

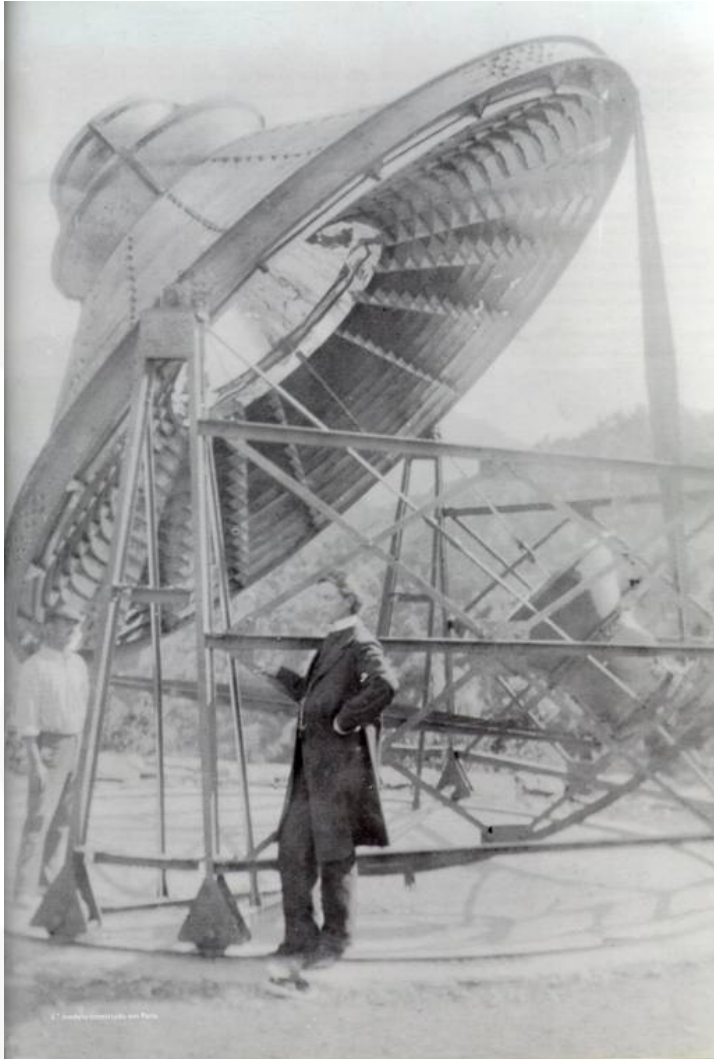
Aplicações com concentração solar

João Farinha Mendes

UES- Unidade de Energia Solar

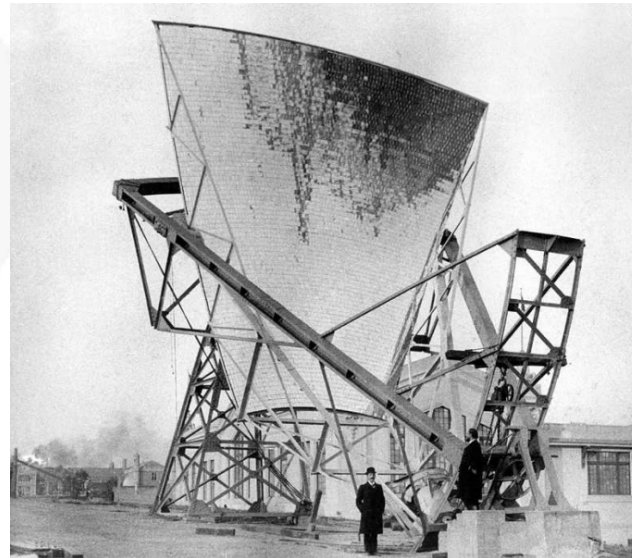
31 Outubro de 2013

Padre José Manuel Gomes (Padre Himalaia) foi precursor a nível mundial no estudo e desenvolvimento de sistemas de alta concentração da radiação solar



Com o equipamento exposto a que chamou **Pireliófero** no qual reclama ter atingido 3800°C , ganhou o Grande Premio da Exposição Universal de 1904 em St. Louis, USA.

Pensava utilizá-lo em aplicações como produção de água potável em climas desertos, produção de vapor para maquinas industriais, fusão de materiais refractários, e a **produção de nitratos fertilizantes** através da oxidação do azoto ambiente neste forno solar a essas elevadas temperaturas.



Metas e cálculo da energia proveniente de fontes renováveis

Artigo 2.º - Metas nacionais

- 1 — Para o ano de 2020, a meta de utilização de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia é fixada em 31%.
- 2 — São fixadas as seguintes metas intercalares indicativas para a utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia:
 - a) Para os anos 2011 e 2012 – 22,6%;
 - b) Para os anos 2013 e 2014 – 23,7%;
 - c) Para os anos 2015 e 2016 – 25,2%; e
 - d) Para os anos 2017 e 2018 – 27,3%.
- 3 — Para 2020, a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no consumo energético em todos os modos de transporte é fixada em 10% do consumo total de energia nos transportes.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013
PARTE II - Estratégia para as Energias Renováveis - PNAER 2020
Diário da República, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013

| | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PV | 3 | 134 | 172 | 210 | 268 | 325 | 383 | 440 | 498 | 555 | 613 | 670 |
| CSP | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 50 |
| Total | 3 | 134 | 172 | 210 | 280 | 359 | 417 | 474 | 532 | 589 | 647 | 720 |

Estão actualmente instalados cerca de 1 milhão de colectores solares térmicos e até 2020 prevê -se que estejam instalados cerca de 2.214.282 m², o que corresponde a uma tcm de 11,5% entre 2010 e 2020.

Resultados PIP Solar (CSP)

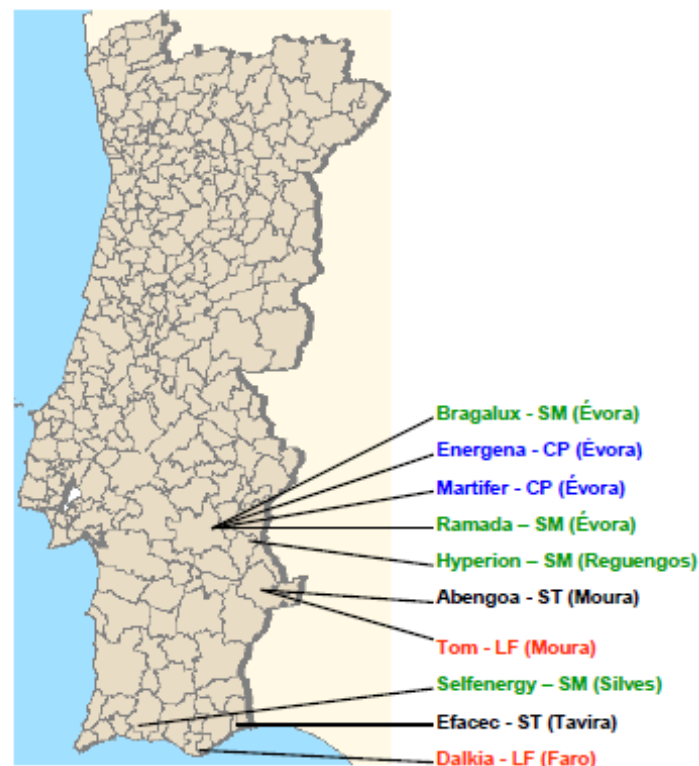
Projectos seleccionados - Proposta preliminar

| Promotor | CSP Stirling (SM) | (MW) |
|--------------------------|-------------------------------------|------|
| Ramada Holdings, SGPS | Quinta Solar Alentec 1 | 1,5 |
| Hyperion Energy Portugal | Solar Stirling I | 1,5 |
| Selfenergy | Central Solar Térmica de Odelouca | 1 |
| Bragalux | Central Termoeléctrica de Alcanizes | 1,5 |

| Promotor | CSP Torre (ST) | (MW) |
|------------------------|--|------|
| Efacec | Central de Concentração Solar de Torre - SolMass | 4 |
| Abengoa / Fomentinvest | Central Solar Térmica de Moura | 4 |

| Promotor | CSP Cilindro-Parabólico (CP) | (MW) |
|------------------|---|------|
| Energina SLU | Solar Termoeléctrica de Évora | 4 |
| Martifer Energia | Instalação Solar Térmica Concentrada de Évora | 4 |

| Promotor | CSP Fresnel Linear (LF) | (MW) |
|----------|---|------|
| Dalkia | Central de Concentração Solar Térmica de Faro | 4 |
| Tom | Moura Fresnel (CSP) | 4 |



Despacho nº 18838/2009 da DGEG, de 14 de Agosto para CSP:
 4.5 MW Stirling + 24 MW+ 4 MW torre, parabólicos e fresnel linear

SOLAR TÉRMICO

Avaliação do recurso solar

100 °C

250 °C

BAIXA

MÉDIA

ALTA

Desenvolvimento de colectores e componentes

Normalização, ensaio e caracterização de sistemas, colectores e componentes

Armazenamento de energia

Concepção e modelação de sistemas

Consultoria e Apoio às Políticas Públicas

Formação Profissional e Divulgação

Fotocatálise
Secagem solar
Fornos solares
AQS/AQP
Climatização
Dessalinização

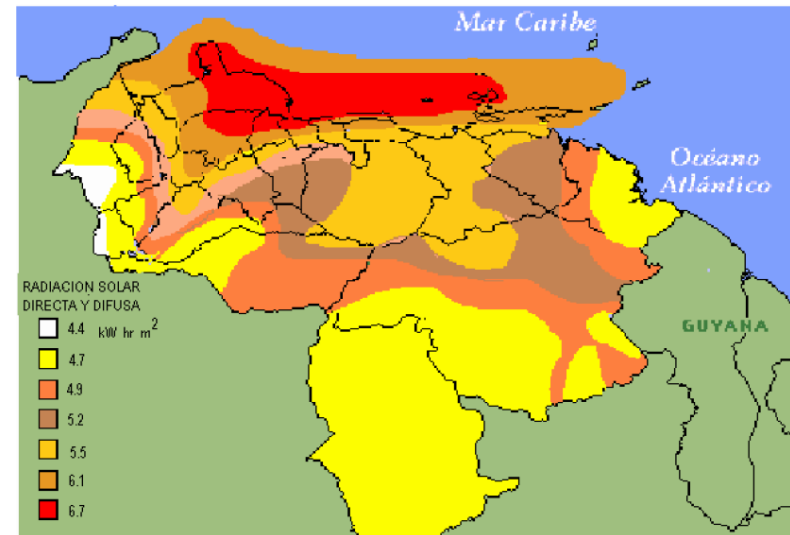
Dessalinização
Fornos solares
Climatização / Refrigeração
Vapor de processo
TermoElectricidadeSolar

TermoElectricidadeSolar
HidrogénioTernodissociado
Gaseificação
Tratamento de resíduos
Tratamento de materiais

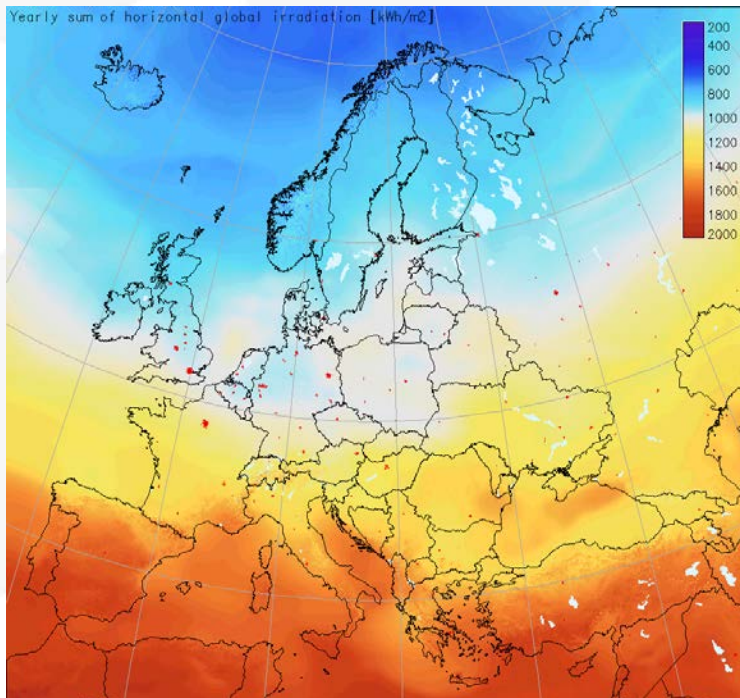
Portugal dispõe de recurso solar excelente com uma muito boa componente de Radiação Solar Directa (DNI)

Elevado factor solar anual

PV (Microgeração): 1550 h/ano
 PV (Centrais) : 2050 h/ano
 CSP (c/armazenamento): 3300 h/ano
 CSP (s/armazenamento): 2850 h/ano



Desenhar para a **Venezuela** a Rede de Estações de Monitorização, fazer a Aquisição e o Tratamento de Dados anuais para Construção dos Mapas de Radiação Solar Directa e Global e Avaliar o Potencial do Recurso Solar



Formação

Programa para curso de formação em PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE EM CENTRAIS TERMOSOLARES

- **Princípios básicos das centrais CSP** - Inclui revisões sobre noções básicas de radiação solar, introdução à estrutura típica das centrais de concentração e seus constituintes principais.
- **Óptica de concentradores solares** - Inclui a abordagem das razões físicas para a concentração e a formalização da óptica de concentradores parabólicos, CPC, etc.
- **Centrais CSP de receptor linear** - Inclui a descrição detalhada dos sistemas de captação de energia das centrais do tipo cilindro-parabólico e Fresnel linear
- **Centrais CSP de receptor central** -- Inclui a descrição detalhada dos sistemas de captação de energia das centrais do tipo receptor central e Stirling-dish
- **Sistemas de armazenamento térmico** - Inclui a abordagem dos diferentes tipos de armazenamento térmico actualmente em uso: sais fundidos (thermocline e duplo tanque); depósitos de cimento; etc.
- **Bloco de potência** - Introdução aos blocos de potência de centrais CSP: ciclos de Rankine, ciclos de Brayton; ciclos de Rankine Orgânico
- **Rejeição de calor em centrais de CSP** - Introdução aos métodos de rejeição de calor e seus problemas
- **Aplicações secundárias** - Introdução às aplicações do solar de concentração que não a produção de electricidade: síntese de combustíveis solares, produção de hidrogénio, dessalinização, etc.
- **Simulação de centrais CSP** - introdução aos métodos de simulação e design de centrais CSP
- **Potencial comercial e impacto de centrais CSP** - Aspectos económicos das centrais solares termo-eléctricas e respectivo potencial de evolução futura
- **Actividades de I&D em tecnologias CSP** - Abordagem não detalhada dos actuais focos de investigação e desenvolvimento na área do CSP.

