejos (heliostatos), que siguen al sol en **DOS EJES**.

Factor de **concentración** entre **200 y 1000 veces**.

En desarrollo

- **Discos parabólicos**

Un disco parabólico que sigue al sol en **DOS EJES**, concentra la radiación en el foco caliente de un motor Stirling.

Factor de **concentración** entre **1000 y 4000 veces**.

En desarrollo

- **Concentradores cilindro-parabólicos**

Concentran la radiación en un tubo ubicado en el foco de una parábola.

Las parábolas, siguen al sol en **UN SOLO EJE**.

Factor de **concentración** de la radiación entre **30 y 80 veces**.

- **Tecnología HTF**

En fase comercial

- **Tecnología GDV**

En fase precomercial

Tecnologías Termoeléctricas



COMPARATIVA

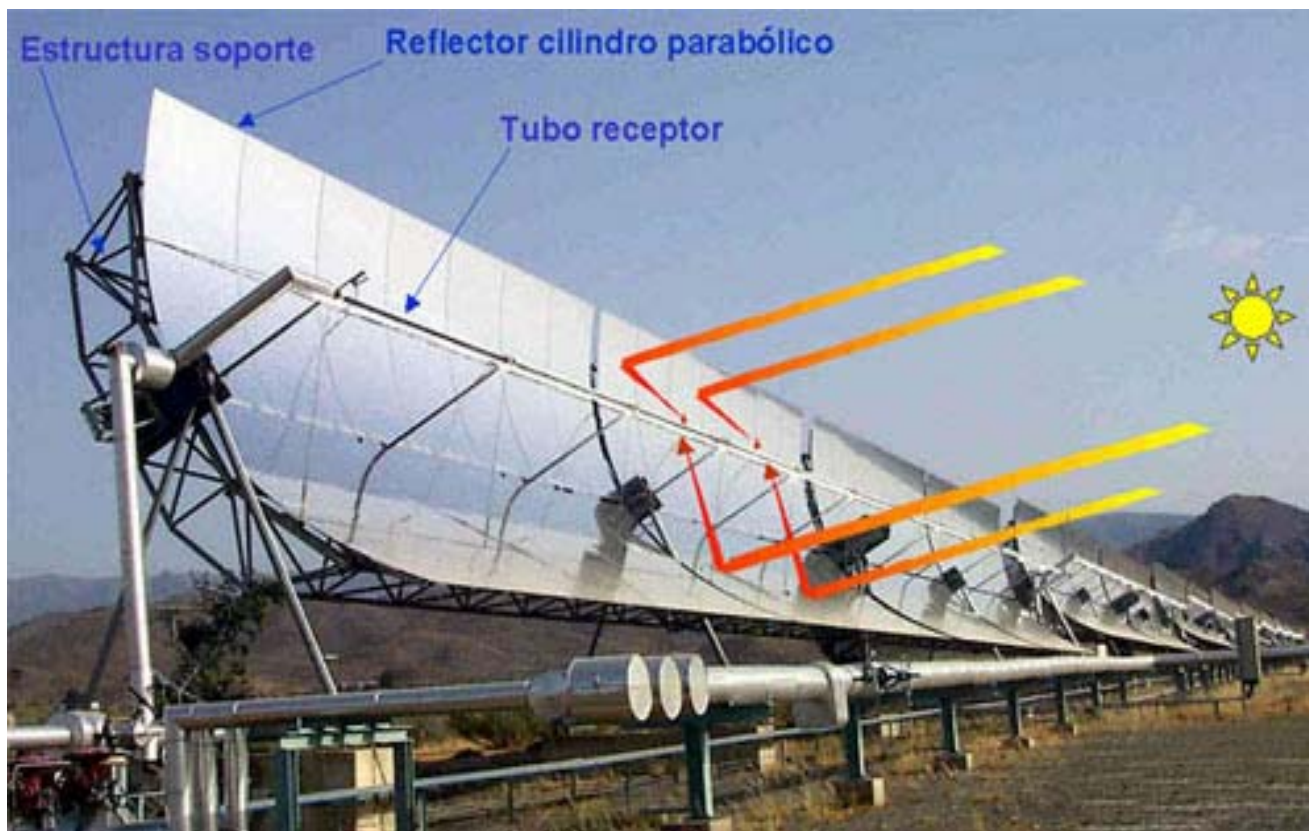
- Existe incertidumbre en el sector

	Cilindro parabólicos	Centrales de torre	Disco/motor
Tamaño (MW)	30-80	10-15	5-15 *10 ⁻³
Temperatura operación	390 °C	565 °C	750 °C
Estado comercial	Comercial	Demostración	Prototipos
Riesgo Tecnológico	Bajo	Medio	Alto
Inversión (€/kW)	4.800	5.300	11.659
O&M (€/MWh)	9,26 €	6,49 €	18,63 €

Fuente: "Overview of Solar Thermal Technologies" del U.S. Department of Energy (DOE)

Tecnologías Termoeléctricas

CCP Concentradores Cilindro-Parabólicos



- Principio básico:

- La concentración de la radiación se lleva a cabo mediante unos colectores de forma cilíndrica con una superficie especular. La superficie de calentamiento es un tubo situado en el eje del cilindro (foco).

- Por el interior del tubo se hace circular un fluido térmico que se dirige a un generador de vapor, enviándose posteriormente a turbina. Existe la posibilidad de hacer circular agua por el tubo y generar directamente vapor en el tubo.

Tecnologías Termoeléctricas

CCP Concentradores Cilindro-Parabólicos

ANTECEDENTES: *Plantas SEGS (Solar Electricity Generating System)*



- Nueve plantas en total (354 MWe)
 - SEGS I, 14 MW.
 - SEGS II a VII, 30 MW.
 - SEGS VIII y IX, 80 MW.
- Primera planta puesta en marcha en 1984
- Han generado más de 10.000.000 de MWh.
- Más de 25.000 horas en operación.
- Instaladas en el desierto del Mojave (California, EEUU)
- 30% de hibridación directa con Gas.

ÍNDICE

1. IBERDROLA y las Energías Renovables
2. Tecnologías Termoeléctricas
3. IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica
4. Proyecto de Generación Directa de Vapor

Análisis del mercado Solar Termoeléctrico en España

- El Plan de Fomento de las Energías Renovables, aprobado en 1999, establece el objetivo de lograr 200 MW de Energía Solar Termoeléctrica en 2010. Esta potencia se ha elevado a 500 MW.
- La aprobación del RD 436/2004 por el cual se establece una mejora en la retribución a las centrales termosolares, sumado a la modificación realizada en el RD 2351/2004, donde se fija, de forma clara, un porcentaje de hibridación con combustible fósil, hace que los Proyectos termosolares puedan ser, en principio, rentables.
- Estos factores han suscitado el interés de diferentes inversores por la Energía Solar Termoeléctrica.
- Aun persisten riesgos inherentes debidos a la inmadurez de esta tecnología.
- IBERDROLA, como empresa fuerte en el sector de las energías renovables, está analizando en detalle esta tecnología.

Posición frente al mercado Solar Termoeléctrico

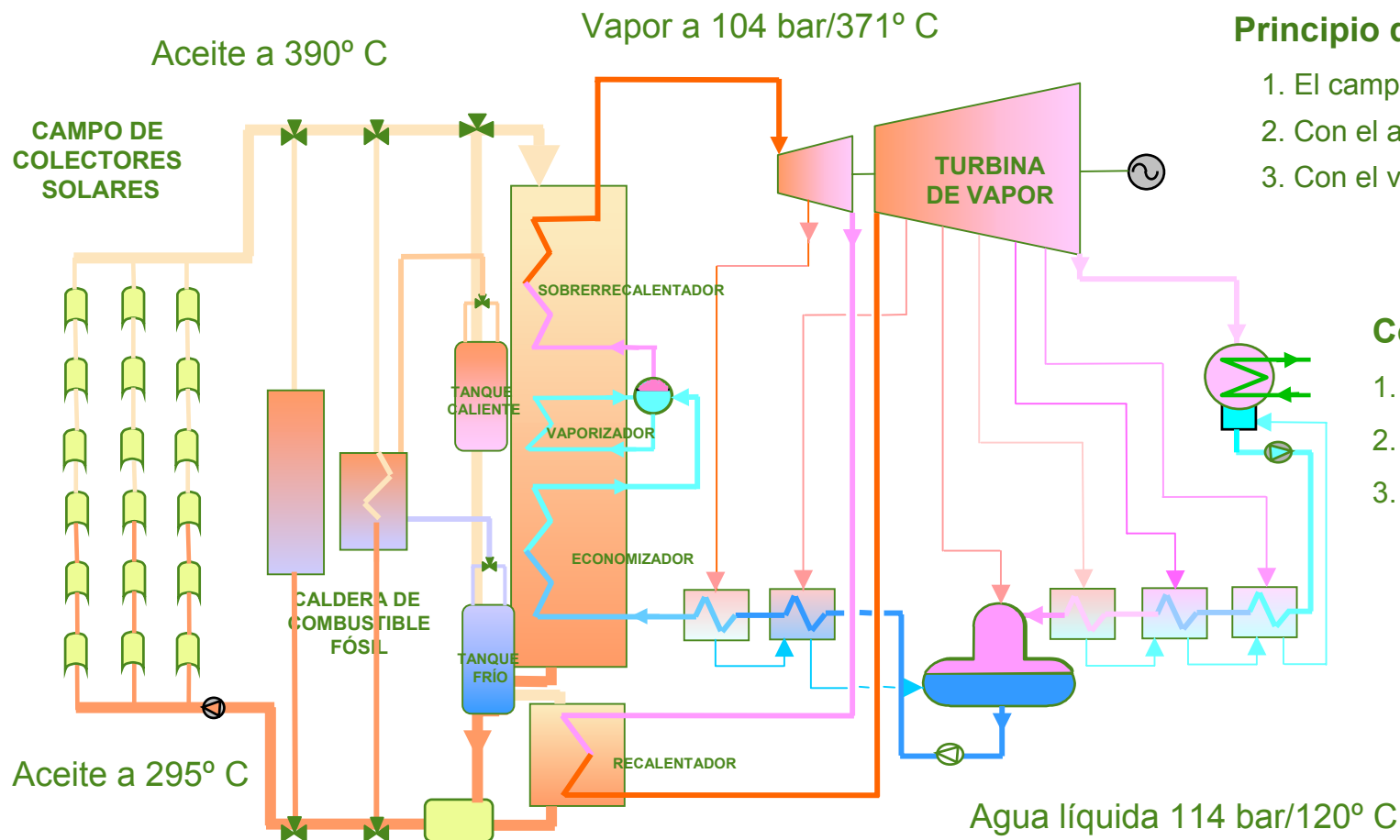
- En la actualidad IBERDROLA está promocionando varias Plantas Termosolares de HTF (Heat Transfer Fluid) con tecnología CCP (Colectores Cilindro Parabólicos).
- Se han instalado varias estaciones meteorológicas, en diferentes emplazamientos, con el objeto de medir la radiación existente en la zona. Se analiza la radiación obtenida mediante satélite y se elaboran las posibles correlaciones.
- Se están analizando los **riesgos** tecnológicos asociados a un mercado que está poco desarrollado y muy limitado en cuanto a competencia. Se analizan: Tubos absorbedores, Espejos reflectantes, Estructura soporte y Sistema de almacenamiento térmico.
- Se está optimizando el diseño de diferentes tamaños de planta con sistema de almacenamiento térmico.
- Se siguen analizando el resto de Tecnologías Termoeléctricas, y se estudian la posibilidades de la GDV (Generación Directa de Vapor).