Competências desenvolvidas desde o início dos anos 80 no desenvolvimento de tecnologias de conversão térmica da radiação solar a baixa, média e alta temperatura

100°C

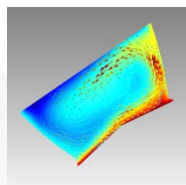
400°C

>1000°C

secagem solar

aquecimento de água

cozinhas solares



arrefecimento solar

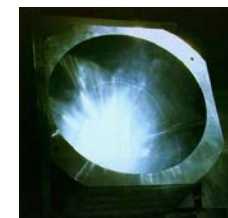
produção de vapor industrial

power (Organic Rankine)

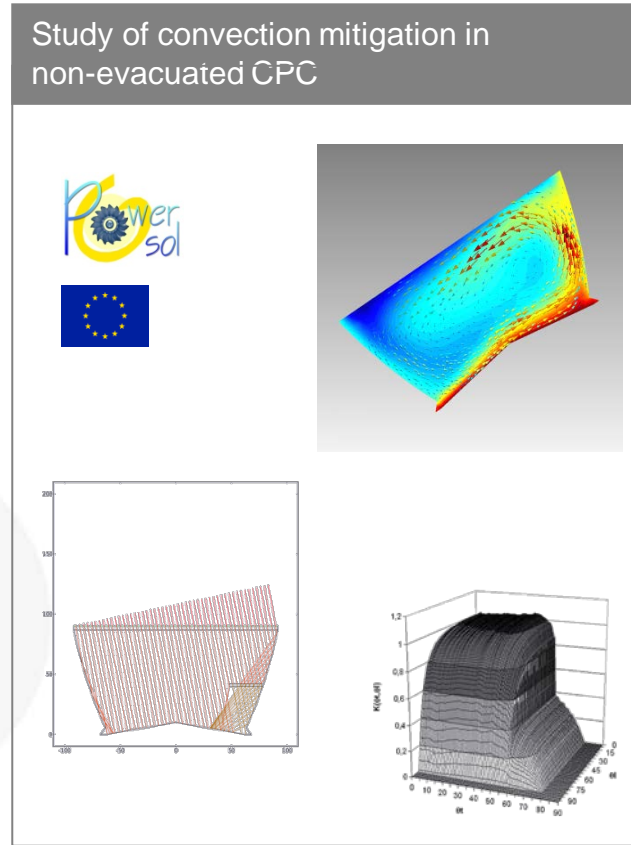
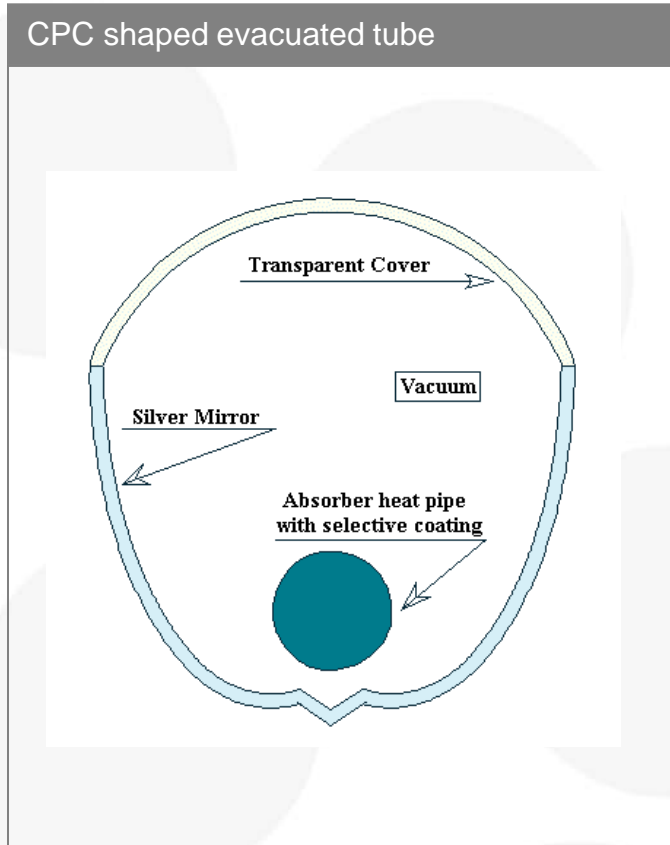
power (Steam Rankine)

materiais' fusão/sublimação

produção de hidrogénio



Besides the most common applications at lower temperature levels, the particular competences on the field of non-imaging optics allowed the development of different solar concentrators, addressing the approach to solar applications at medium temperatures



Second Stage Concentrator

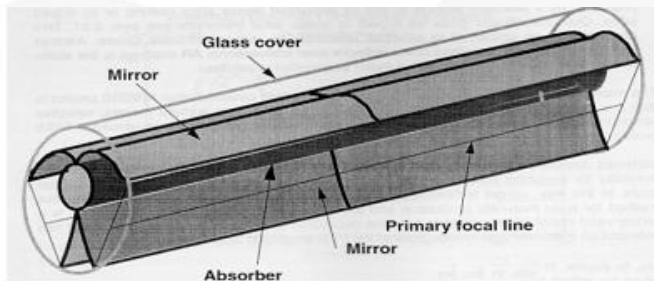
CPC Secondary Concentrator for Solar Power

ARDISS Project

Advanced receiver for direct steam generation

$T > 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ Flux $> 25\text{ kW/m}^2$

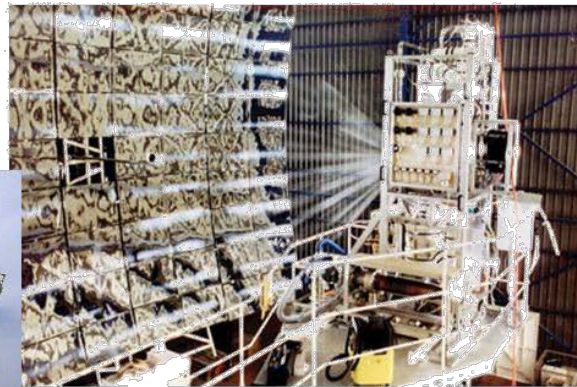
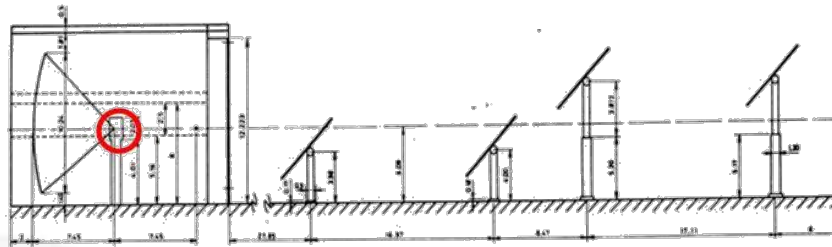
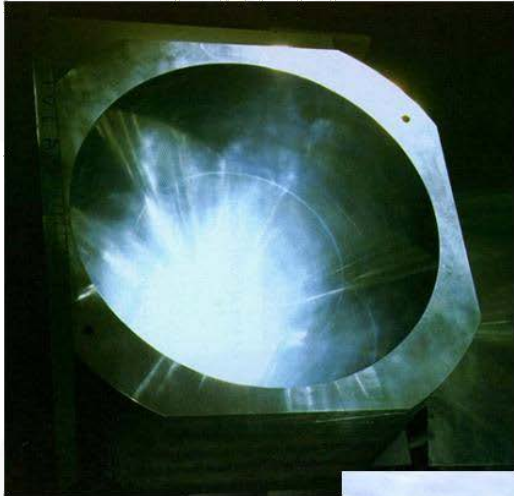
Asymmetric Compound Parabolic Concentrator
Asymmetric Elliptical Concentrator
Tailored Edge Ray Concentrator (TERC)

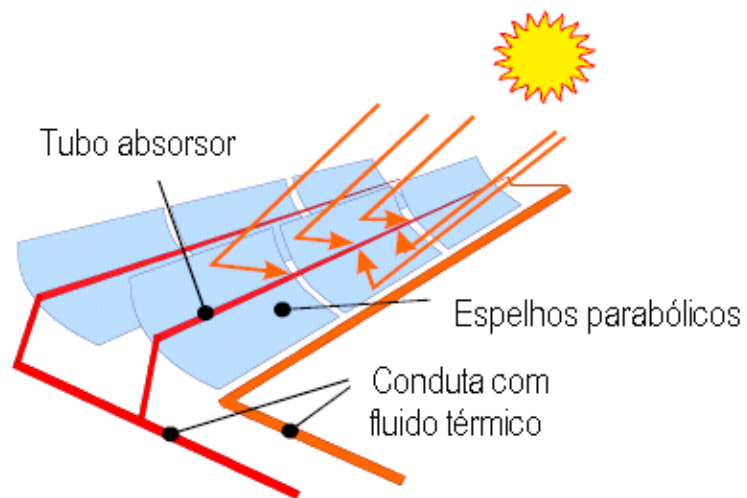


.... and very high temperature levels.

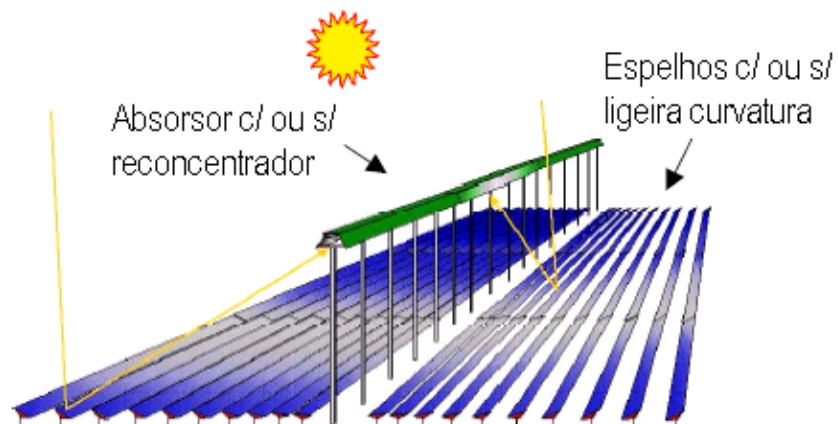
TERC secondary concentrator for solar furnace (LNEG/PSA CIEMAT)

- **Material Treatment**
- **TERC type secondary**
- **Aluminium reflector cooled with water**

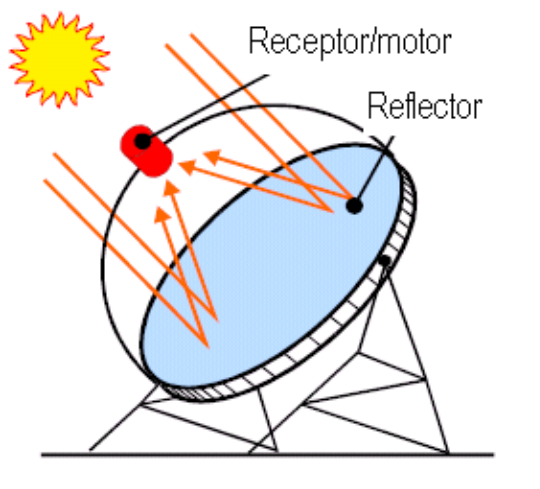




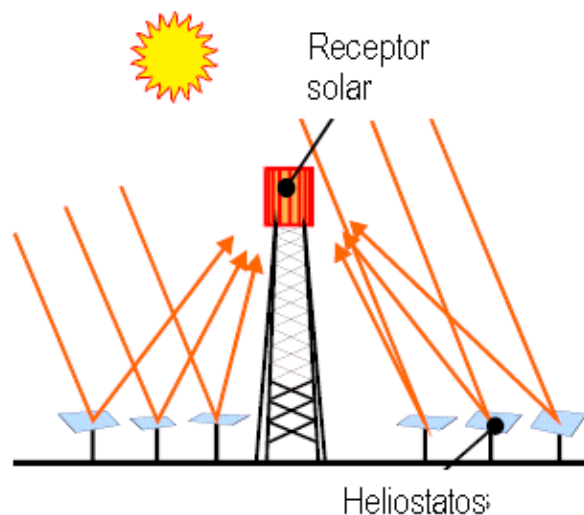
Cilindro-Parabólica



Fresnel Linear

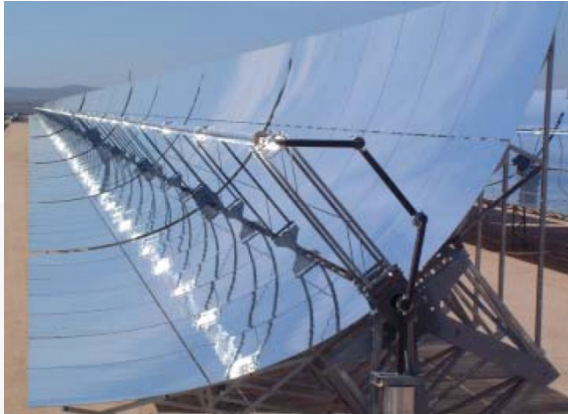


Disco parabólico/Motor



Receptor Central

Centrais Solares Térmicas. As tecnologias



Cilindro-Parabólica



Fresnel linear



Receptor central

| | Parabolic troughs | Central receiver | Dish/engine |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Power unit | 30–80 MW ^a | 10–200 MW ^a | 5–25 kW |
| Temperature operation | 390 °C | 565 °C | 750 °C |
| Annual capacity factor | 23–50% ^a | 20–77% ^a | 25% |
| Peak efficiency | 20% | 23% | 29.4% |
| Net annual efficiency | 11–16% ^a | 7–20% ^a | 12–25% |
| Commercial status | Mature | Early projects | Prototypes-demos |
| Technology risk | Low | Medium | High |
| Thermal storage | Limited | Yes | Batteries |
| Hybrid schemes | Yes | Yes | Yes |
| <i>Cost W installed</i> | | | |
| \$ per W | 3.49–2.34 ^a | 3.83–2.16 ^a | 11.00–1.14 ^a |
| \$ per W _{peak} ^b | 3.49–1.13 ^a | 2.09–0.78 ^a | 11.00–0.96 ^a |

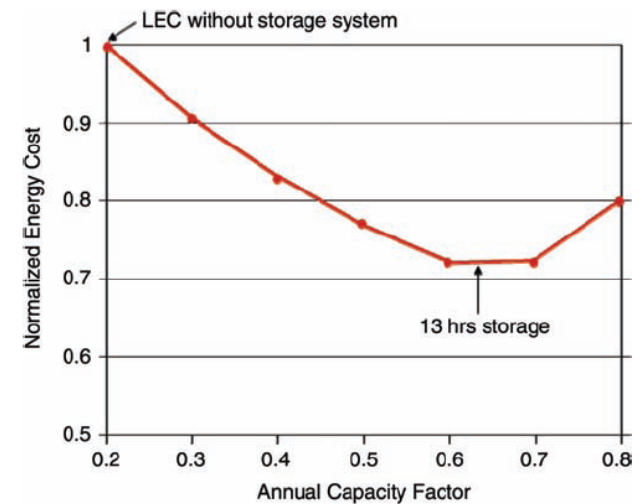
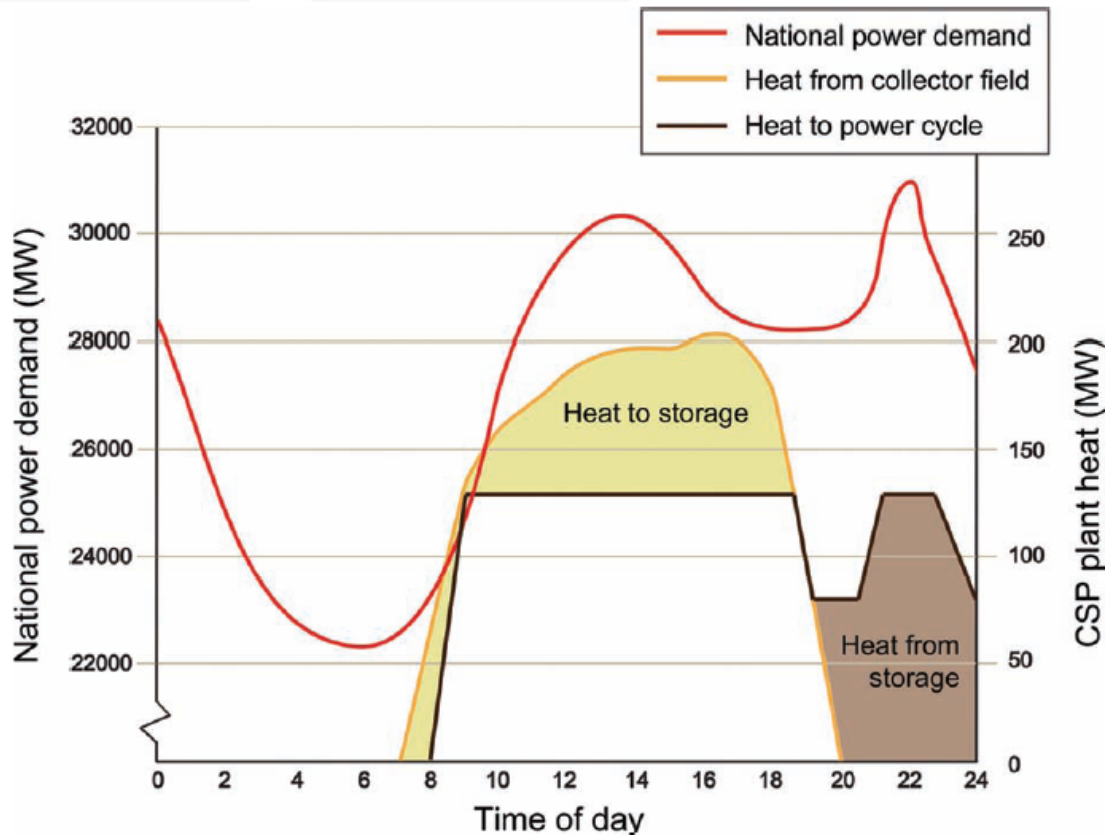
^a Data interval for the period 2010–2025. ^b Without thermal storage.