IBERDROLA y la Solar Termoelectrónica



Tecnología CCP (Concentradores Cilindro-Parabólicos)

HTF (Heat Transfer Fluid)



Principio de funcionamiento:

1. El campo solar calienta aceite (HTF)
2. Con el aceite se genera vapor.
3. Con el vapor se genera electricidad.

Componentes:

1. Campo Colectores Solares
2. Sistema de Apoyo
3. BOP (Bloque de Potencia)

IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica

Selección de emplazamientos



Elevado nivel de Radiación Solar

Evacuación eléctrica

Agua en abundancia

Depende de la tecnología empleada.

Gas Natural

Si se opta por la hibridación,
es necesario un gasoducto.

Terreno

Aprox. 250 hectáreas para 50 MWe.
Características geológicas adecuadas.

SISMOLOGÍA



IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica

Datos Generales



PLANTAS 50 MW

Límite primas

50 MW, tecnología HTF aceite (experiencia)

Superficie

250 ha

Campo solar

488.320 m² area apertura (224 lazos de 4 colectores)

Bloque de potencia

49,5 MWe netos

Producción anual

3.100 horas equivalentes

Inversión: **240 MM EUR**

70% Campo Solar + Almacenamiento Térmico

15% Bloque de Potencia y B.O.P.

15% O.C., Montaje y P.E.M.

Recursos

Agua: 660.000 m³/año

Gas: 7.000.000 m³/año

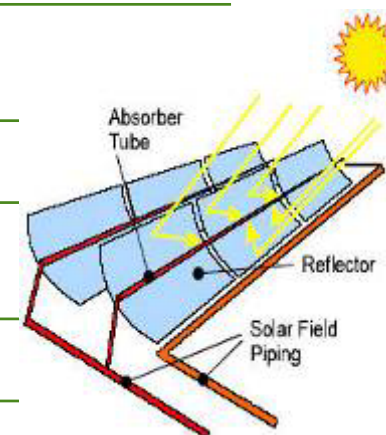


IBERDROLA y la Solar Termoelectrica



Iberdrola está promoviendo las siguientes plantas de 50 MW HTF:

Proyecto	Participaciones previstas	
Puertollano (Ciudad Real)	10% IDAE 90% IBERDROLA	
Aznalcóllar (Sevilla)	10% IDAE 15% UNICAJA 75% IBERDROLA	
Lorca (Murcia)	10% IDAE 25% CAJA MURCIA 65% IBERDROLA	
Fuente de Cantos (Badajoz)	15 %Caja Extremadura 20% ACS/EYRA 55% IBERDROLA	10 % IDAE
Valdecaballeros (2 plantas) (Badajoz)	10 % IDAE 15% FIRSA 75% Iberdrola	
Cubillos (Zamora)	1 a 2 %EREN 13 a 14 % Socios locales 85 %IBERDROLA	
Almansa (Albacete)	10% IDAE 90% IBERDROLA	
Tabernas (Almería)	10%i IDAE 15%UNICAJA 75%IBERDROLA	
Estremera (Madrid)	10% IDAE 90% IBERDROLA	
Alconaba (Soria)	10% IDAE 90% IBERDROLA	



ÍNDICE

1. IBERDROLA y las Energías Renovables
2. Tecnologías Termoeléctricas
3. IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica
4. Proyecto de Generación Directa de Vapor

Proyecto de Generación Directa de Vapor



Objetivo del Proyecto

Desarrollo tecnológico de una Planta Solar Térmica innovadora, basándose en tres elementos principales:

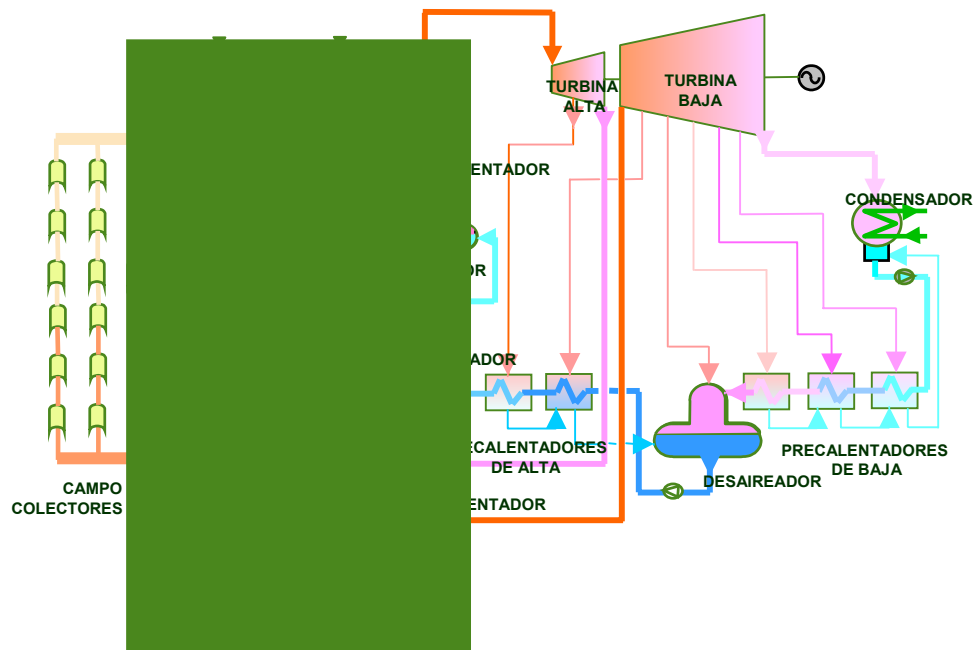
- Realización de una planta con generación directa del vapor en los tubos absorbedores
- Realización de un nuevo diseño de colector cilindro-parabólico
- Realización de un nuevo diseño de tubo absorbedor

IBERDROLA y la Solar Termoelectrica

Evolución tecnológica GDV (Generación Directa de Vapor)