Disco parabólico/Motor

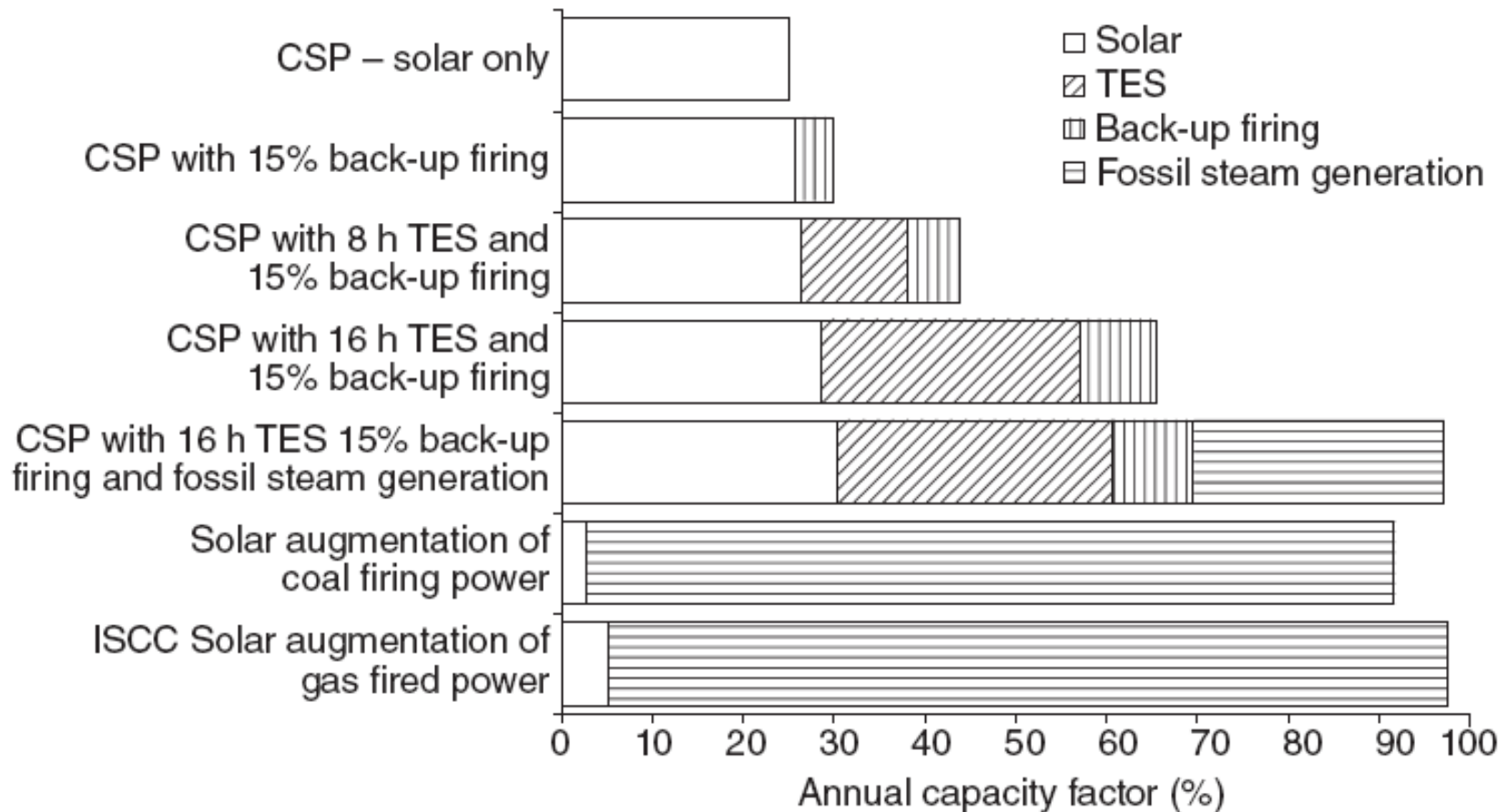
Centrais Solares Térmicas

- Capacidade única em termos de **integração** nas centrais convencionais
- Com armazenamento térmico ou com apoio a fuel fóssil as centrais solares dão **garantia de capacidade de abastecimento** sem perturbações estocásticas da rede
- Pode fornecer a **potência de pico no Verão** quando o vento e a água são escassos.
- Proporciona aplicações à **escala do MW**.



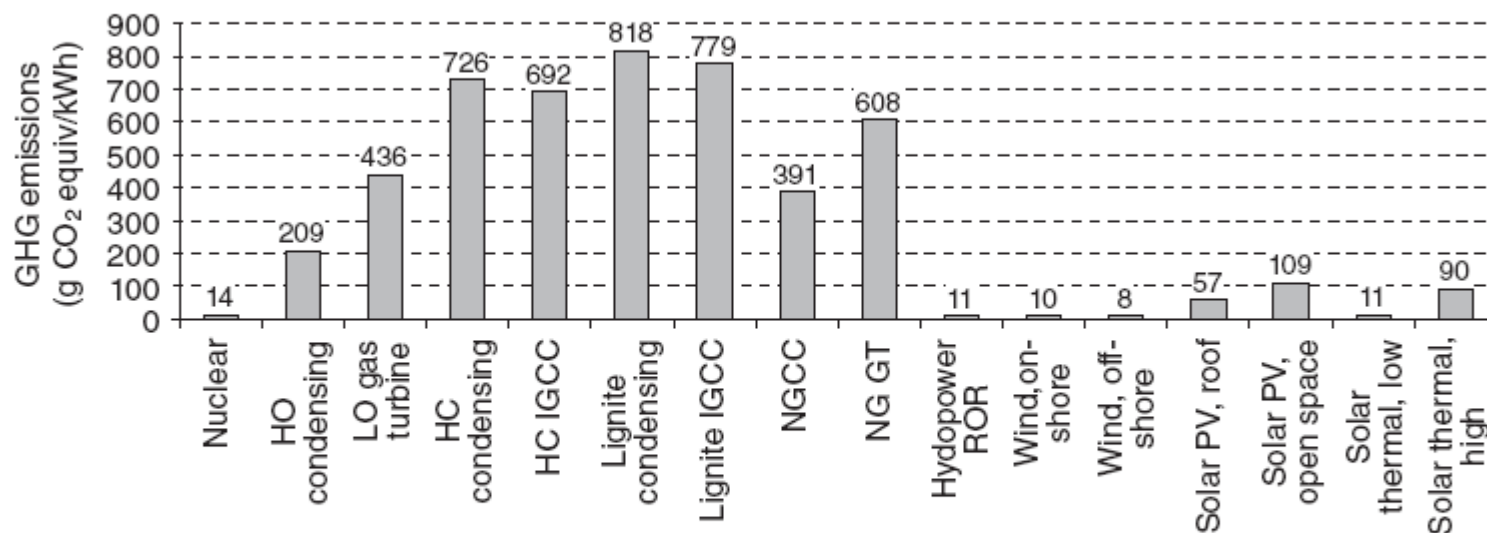
Levelised electricity cost for a solar tower plant with two-tank molten salt storage in California (USA) (Libby et al., 2009).

Factores de Capacidade



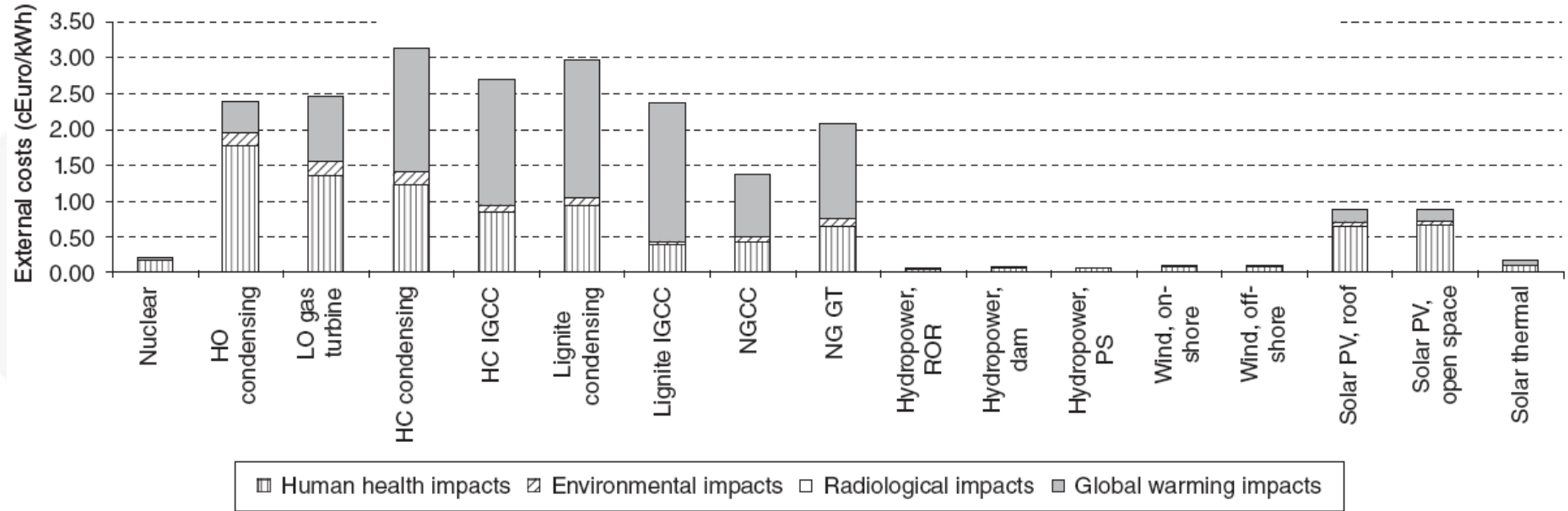
Achievable capacity factors for different CSP storage and hybrid concepts (© Martin Schlecht, Suntrace, 2011).

Emissão de Gases com Efeito de Estufa

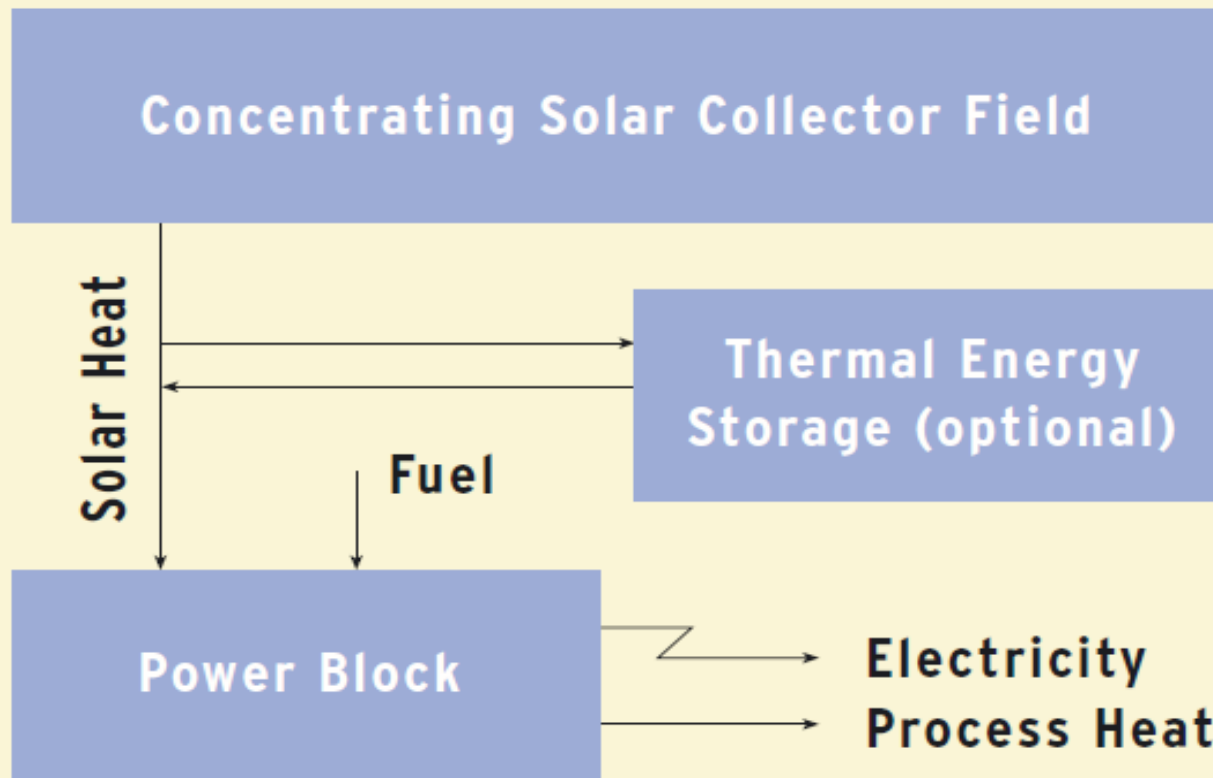


Greenhouse gas emissions of different electricity generating technologies (source: CASES project www.feem-project.net/cases).
HO: heavy oil; LO: light oil; HC: hard coal; IGCC: integrated gasification combined cycle; NGCC: natural gas combined cycle; NG: natural gas; GT: gas turbine; ROR: run of river; PV: photovoltaic.

Impactes Socio-Económicos



External costs of different electricity generating technologies (source: authors' elaboration using CASES project data, www.feem-project.net/cases).



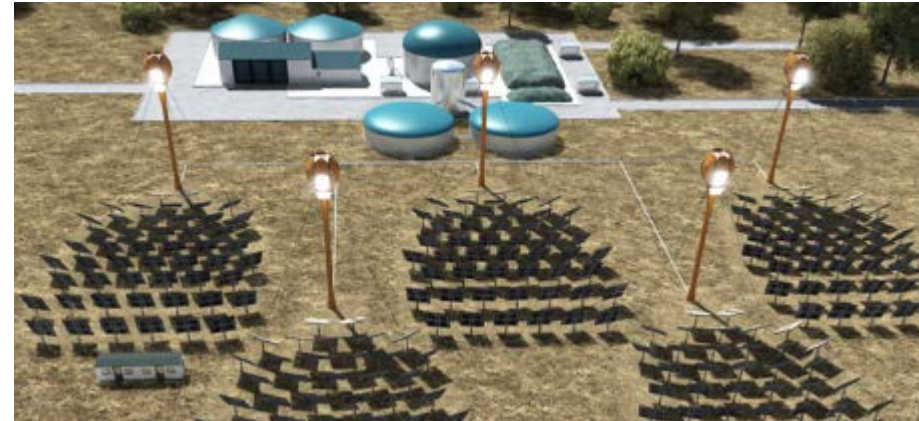
Principle of a concentrating solar power system for electricity generation or for the combined generation of heat and power.

Central de Torre de Baixa Potência (100 kWe)

Sistema AORA - Modular, electricidade e calor de processo

No Alentejo (Evora) : 4 MW com 40 módulos de 100 kWe

UES efectua estudos sobre o potencial impacto de reflexões especulares e difusas (*glint* e *glare*) produzidas pela central



Aplicações residenciais e serviços

Aplicações Industriais

- Indústria Alimentar
- Indústria Textil
- Indústria Química

Processos

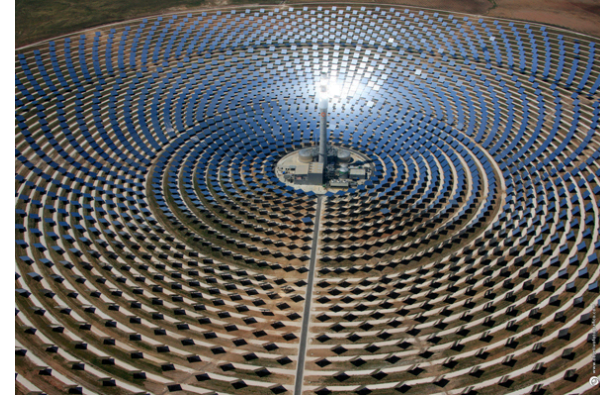
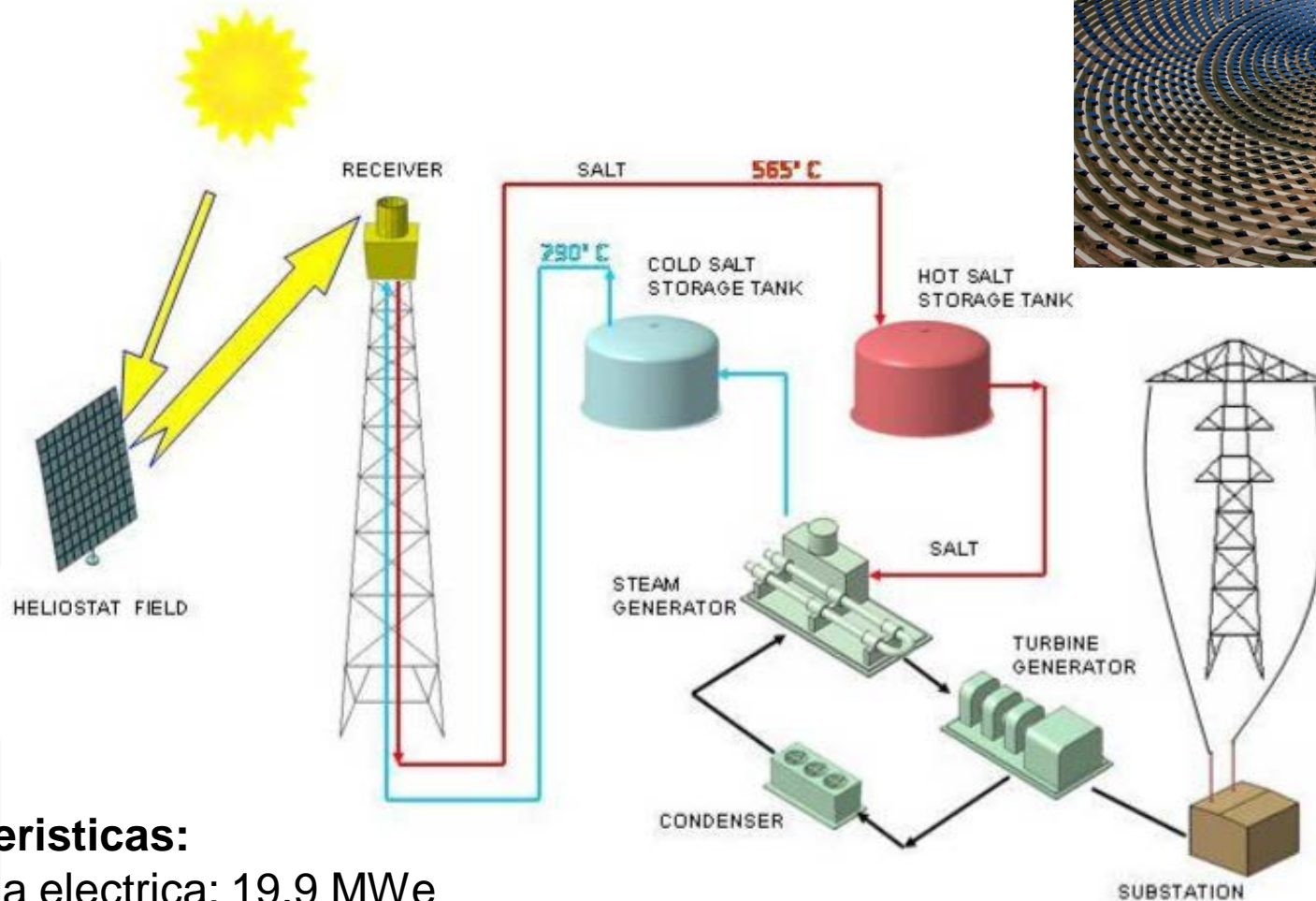
- Processos de Secagem
- Evaporação
- Pasteurização
- Esterilização
- Limpeza e Lavagem
- Aquecimento geral em processos