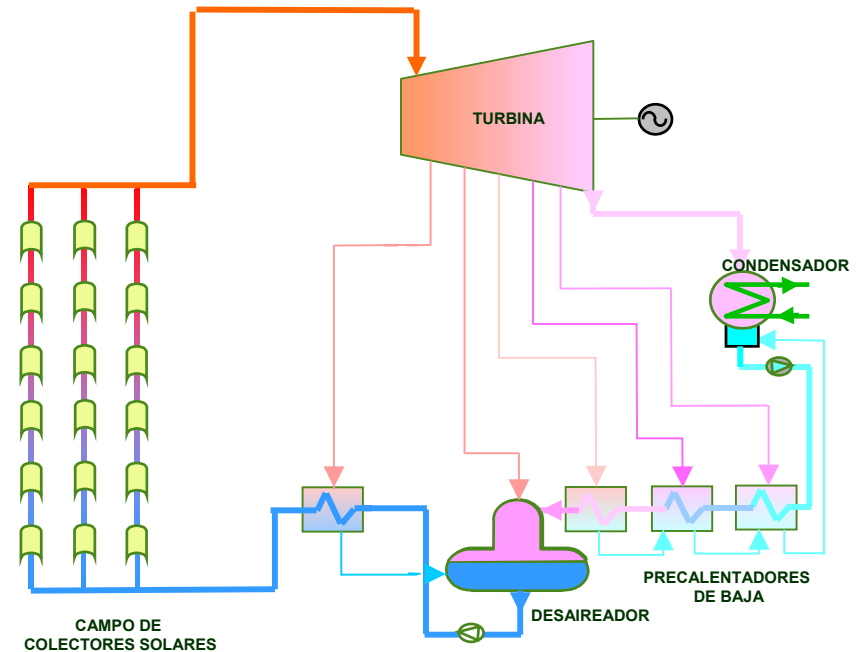


Planta HTF con aceite



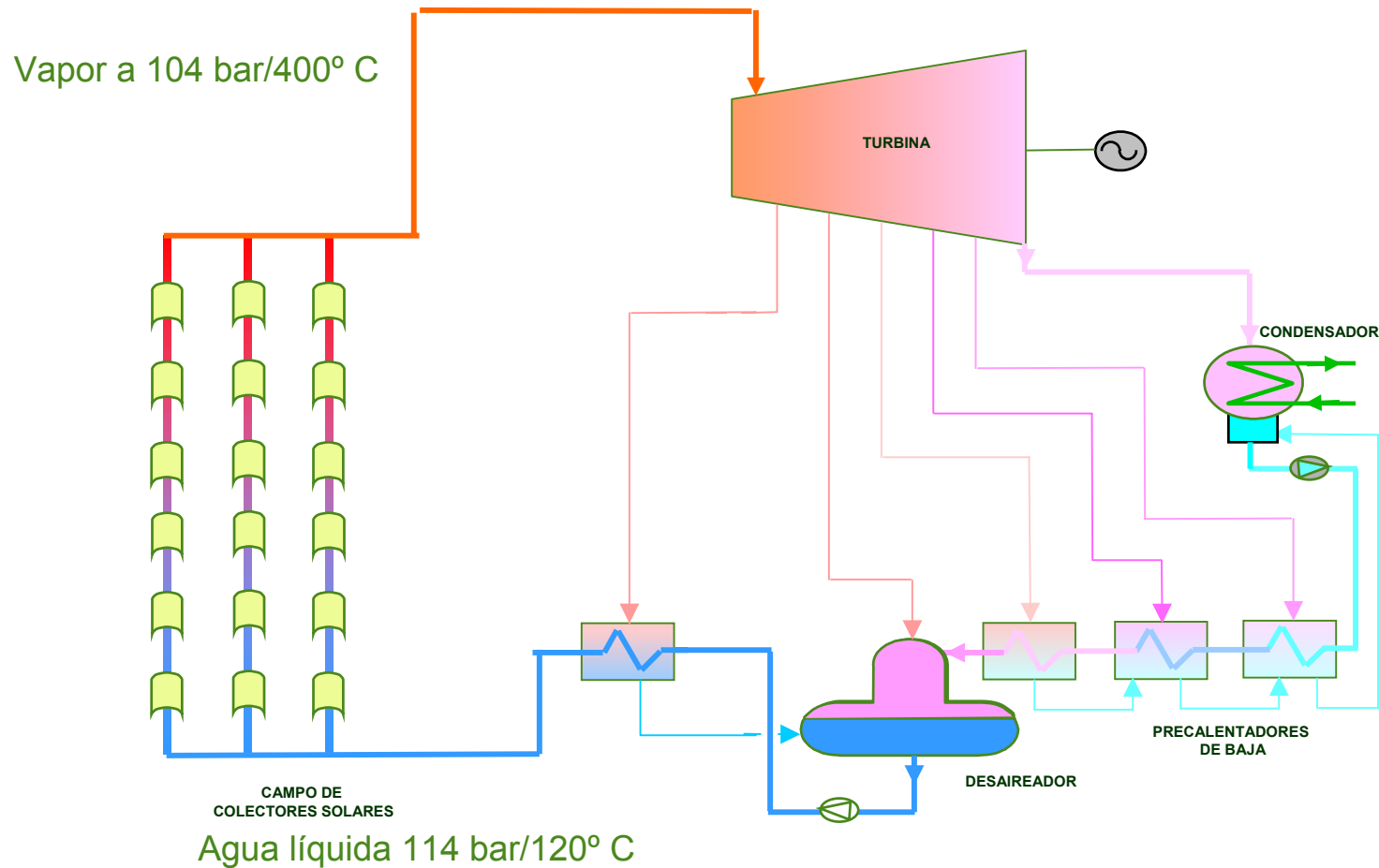
SE ELIMINA

Planta DSG con agua-vapor



IBERDROLA y la Solar Termoeléctrica

Parámetros Técnicos Principales



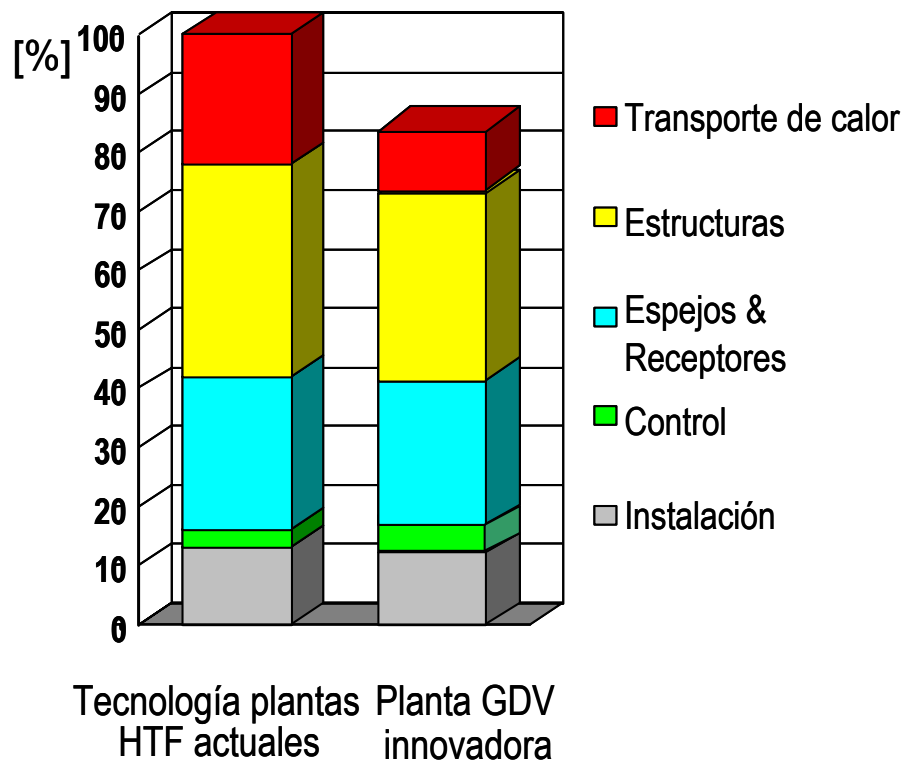
Proyecto de Generación Directa de Vapor



Resultado esperado del Proyecto

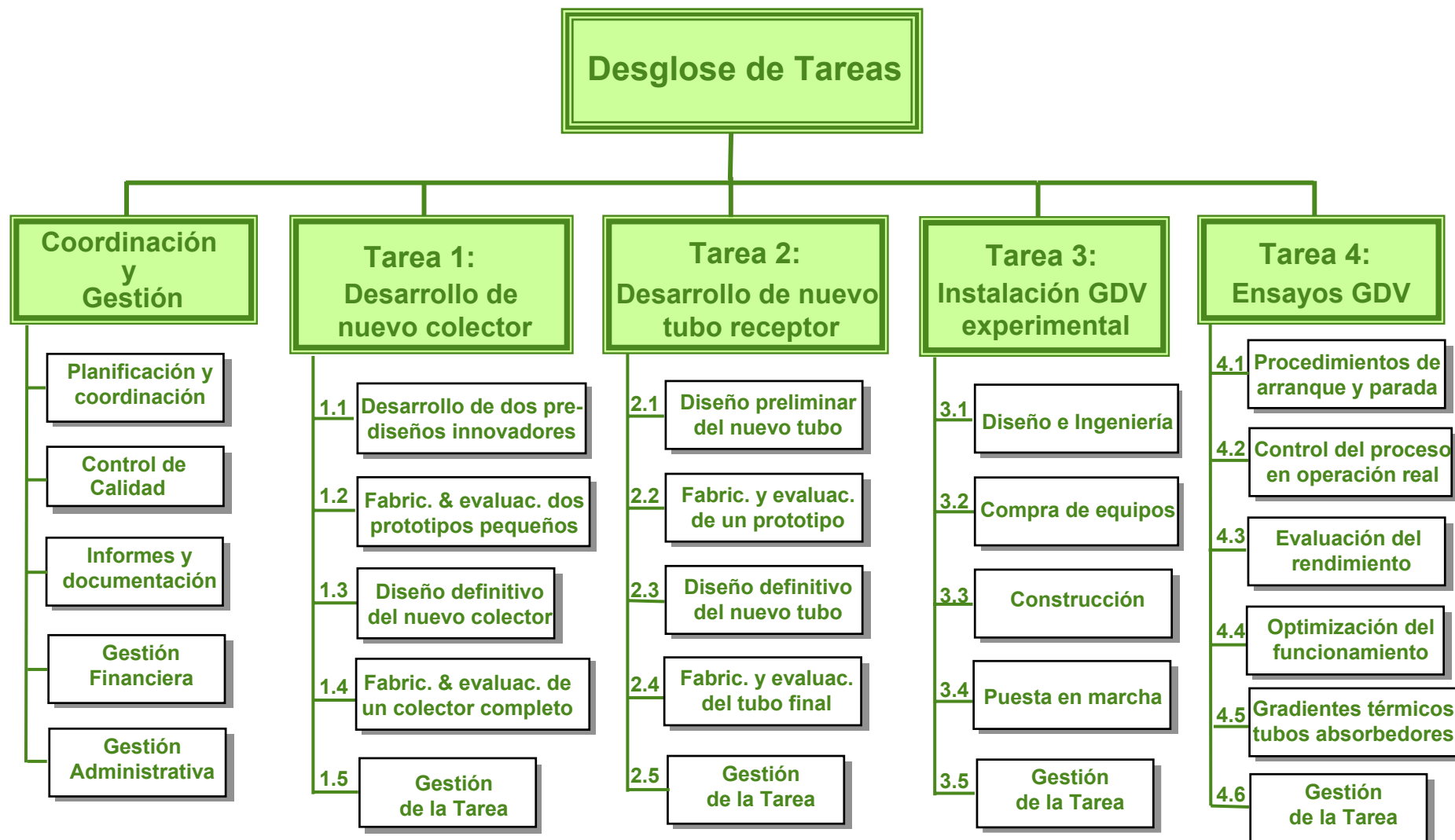
Reducción superior al 20% del coste de la electricidad generada con plantas de colectores cilindro-parabólicos

15 % menos en la inversión del campo solar



Proyecto de Generación Directa de Vapor

Plan de Trabajo del Proyecto



Proyecto de Generación Directa de Vapor



Nuevo diseño de colector cilindro-parabólico

- ✓ Los diseños actuales se basan en estructuras metálicas espaciales que resultan costosas de fabricar y montar en campo



Solargenix



Skal-ET



LS-3



SenerTrough

- ✓ Un nuevo diseño basado en un tubo soporte central sobre el que se montan los brazos puede proporcionar la misma rigidez estructural con menor coste

Proyecto de Generación Directa de Vapor

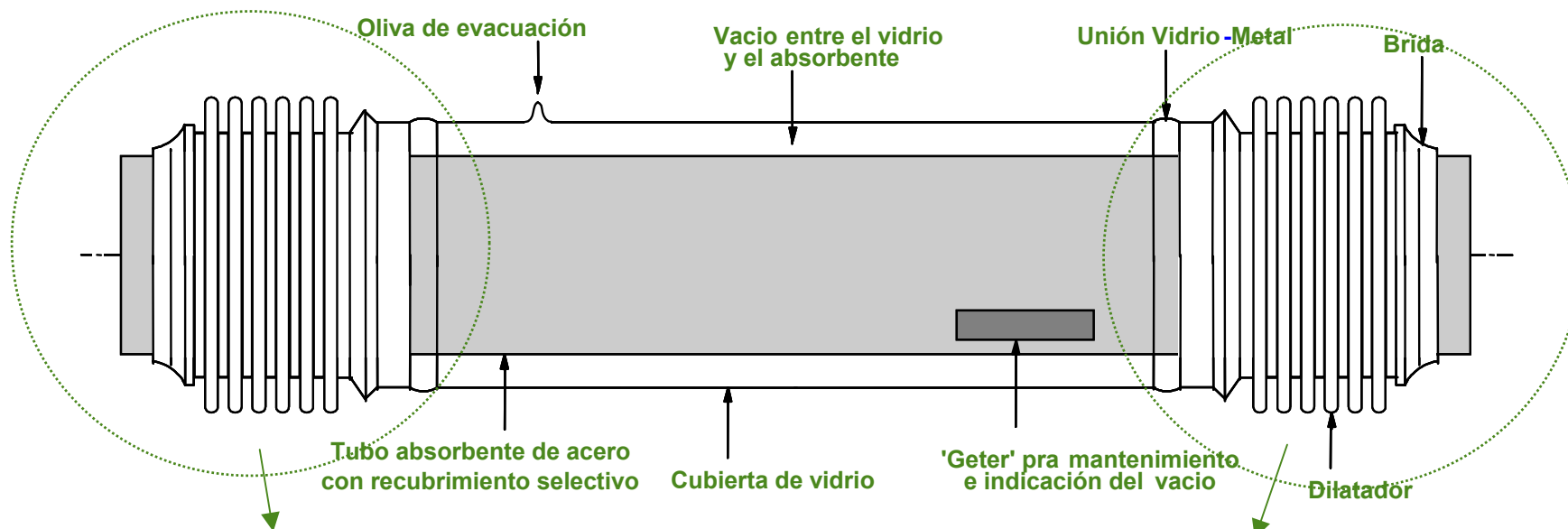
Nuevo diseño de tubo absorbedor

- ✓ En la actualidad solo existen dos modelos comerciales de tubo absorbedor para plantas solares termo-eléctricas (Schott y SOLEL Solar Systems), los cuales son caros y requieren una infraestructura muy costosa.
- ✓ Un nuevo diseño de tubo absorbedor basado en el uso de pinturas térmicas negras en vez de recubrimientos selectivos, y sin soldadura vidrio-metal, puede resultar competitivo para temperaturas de trabajo moderadas. Los resultados preliminares obtenidos han sido positivos.



Proyecto de Generación Directa de Vapor

Nuevo diseño de tubo absorbedor



Proyecto de Generación Directa de Vapor



Características principales de la planta de Generación Directa

- Eliminación del aceite térmico, generando el vapor directamente en el tubo absorbedor
- Campo solar de 38.000 m² de captación, consistente en siete filas paralelas de diez colectores cada uno
- Bloque de potencia:
 - 4,5 MWe netos
 - Mejores condiciones de la energía térmica, mejora de la eficiencia
 - Versatilidad de operación
- Superficie aproximada empleada: 12,5 Ha

Proyecto de Generación Directa de Vapor



Soporte Tecnológico Previo

Demostración tecnológica GDV:

- En funcionamiento desde 1.998.
- Más de 4.500 horas en operación.
- Utiliza los mismos colectores cilindro-parabólicos.
- Genera vapor hasta 400°C y 100 bar.
- Proceso perfectamente controlado.