Receptor em torre central e armazenamento térmico em sais fundidos

G
E
M
A
S
O
L
A
R



Diagrama da Central GEMASOLAR



Características:

Potência eléctrica: 19.9 MWe

Produção eléctrica anual: 110 GWh/year

Campo solar: 2,650 heliostatos em 185 hectares

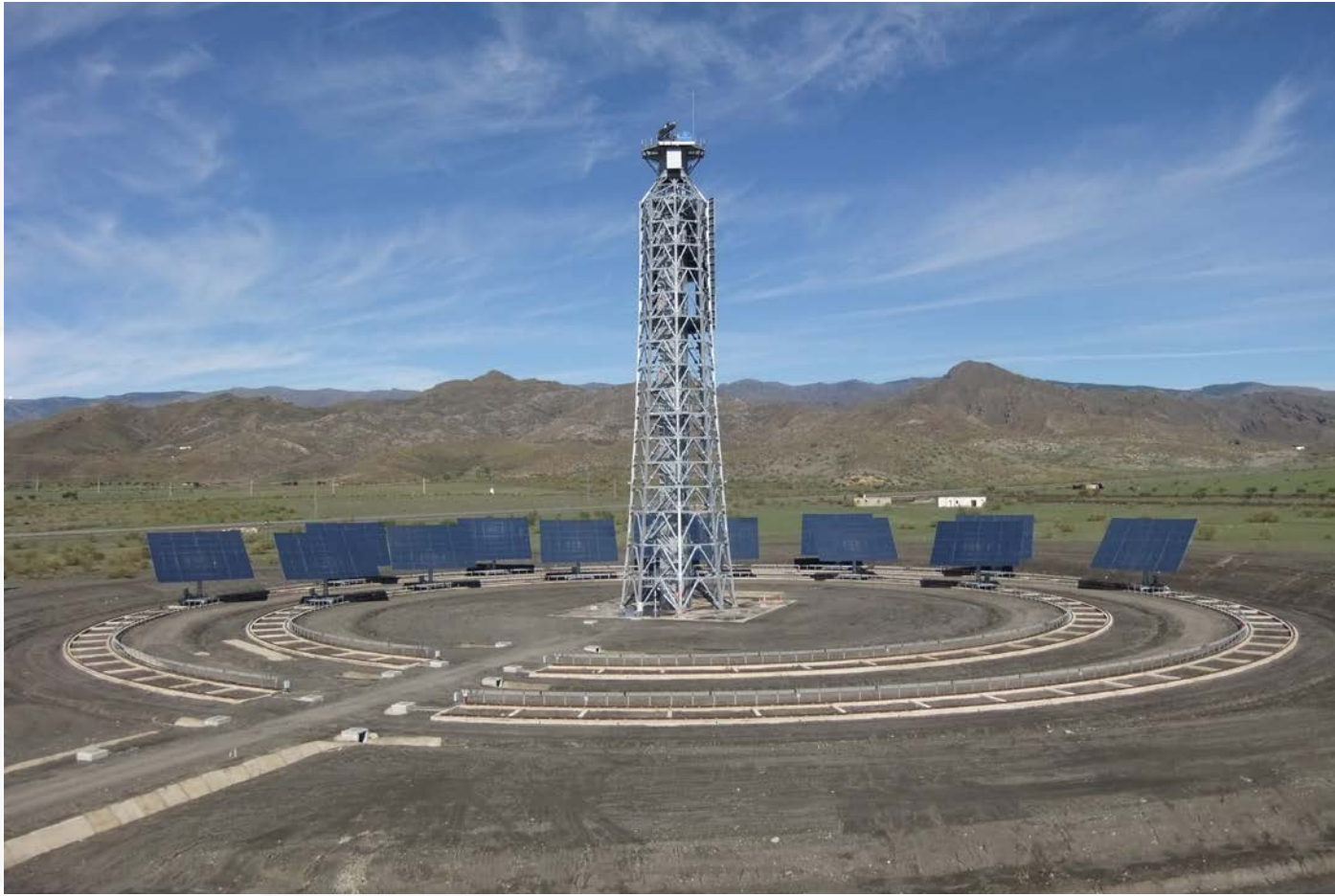
Sistema de Armazenamento: o tanque com sais fundidos permite geração independente de electricidade até 15 horas

Ivanpah Solar Electric Generating System

- California Mojave Desert, 64 km SW of Las Vegas
- Homes Served : 140,000 (peak hours)
- CO2 emissions reduction > 400,000 tons per year.
- 3,500 acres (1,420 ha)
- Jobs : Construction 2,100 / O& M: 86
- Three 459-foot-tall tower
- 377 megawatt net plant.(540°C)
- 173,500 heliostats
- Dry-cooling process (95% less water)
- The project will cost \$2.2 billion(\$5,561.00 per KW)



CTAER - Central Solar de Geometría Variable na Plataforma Solar de Almeria (PSA)



VALLE 1 & VALLE 2,



Torresol Energy
re inventing solar power

MAIN FEATURES PER PLANT

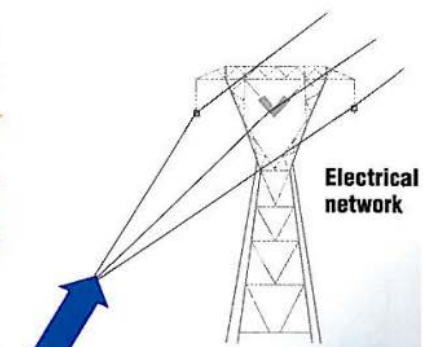
Key technologies: SENERtrough collectors and molten salts storage system

- Nameplate power of **50 MW**
- Thermal storage without sunlight **up to 7.5 hours**
- Energy production of **170 GWh/year**

SOLAR FIELD

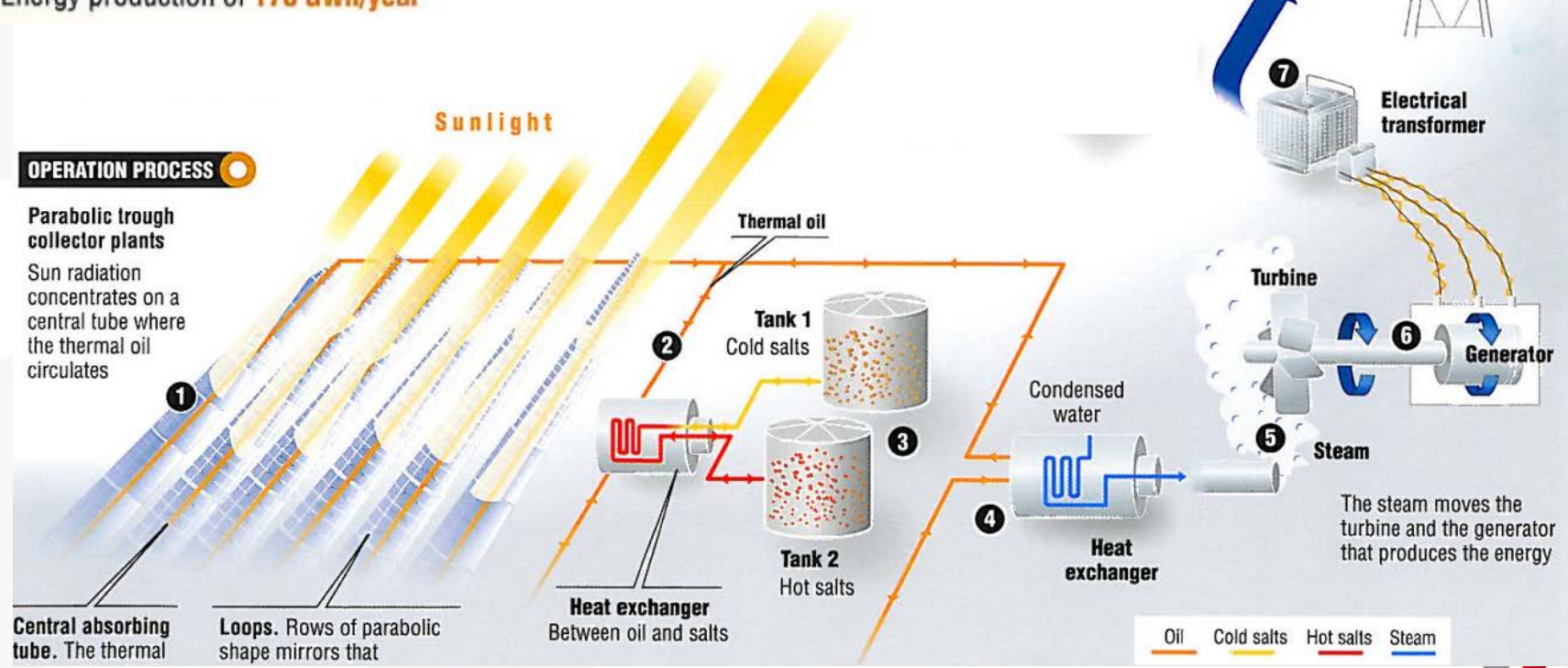
150 parallel loops with four series connected collectors

Each solar field consists of **624 units of SENERtrough collectors**



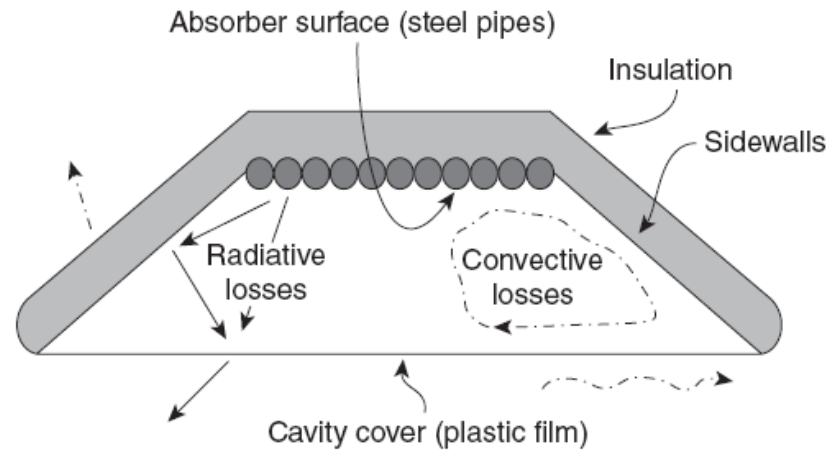
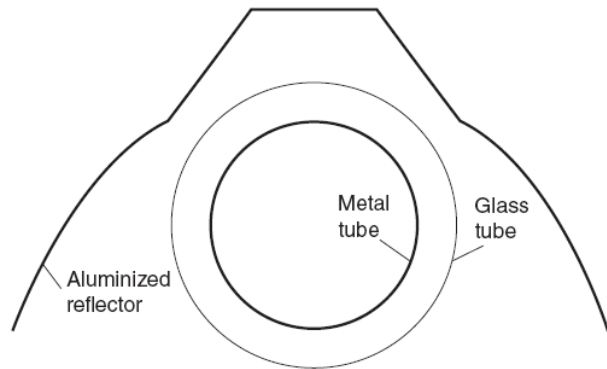
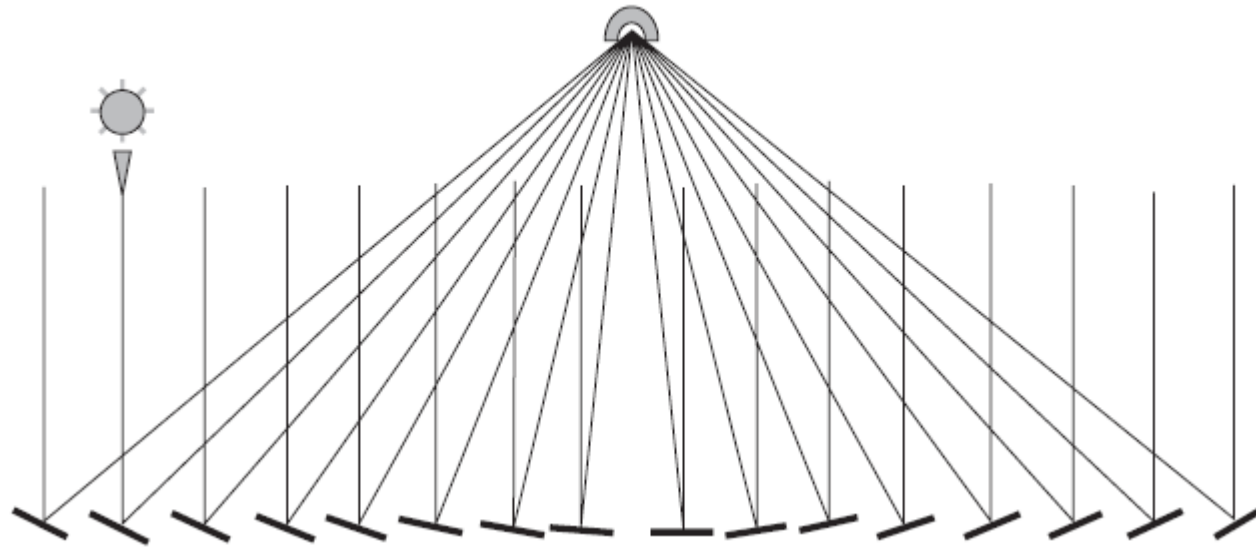
OPERATION PROCESS

Parabolic trough collector plants
Sun radiation concentrates on a central tube where the thermal oil circulates



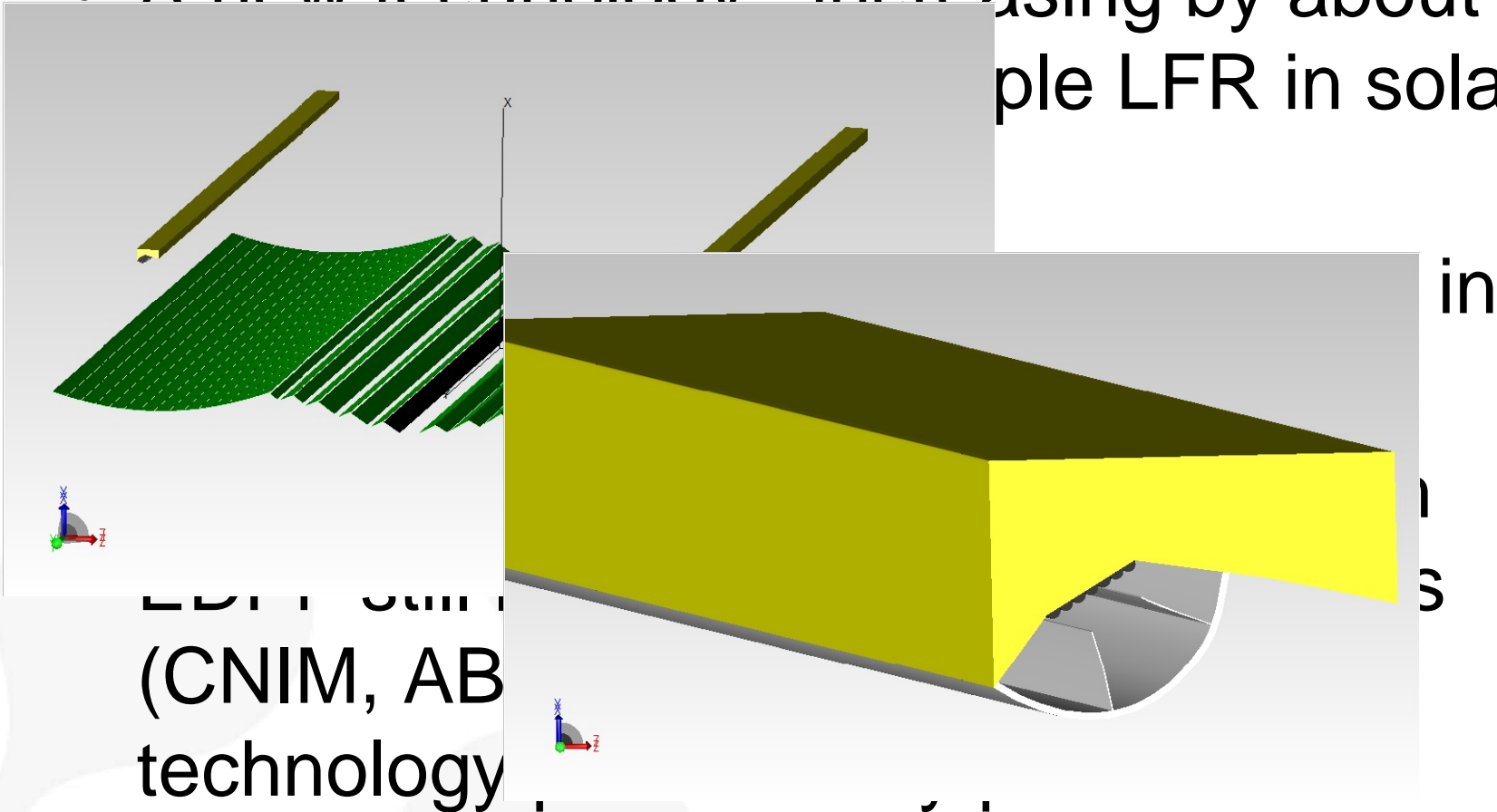
Location:
San José del Valle (Cádiz, Spain)





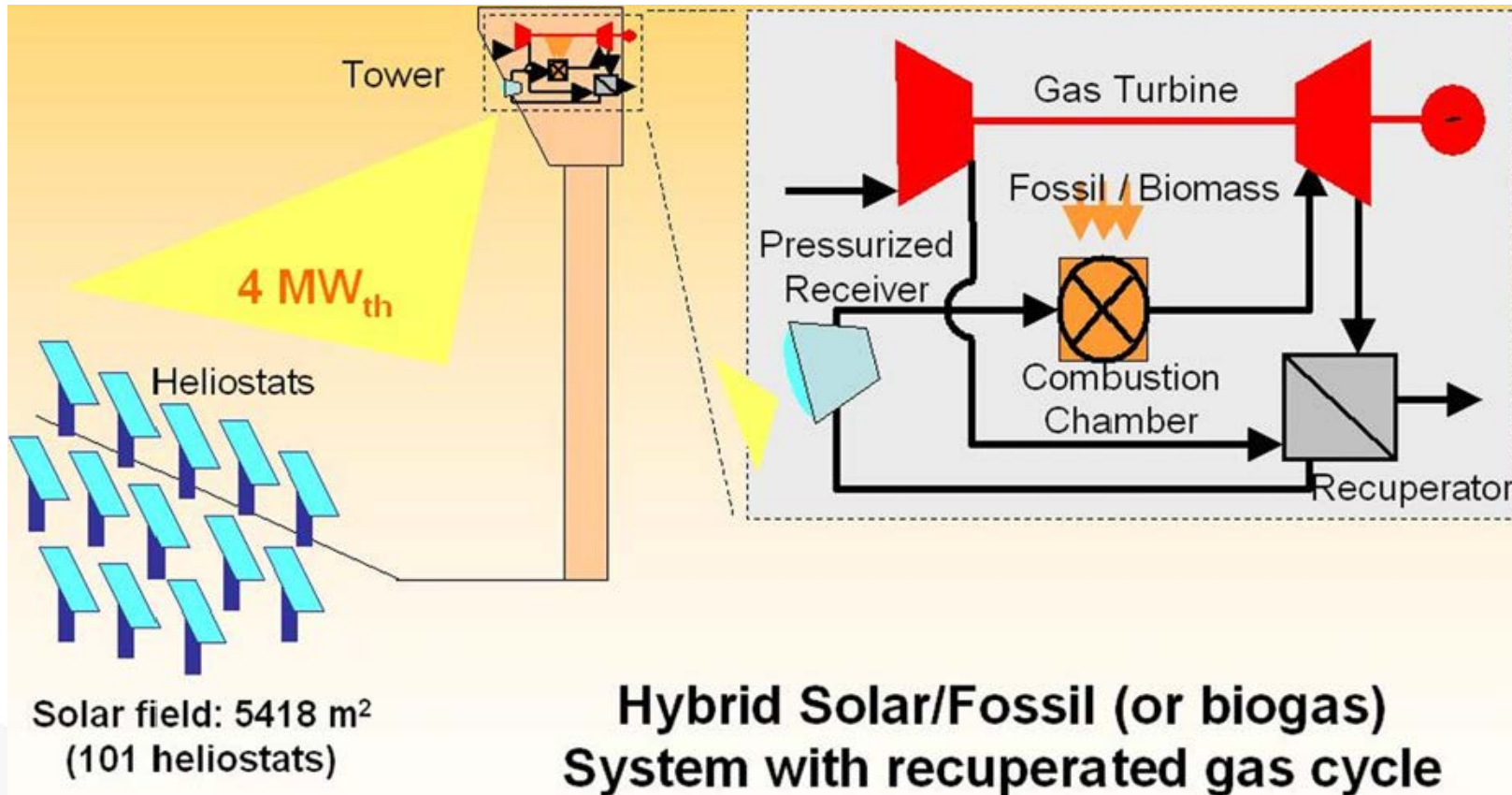
CLFR-EM : Linear Fresnel Technology - Etendue Matched

- A new technology increasing by about $\times 10$ the area of a single LFR in solar



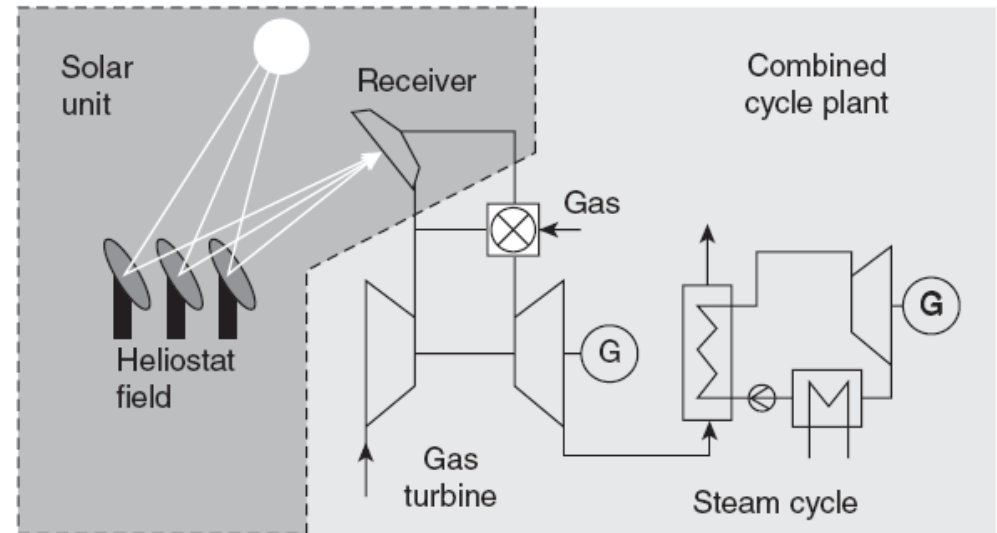
EDF, CNIM, AB
technology

Centrais híbridas com biomassa

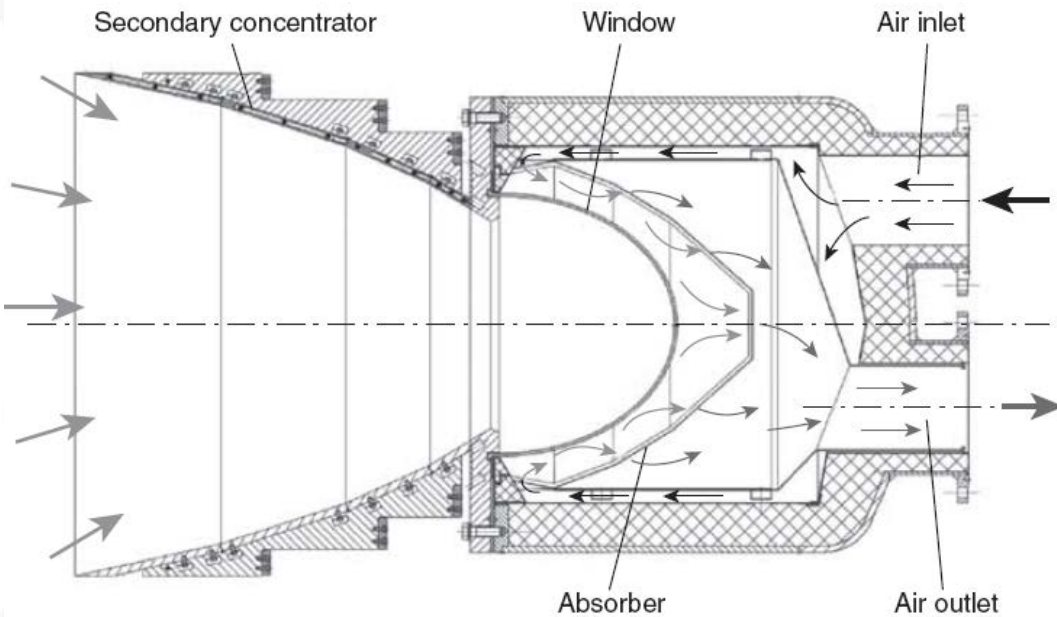


View of the Themis facility and scheme of the Pegase system.

Centrais híbridas

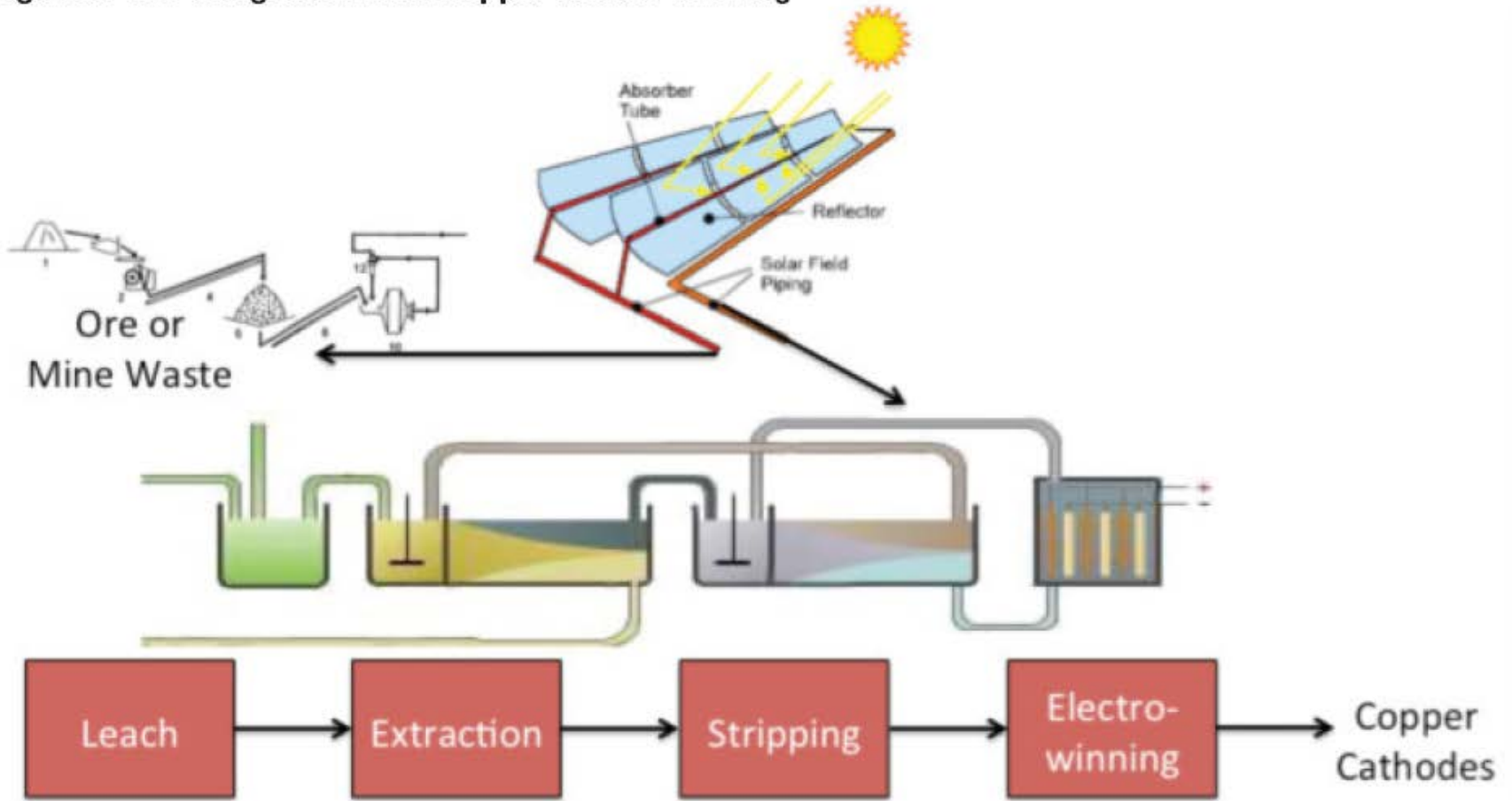


Solar air preheating system (from [27], with permission).



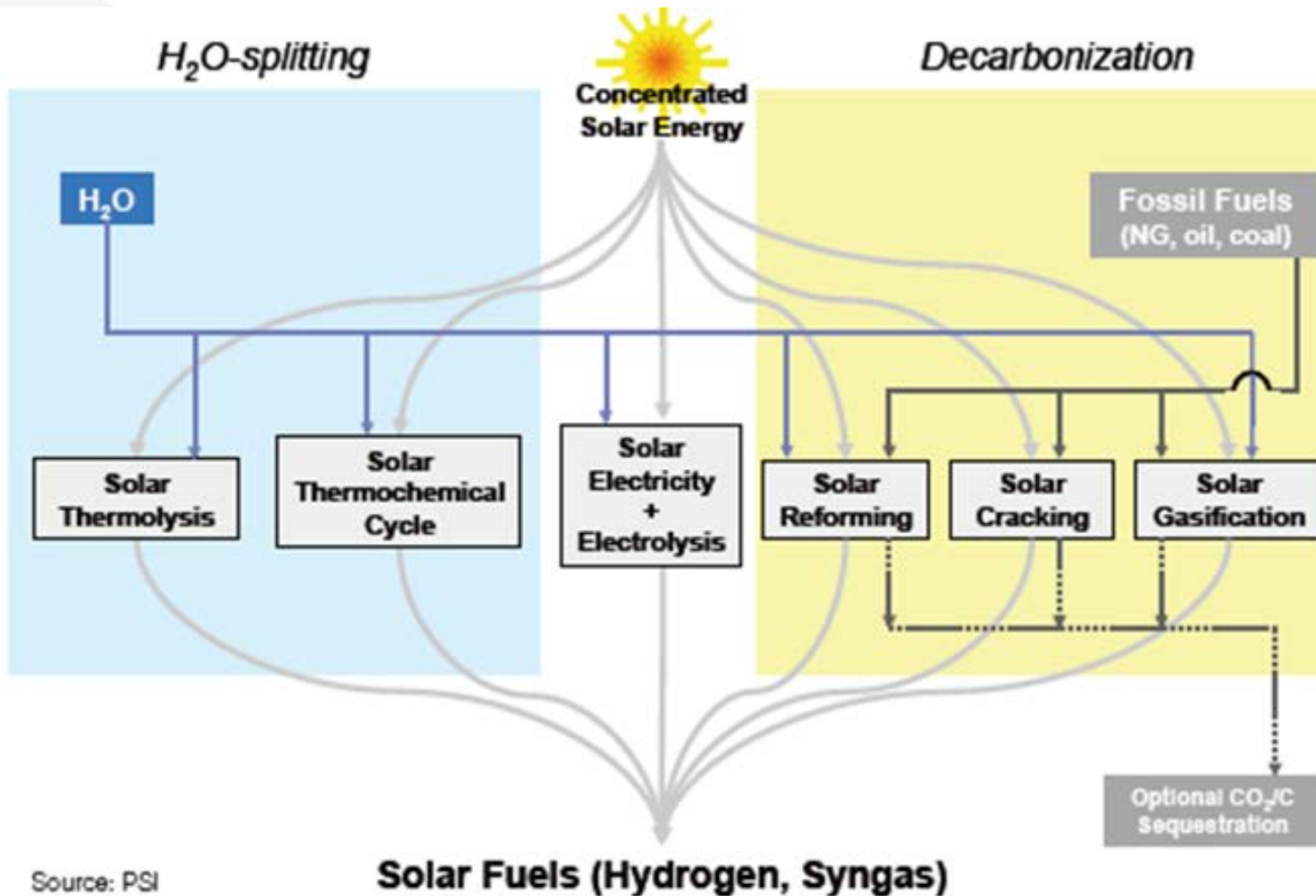
REFOS Receiver module (from [27], with permission).