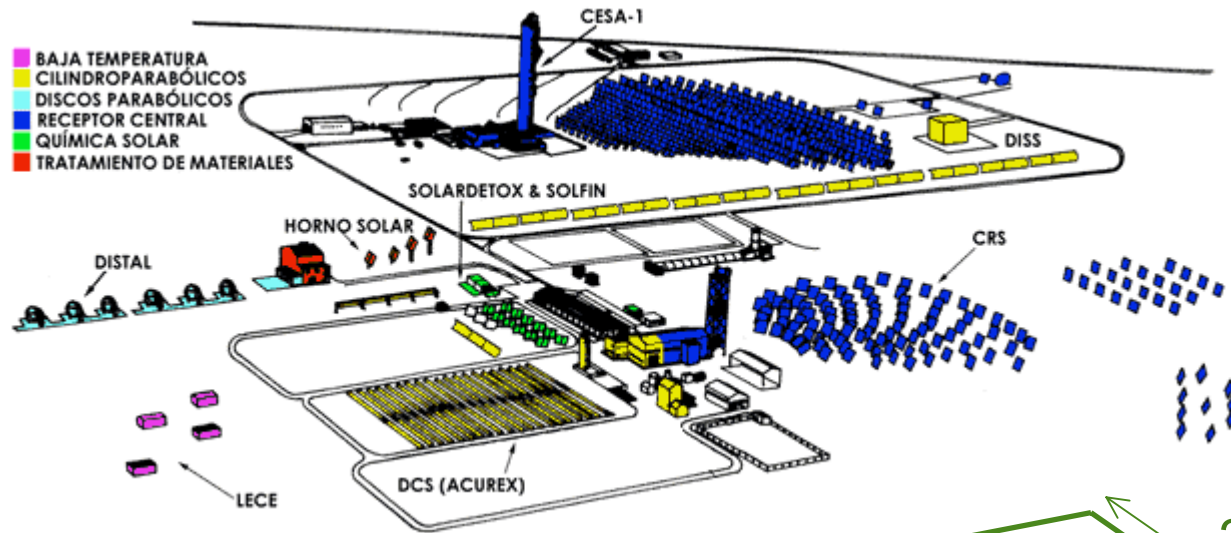
Lazo DISS (Direct Solar Steam)



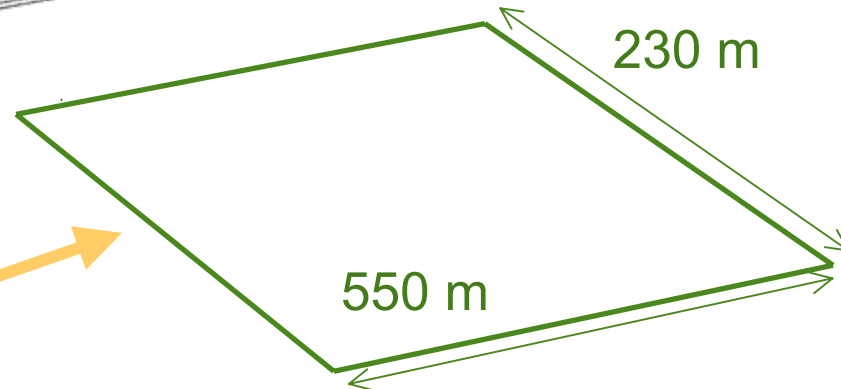
Proyecto INDITEP

Este proyecto es la continuación de las actividades llevadas previamente a cabo dentro de los proyectos europeos en los que el proyecto INDITEP supuso la continuación del DISS, desarrollando la ingeniería de la planta que se propone ahora, y concluye el programa de I+D iniciado en 1996 para el desarrollo de la tecnología GDV.

EMPLAZAMIENTO



Emplazamiento
previsto planta
GDV 5 MW



Extensión total: 12,5 ha

Ventajas e inconvenientes sobre la tecnología actual

VENTAJAS

- Eliminación de una parte importante de instalaciones necesarias con la tecnología actual, como todos los equipos de intercambio térmico aceite/agua
- Incremento de la eficiencia por aumento de la calidad del vapor generado
- Reducción del campo solar para igual producción
- Reducción de costes de Operación y Mantenimiento
- Mejora medioambiental por eliminación del uso de aceite

INCONVENIENTES

- No hay antecedente comercial, pero si hay planta piloto, Proyecto DISS (Almería, en operación desde 1998)
- Control del proceso más complicado por la existencia de flujo en dos fases
- Tuberías válvulas y accesorios más robustos por las mayores presiones implicadas
- Necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos

Proyecto de Generación Directa de Vapor



Resumen Datos de Explotación

• Potencia Eléctrica Neta	4,5 MW
• Producción eléctrica anual estimada	8.500 MWh(*)
• Precio venta de la electricidad	21,6 c€/kWh
• Ingresos brutos	1,8 millones €/año
• Inversión total	14~15 millones €
• Subvención esperada	6,2 millones €
• Costes Operación y Mantenimiento	450.000 €/año
- Materiales:	150.000 €/año
- Personal	300.000 €/año
- Alquiler de terrenos	0 €/año

(*) Descontados los períodos de ensayos

Proyecto de Generación Directa de Vapor



Grupo Promotor del Proyecto

Empresas y participaciones

•IBERENOVA	32,5 %
•IDAE	10 %
•CIEMAT	15 %
•SENER	10 %
•SOLUCAR	32,5 %



En el proyecto participan empresas y entidades de diferentes ámbitos de actuación dentro del sector de la energía, lo que permite disponer de una acumulación de recursos técnicos y humanos y de una solidez empresarial que capacitan a este grupo para llevar a cabo el proyecto con éxito a pesar de las barreras tecnológicas que presenta.

IBERDROLA y la Energía Solar Termoeléctrica Generación Directa de Vapor

Universidad Politécnica de Madrid
Seminario sobre Energía Solar
Madrid, 20 – 21 de Febrero de 2.006

IBERDROLA ENERGÍAS RENOVABLES