Figure 6: CSP Integration with Copper Electro-Winning



Combustíveis Solares

A conversão de energia solar em combustíveis químicos é um método atractivo para o armazenamento de energia solar bem como para a sua transformação num vector energético com maiores similitudes aos existentes actualmente



Source: PSI

CSP@LNEG

Materials

CS

Combustíveis
solares

**STAGE-
STE**

Sistemas e
componentes

**STAGE-
STE**



**STAGE-
STE**



CSP@LNEG

No âmbito do FP7 o LNEG participa em 3 projectos relacionados com CSP:



Optimization of a Thermal energy Storage system with integrated Steam Generator (2011 – 2014)



The European Solar Research Infrastructure For Concentrated Solar Power (2012 – 2016)

STAGE-STE

(2014 – 2018)

Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence Concentrating Solar Thermal Energy



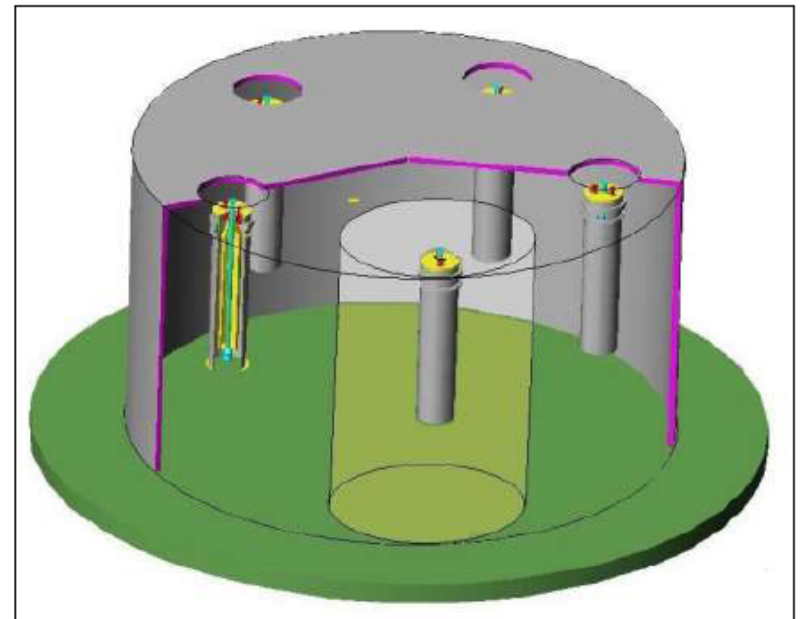
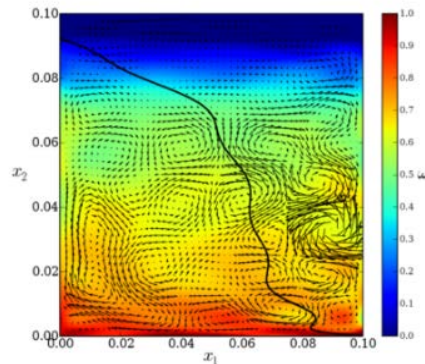
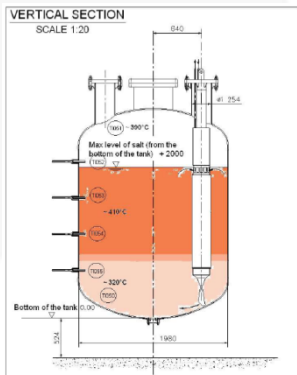
The OPTS Project : OPTimization of a Thermal energy Storage system with integrated steam generator

Projecto Colaborativo do 7º Programa Quadro
ENERGY.2011.2.5-1: Thermal energy storage for CSP plants

Coordenador : Dr. Fabrizio Fabrizi

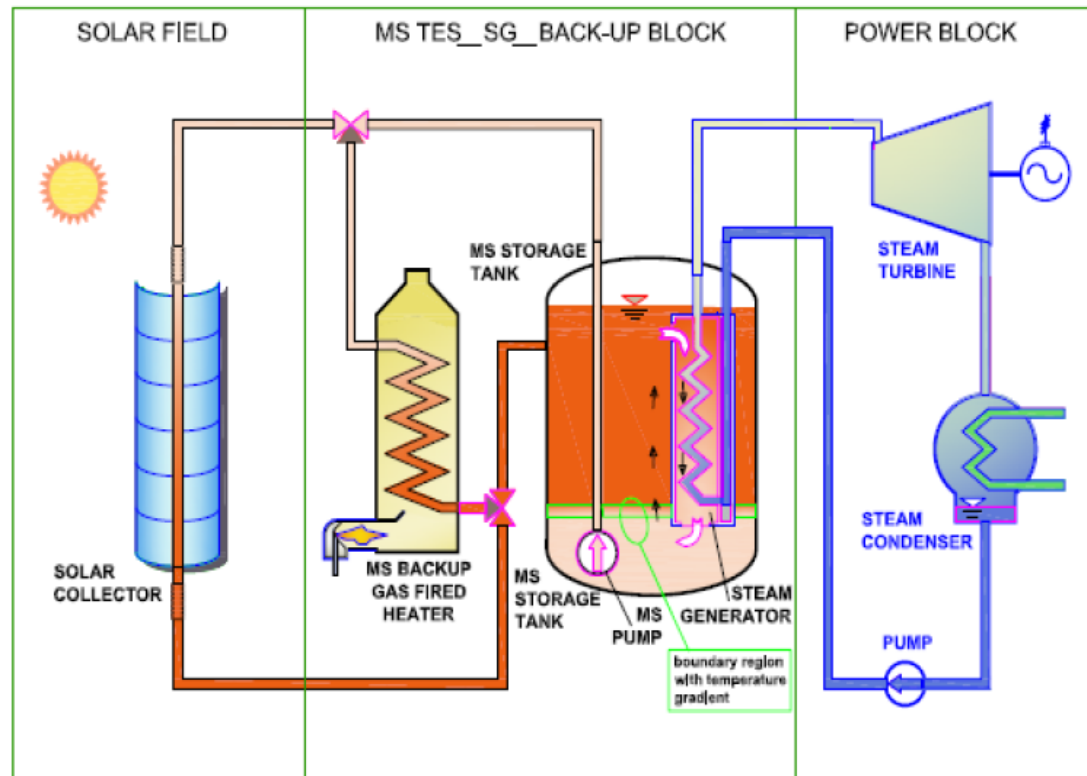
Parceiros : **ENEA**, CEA, CNRS, FRAUNHOFER, WEIZMANN, CREF-Cyl, ANSALDO, CIEMAT, ENEL, LNEG

Objectivo: Desenvolvimento e estudo de um novo conceito para o subsistema “Armazenamento Térmico/Gerador de Vapor” de centrais solares de grande dimensão para produção de electricidade



The OPTS Project : OPTimization of a Thermal energy Storage system with integrated steam generator

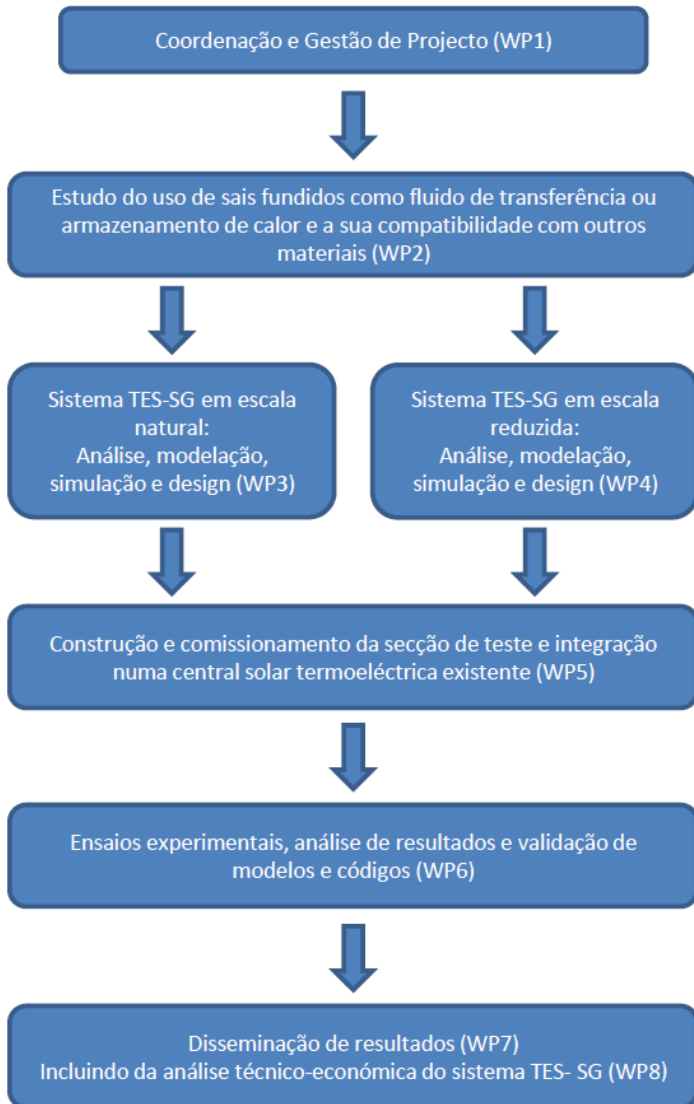
The design, optimization and cost-benefit assessment for a full-scale TES-SG system ($12.5 \text{ MW}_{\text{th}}/50 \text{ MW}_{\text{e}}$) will be done in the framework of the OPTS Project coupled with a CSP (tower or trough) plant.



Schematic of a MS CSP plant with stratifying TES_SG system (including MS backup gas fired heater)



The OPTS Project : OPTimization of a Thermal energy Storage system with integrated steam generator



Actividades do LNEG:

WP2 – Estudo dos fenómenos de corrosão dos materiais constituintes do depósito que estejam em contacto com os sais fundidos

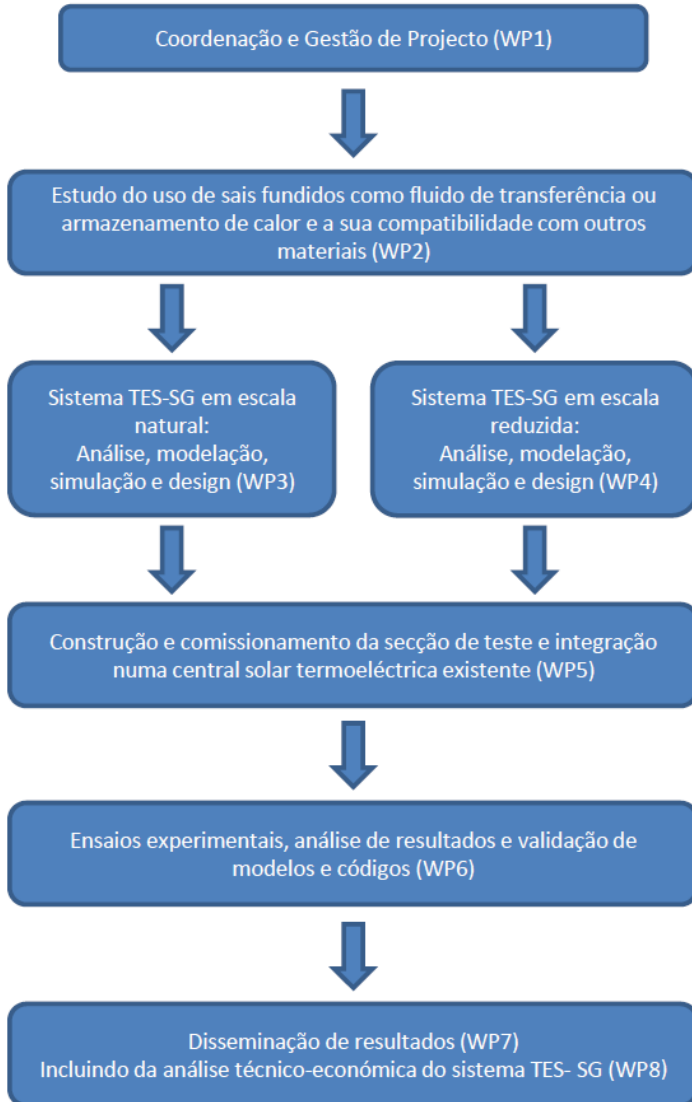
WP3 – Análise, modelação e simulação de um depósito de armazenamento de energia térmica (TES) do tipo *thermocline* com enchimento interno.

WP3 – Avaliação do impacto da utilização de diferentes tipologias de TES no comportamento, estratégias e desempenho das centrais CSP





The OPTS Project : OPTimization of a Thermal energy Storage system with integrated steam generator



Actividades do LNEG:

WP5 – Acompanhamento do processo de comissionamento da secção de teste

WP6 – Participação nos ensaios experimentais, análise de resultados e validação de modelos

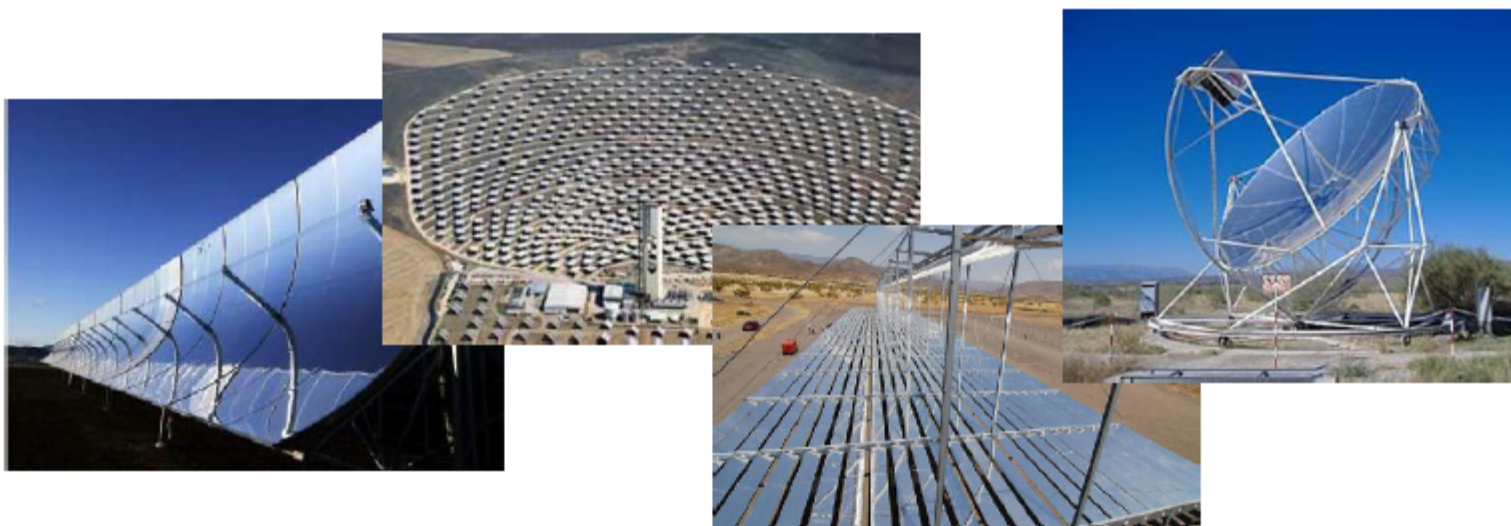


EU-SOLARIS PROPOSAL

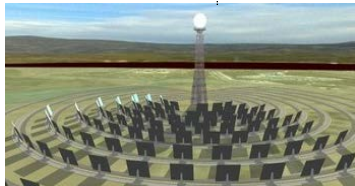
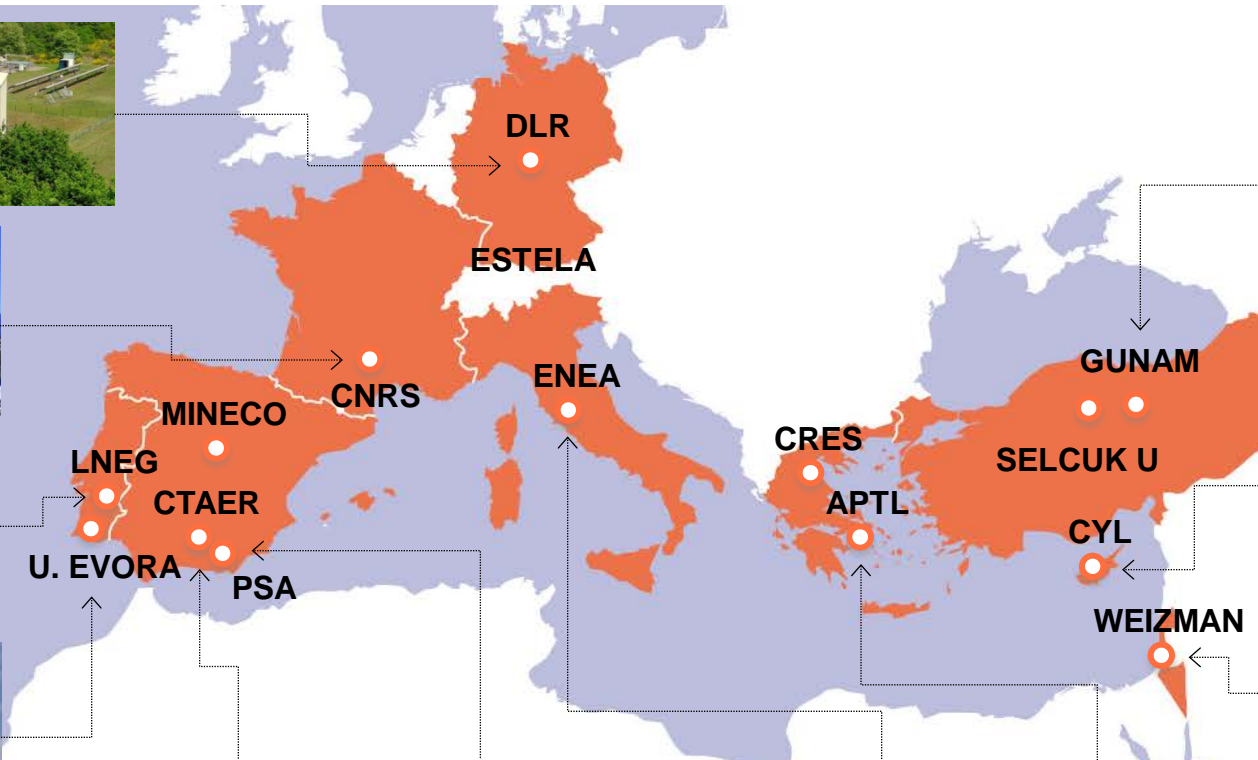
Call FP7- INFRASTRUCTURE-2012-1

*Construction of new Research Infrastructures (or mayor upgrade)-
Preparatory Phase*

**Topic: INFRA-2012-2.2.1: EU-SOLARIS- The European SOLAR Research
Infrastructures for Concentrated Solar Power**



Consortium





The EU-SOLARIS Project : The European Research Infrastructure for Concentrated Solar Power

Projecto Colaborativo e Acção de Coordenação e Suporte do 7º Programa Quadro INFRA-2012-2.2.1: The European Research Infrastructure for Concentrated Solar Power

Coordenador : Dr. Luis Crespo

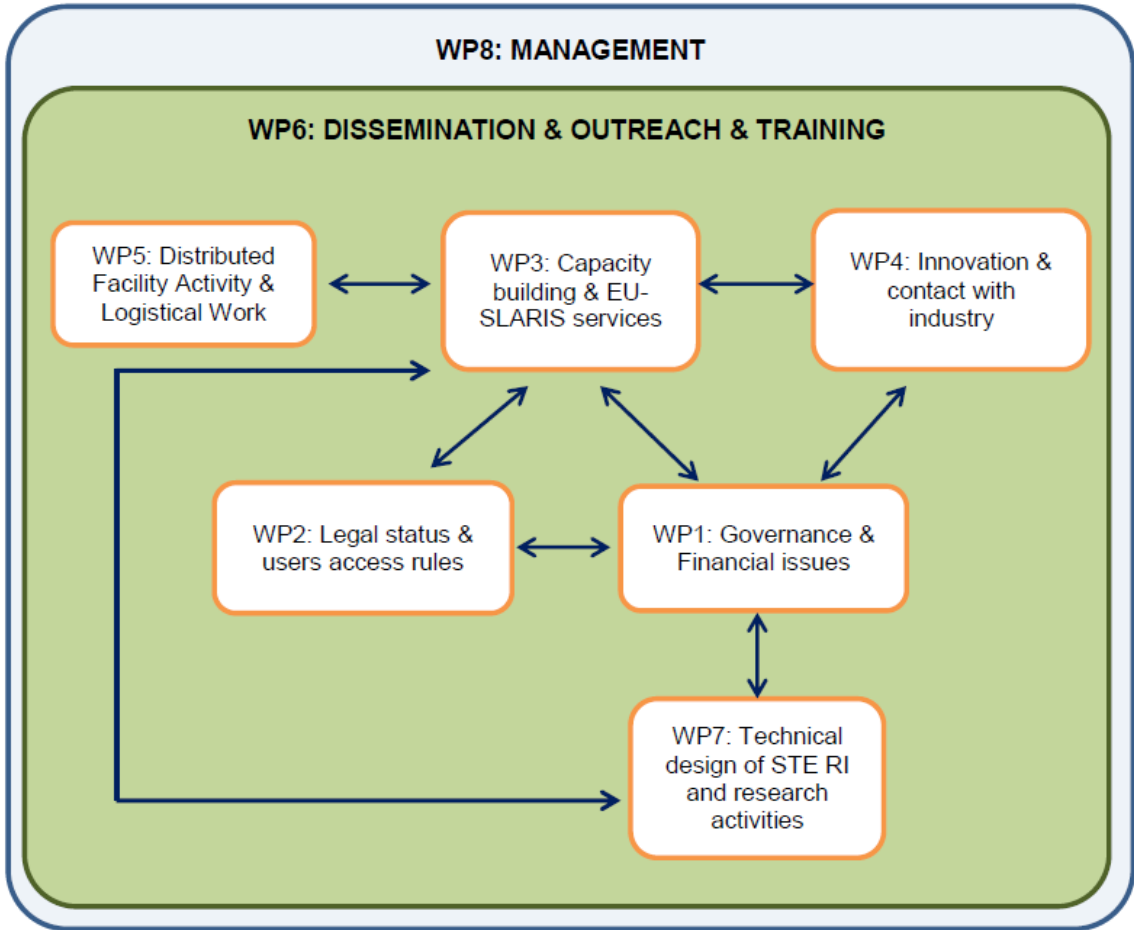
Parceiros : **CTAER**, CIEMAT-PSA, MINECO, Cyl, ESTELA, CNRS, DLR, APTL, CRES, ENEA, WEIZMANN, LNEG, U. ÉVORA, GUNAM, SELCUK U.

Objective: Incluído no *roadmap* de 2010 do ESFRI o EU-SOLARIS pretende criar uma infraestrutura única, distribuída, de I&DT para a termoelectricidade solar (STE), definindo um enquadramento legal comum, uma gestão unificada e um ponto de acesso único para utilizadores.





The EU-SOLARIS Project : The European Research Infrastructure for Concentrated Solar Power



Este projecto FP7 representa a fase preparatória do projecto de implementação desta infraestruturas e incide sobre os seguintes aspectos:

- Governação e estatuto legal;
- Sustentabilidade financeira e interacção com a indústria;
- Mecanismos de cooperação em projectos de I&DT;
- Serviços e infraestruturas;
- Comunicação interna e disseminação.





The STAGE-STE Project : The European Research Infrastructure for Concentrated Solar Power

Objectivos: Envolver os principais institutos de investigação europeus que possuem actividades relevantes e reconhecidas na área do solar termoeléctrico (STE) numa estrutura de investigação integrada de forma a atingir os seguintes objectivos:

- a) Converter o consórcio numa instituição de referência para a investigação europeia da energia solar térmica de concentração, criando uma nova entidade com uma estrutura de governação efectiva;
- b) Melhorar a cooperação entre as diferentes instituições europeias de investigação de forma a criar valor acrescentado;
- c) Sincronizar os diferentes programas nacionais de investigação, por forma a evitar duplicações e a alcançar resultados melhores e mais céleres;
- d) Acelerar a transferência de conhecimento para a indústria, com vista à manutenção e fortalecimento da corrente liderança industrial europeia em STE;



The STAGE-STE Project : The European Research Infrastructure for Concentrated Solar Power

Objectivos: Envolver os principais institutos de investigação europeus que possuem actividades relevantes e reconhecidas na área do solar termoelectrico (STE) numa estrutura de investigação integrada de forma a atingir os seguintes objectivos:

- e) Expandir as actividades conjuntas de investigação entre os centros de investigação, oferecendo aos investigadores e à indústria um leque compreensivo de capacidades de investigação, adicionando valor às tecnologias inovadoras e motivadas pelas necessidades da indústria;
- f) Estabelecer a associação europeia de referência para a promoção e coordenação internacional na investigação em STE.





STAGE-STE

Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy

Projecto Colaborativo e Acção de Coordenação e Suporte do 7º Programa Quadro ENERGY.2013.10.1.10: Integrated Research Programme in the field of Concentrated Solar Power

Coordenador : Dr. Julian Blanco

Parceiros : **CIEMAT-PSA**, DLR, PSI, CNRS, FRAUNHOFER-ISE, ENEA, ETH, CEA, Cyl, LNEG, CTAER, CNR, CENER, TECN, U. ÉVORA, IMDEA, CRAN, TKN, UNIPA, CRS4, INESC-ID, IST, **TORRESOL, AREVA, HITT, ACCIONA, SCHOTT, ASE, ESTELA, ABENGOA, KSU, UNAM, SUN, CSERS, CSIRO, USP, IEECAS, UDC, UCAM, FBK**

- Estão envolvidos os principais institutos de investigação europeus que possuem actividades relevantes e reconhecidas na área do solar termoeléctrico (STE), havendo 8 parceiros industriais e 10 parceiros não europeus.





EERA CSP-JP
Proposal preparation to Call
FP7-2013-ENERGY-IRP
STAGE-STE

Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy

A) COORDINATION AND SUPPORT ACTION (CSA) ACTIVITIES

- WP1 Overall programme coordination
- WP2 Integrating activities to lay the foundations for long-lasting research cooperation
- WP3 Enhancement of CSP Research Facilities cooperation
- WP4 Training Activities
- WP5 Relationship with the industry / Transfer of Knowledge
- WP6 International Cooperation

B) COLLABORATIVE PROJECT (CP) ACTIVITIES

- WP7 Thermal Energy Storage for CSP Plants
- WP8 Materials to Solar Receivers and CSP Components
- WP9 Solar Fuels
- WP10 CSP plus Desalination
- WP11 Line-Focus Solar Concentrating Technologies
- WP12 Point focusing CSP technologies



2013 FCT INFRAESTRUTURAS

National Research Infrastructure on Solar Energy Concentration (INIESC)

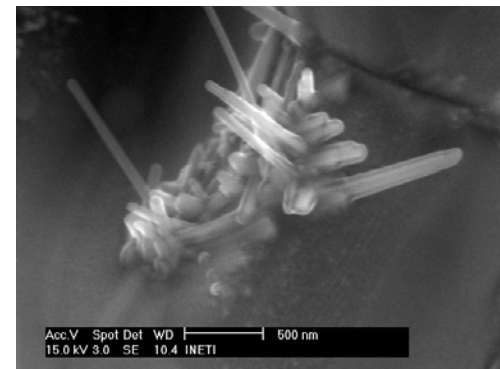
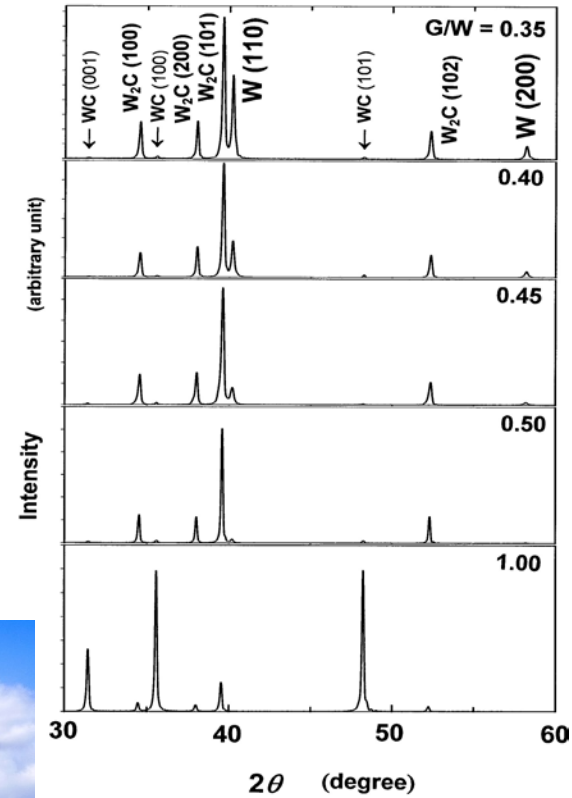
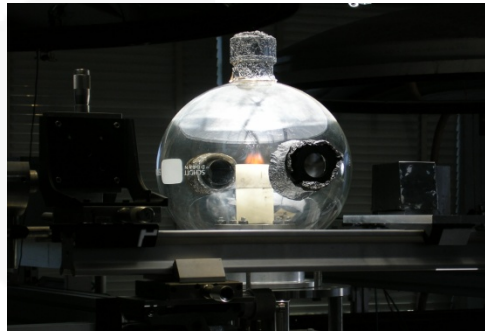
Action Plan

The 6 years Action Plan (AP) defined for INIESC is built around 8 strategic areas (A), each of them oriented to the development of innovative solutions tackling identified needs of both the industry and the market. The AP includes also transversal topics related to training and dissemination activities.

- A1 - Solar concentrators for thermal conversion of solar radiation (Leader: Univ. Évora)
- A2 - Standardized methods and experimental testing of solar concentrators (Leader: Univ. Évora)
- A3 - Solar Energy Storage (Leader: Univ. Évora)
- A4 - Solar fuels (Leader: Dulce Boavida, LNEG-UTCAE)
- A5 - Applications and system demonstration (Leader: Pedro Azevedo, LNEG-UES)
- A6 - Solar materials and components (Leader: Fernando Oliveira, LNEG-UES)
- A7 - Promotion and dissemination (Leader: João Farinha Mendes, LNEG-UES)
- A8 - Training and Capacity building (Leader: Univ. Évora)



Synthesis of carbides (Ti, Ta, Mo, W) using solar radiation



21 artigos em revistas científicas
9 comunicações em conferências

Fresnel lens small solar furnace in IST

Collaboration:

Univ. Evora/InstEnergiaSolar
EnergyIn



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO



Average solar radiation flux = 800 W m^{-2}

Concentration Factor in 1 cm^2 focal area = 8000

Flux in the 1 cm^2 focal area = $8000 \times 800 \text{ W m}^{-2} = 6,4 \text{ MW m}^{-2}$



Dimensions of the lens: 790 mm x 1040 mm

Thickness of the lens : 3 mm

Focal distance : $f = 1000 \text{ mm}$

Equipamentos estratégicos para as actividades de I&D da UES

| Equipamento | Localização |
|--|-----------------|
| Microscópio Eletrónico de Varrimento SEM-FEG (Philips) | UES - Edif. C |
| Revestimento, vários metais, por sputtering (Emitech) | UES - Edif. C |
| Microscópio ótico com câmara digital (Zeiss Axiovert) | LMR - Edif E |
| Microsonda electrónica JEOL JXA 8500 | LGM - Porto |
| Difratómetro de Rx (Rigaku) | LMR - Edif E |
| Fluorescência de RX (Spectrace) | UEE - Edif. C |
| Espectrofotómetro FTIR - Perkin Elmer | UTCAE - Edif. E |
| Espectrofotómetro UV-Vis - | UTCAE - Edif. E |
| Análise Térmica Diferencial TG/DTA 1600 °C (Setaram) | UES - Edif. C |
| Análise Térmica TG/DSC SETARAM SetSys 16/18, com espectrómetro de massa associado. | UTCAE - Edif. J |
| Calorímetro de varrimento diferencial - DSC Metht | UB - Edif. K2 |
| Calorímetro de reacção - RC1 /Mettler Toledo) | UB - Edif. K2 |

| Equipamento | Localização |
|--|-----------------------|
| Calorímetro de reacção - RC1 /Mettler Toledo) | UB - Edif. K2 |
| Condutividade térmica, materiais isolantes (Anacon) | Edif. C |
| Condutividade térmica, materiais condutores (Netzsch) | Edif. C |
| Granulómetro (CILAS 1064) | UEE - Edif C |
| Prensa unidirecional 15 t (Carver) | UES - Edif. C |
| GCA 1500 °C, alto vácuo/atmosfera controlada | UES - Edif. C |
| Microdurómetro (Shimadzu) | LMR - Edif E |
| HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (escala analítica/preparativa) | UES - Edif. Solar XXI |
| Simulador Solar (Oriel) + fonte de alimentação digital (Keithley) | UES - Edif. G |
| Sistema de pulverização catódica reactiva DC pulsada com auxílio de campo magnético. | UES - Edif. G |

CSP@LNEG

Participação do LNEG em redes internacionais no âmbito do CSP:



- European Energy Research Alliance Concentrated Solar Power Joint Program (EERA JP-CSP)
- European Industrial Initiative on solar energy - Concentrating solar power
- IEA SHC IA - Solar Heating and Cooling (Task 46, 49, ...)
- [*Solarpaces - Solar Power And Chemical Energy Systems*]
(participação desejável mas ainda não concretizada)



EUROPEAN ENERGY RESEARCH ALLIANCE

Concentrating Solar Power Joint Programme

SUB-PROGRAMME 1: Concentrated Solar Power plus Desalination (CSP+D)

SUB-PROGRAMME 2: Thermal Energy Storage for CSP plants (TES)

SUB-PROGRAMME 3: Solar Thermochemical Production of Fuels (STPF)

SUB-PROGRAMME 4: Accelerated Aging of Materials (AAM)





EUROPEAN ENERGY RESEARCH ALLIANCE

Concentrating Solar Power Joint Programme

SUB-PROGRAMME 1: POWER GENERATION AND DESALINATION

(CSP+DES)

- Optimizing heat extraction in different CSP technologies to drive desalination processes.
- Reducing cooling requirements of solar power cycle without penalizing cycle thermodynamic and exergy efficiency.
- Energy and exergy optimization of combined power and seawater desalination processes.
- Desalination technologies optimization to better matching solar power cycles conditions.

SUB-PROGRAMME 2: THERMAL ENERGY STORAGE (TES)

- Review of the state-of-the-art on Heat Transfer Fluids (HTFs) and Heat Storage Media (HSMs), to identify potential improvements.
- Analysis, modelling and simulation of the new solutions (two-tanks and one-tank MS TES), to verify and validate the application of new mixtures and materials, and the performance and reliability of new apparatus and procedures of management.
- To realize small-scale test apparatus in order to perform experimental tests for the new concepts and solutions proposed under real solar irradiation conditions.





EUROPEAN ENERGY RESEARCH ALLIANCE

Concentrating Solar Power Joint Programme

SUB-PROGRAMME 3: SOLAR THERMOCHEMICAL PRODUCTION OF FUELS

- Survey of Solar Thermochemical Processes
- Environmental and Economic Assessment
- Main Technological Challenges
- Development and Optimization of Research Infrastructure
- Dissemination of Results
- Potential Future Activities

SUB-PROGRAMME 4: ACCELERATED AGING OF MATERIALS

- Review of existing methodology for accelerated aging
- Accelerated aging of reflectors
- Accelerated aging of high temperature absorbers (HTA)
- Development of diagnostics
- Development of empirical models
- Data base of exposed probes



IMPLEMENTING PLAN OF THE EUROPEAN SOLAR THERMAL
ELECTRICITY INDUSTRY INITIATIVE (STE-EII)

ESTELA's PROPOSAL

24/02/2010



www.estelasolar.eu

THE SOLAR THERMAL ELECTRICITY EUROPEAN INDUSTRY INITIATIVE (STE-EII)

TECHNOLOGY OBJECTIVES 2010 -2020

1.- Increase efficiency and reduce generation costs

To improve the conversion efficiency and cost at system level as well as the reliability, efficiency and cost of individual components

2.- Increase dispatchability

To develop and improve thermal energy storage, as well as hybridisation of the power plants with natural gas and potentially with biomass

3.- Improve the environmental footprint

To reduce the cooling water consumption through innovative cycles, by developing dry cooling systems and optimising land use
To demonstrate CSP-specific water desalination processes

4.- Longer term R&D

To work on advanced components, concepts and systems

Short Term Priority

We still keep the budget estimation for the STE-EII during the 2010-2020 period

Cost reduction between 35-50% was expected by the year 2020, in comparison with 2010 prices .



Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

Melhorar a despachabilidade

Melhorar o perfil ambiental

Envolvem diversas áreas do conhecimento, desde a engenharia dos materiais à termodinâmica, passando pela mecânica de fluídos e transferência de calor, óptica, instrumentação e aquisição de dados, controle, modelação numérica e computacional, etc.

Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

MIRRORS

Light reflectives surfaces
Antisoiling coatings
High reflective

HEAT TRANSFER FLUIDS

Low melting temperature mixtures
Pressurised gases
Direct steam generation with high pressure absorber tubes
High working temperatures

OTHERS

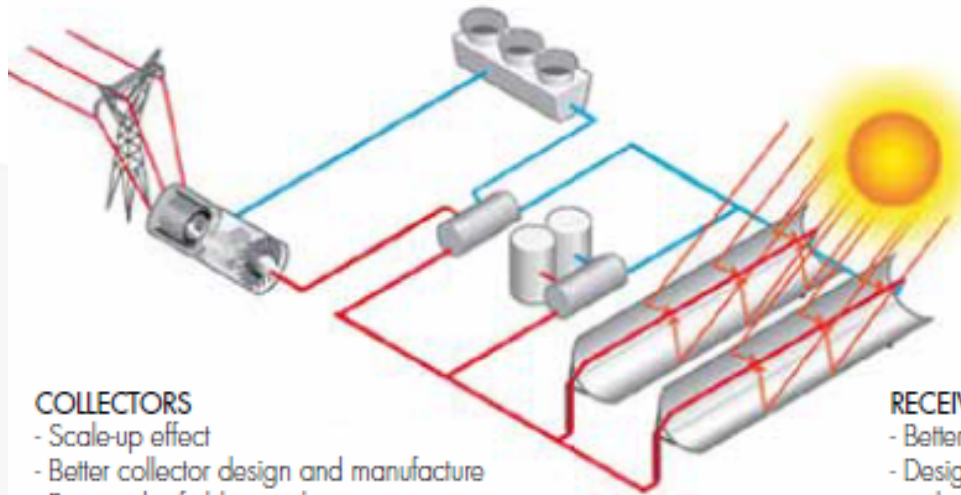
Selective coating receivers with better optical properties
New storage concept
Improve control, prediction and operation tools

Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

PARABOLIC TROUGH COLLECTORS

Research topics to be investigated to reach objective 1 for parabolic trough collectors



COLLECTORS

- Scale-up effect
- Better collector design and manufacture
- Better solar field control
- Autonomous drive units and local controls (wireless)

HEAT TRANSFER FLUID

- Use of compressed gases (CO₂, N₂, air...)
- Direct steam generation
- Molten salt + auxiliary heating

RECEIVER TUBES

- Better optimal stability of the selective coatings
- Designs with vacuum, without welds or without lower H₂ permeation
- Cheaper interconnecting elements

Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

CENTRAL RECEIVERS

Research topics to be investigated to reach objective 1 for central receivers

RECEIVER

- Advanced high temperature receiver (direct absorption)
- New engineered materials (ceramic tubes)

HEAT TRANSFER FLUID

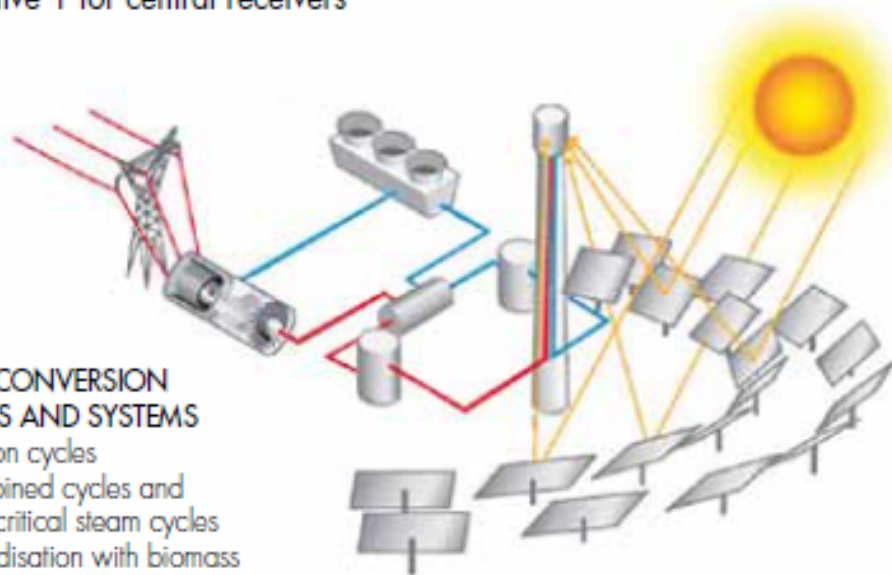
- Molten salt for supercritical steam cycles
- Air and CO₂ as primary fluids
- Direct superheated steam
- Particle receiver systems

HELIOSTAT FIELD

- Multiple small towers configuration
- Reliable wireless heliostat control systems
- Optimised heliostat field
- Improve drive mechanisms
- Autonomous drive units and local controls (wireless)

NEW CONVERSION CYCLES AND SYSTEMS

- Brayton cycles
- Combined cycles and supercritical steam cycles
- Hybridisation with biomass
- Secondary concentrators



Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

LINEAR FRESNEL REFLECTORS

Research topics to be investigated to reach objective 1 for linear Fresnel reflectors

CONTROL AND DESIGN

- Better tracking options
- Hybridisation of tower and Fresnel technologies

RECEIVERS

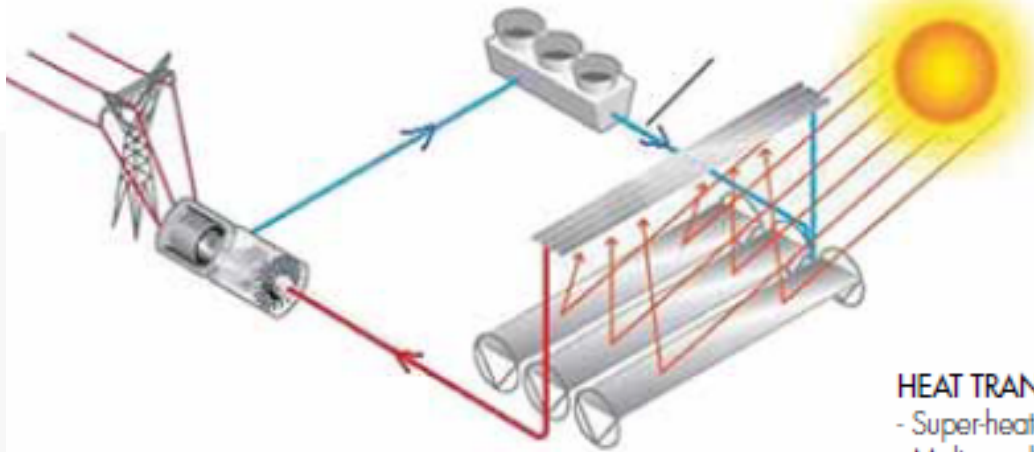
- Evacuated tubular receivers
- New generation of non-evacuated tubular receivers

MIRRORS

- Second stage concentration
- Thin films on curved support surfaces

HEAT TRANSFER FLUID

- Super-heated direct steam generation
- Molten salts only
- Pressurised CO₂ or air in non-evacuated receivers



Desafios

Aumento da eficiência e redução dos custos de construção, operação e manutenção (redução do LCOE)

PARABOLIC DISHES

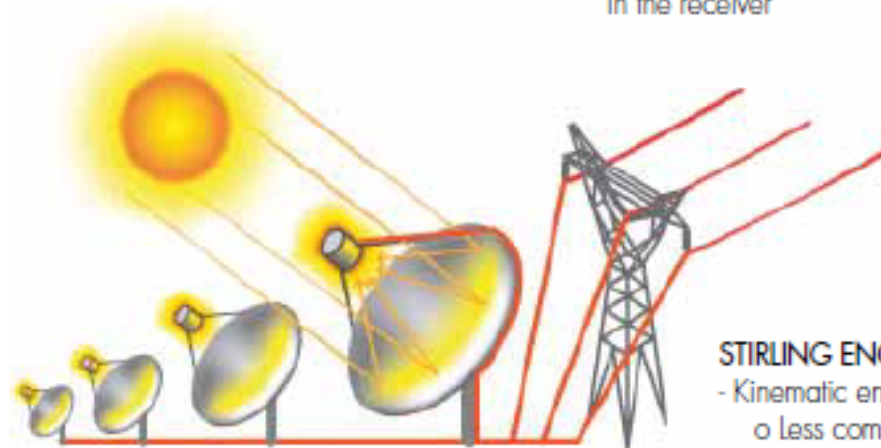
Research topics to be investigated to reach objective 1 for parabolic dishes

GAS TURBINES

- Hybridisation with natural gas or biogas
- Combination of dish turbine with CAES systems

RECEIVERS

- Reflux receivers against the lower thermal inertia



SYSTEM COMPONENTS

- Synergies with car manufacturing industry
- Improved tracking system

DISPATCHABILITY

- Electromechanical and thermal storage
- Alternative energy source (biomass) in the receiver

STIRLING ENGINE

- Kinematic engine
 - o Less component failures
 - o Less H₂ leakage
 - o Mass production
- Free piston engine
 - o Better control and design of linear generator

Desafios

Integração de energia solar via CSP:

- Em centrais termoeléctricas (*Integrated Solar Combined Cycle*)
- Hibridação com biomassa e biogás

Melhorar a despachabilidade



Previsão do recurso solar no longo e curto prazo

Armazenamento

Novos conceitos e designs

Novos fluidos / elementos de armazenamento de calor

Optimização de estratégias de funcionamento/controlo

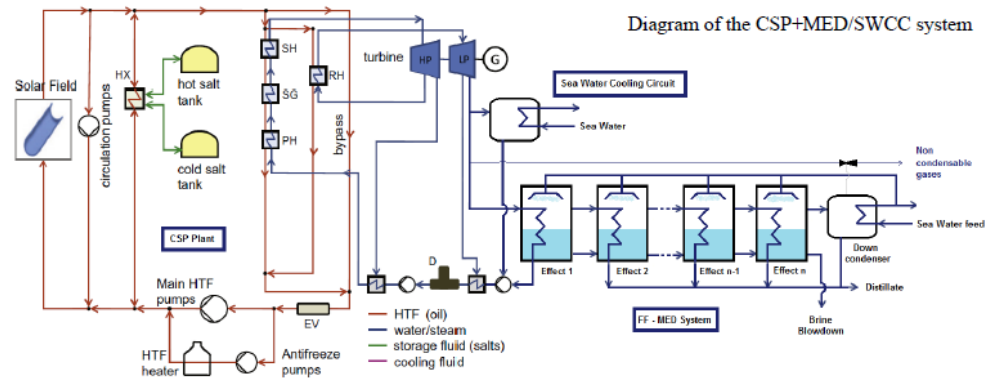
Desafios

Melhorar o perfil ambiental

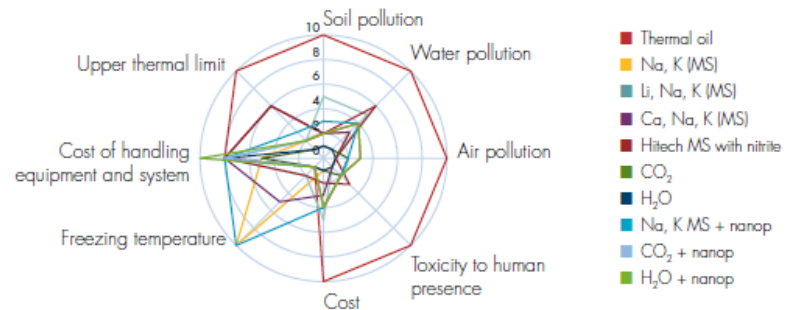
Redução do consumo de água



CSP + Dessalinização



HTF VERSUS TECHNICAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS



Aplicação de fluídos de transferência de calor com menor impacto ambiental

CSP – Uma área com enorme potencial de incorporação nacional.

- a produção de heliostatos,
- a produção de sistemas primários de concentração linear, parabólicos ou planos,
- a produção de sistemas secundários de concentração linear e pontual;
- a produção de receptores para sistemas de concentração linear e pontual;
- a produção do subsistema de armazenamento;
- os componentes mecânicos, eléctricos e electrónicos associados às centrais térmicas;
- a produção do software de controle (subsistemas e sistema global)
- a engenharia associada ao desenho, construção e manutenção de centrais térmicas

CSP – Uma área com enorme potencial de incorporação nacional.



E o LNEG (*Que Fazer*)? De que forma poderemos contribuir para o desenvolvimento destas tecnologias e potenciar a sua integração no tecido industrial nacional?



DRAFT OUTLINE FOR THE INTEGRATED ROADMAP



Agradecimentos:

- Ao colega **João Cardoso** pela colaboração nesta apresentação;
- A todos os colegas pela presença e interesse.



www.lneg.pt