

Digitalización e inteligencia artificial en tecnologías solares térmicas

www.energy.imdea.org

Moderador: IMDEA Energía, Manuel Romero

ACCIONA Construcción, Diego Caro, Gerente de Proyectos I+D Industrial.

IMDEA Energía, Milan Prodanovic, Jefe de la Unidad de Sistemas Eléctricos.

VirtualMech, Juan Sebastián Valverde, Fundador y asesor científico.

CENER, Marcelino Sánchez, Director del Departamento de Tecnologías y Almacenamiento de la Energía Solar.

DCarbo Energy Consulting, Daniel Carbonell, Fundador.

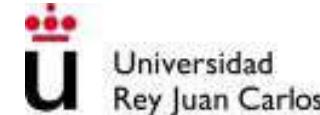
Solar Concentra - Protermosolar, Óscar Balseiro, Secretario General.

Genera 19-11-2025

ACES4NET0-CM: Energía solar de concentración para los objetivos net-zero en procesos industriales y transporte

- Concesión ORDEN 5696/2024, de 10 de diciembre (BOCM de 26/12/2024)
- Importe concedido: 1.026.000 €
- Duración Enero 2025-Diciembre 2028

8 grupos de investigación de 7 entidades



1 asociación industrial y 8 empresas colaboradoras



Programa I+D 2024 ACES4NET0-CM TEC-2024/ECO-116

ACES4NET0-CM: Energía solar de concentración para los objetivos net-zero en procesos industriales y transporte

<https://www.aces4net0.es/>



- Caracterización óptica y medida de flujo
- Simulación, automatización y control (gemelos digitales, comunicaciones)
- ML para desarrollo de materiales
- Formación

Programa I+D 2024 ACES4NET0-CM



DIGI SOLAR

JORNADA

Digitalización e inteligencia artificial en
tecnologías solares térmicas

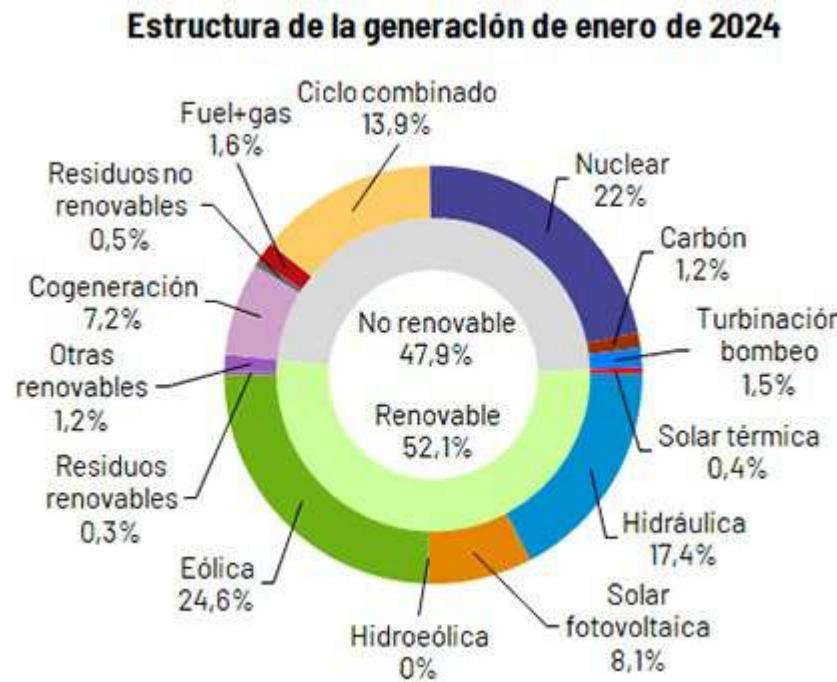


Potencial impacto y particularidades:

- *Optimización del desempeño y O+M de las instalaciones*
- *Mejora de la gestionabilidad de almacenamiento térmico y de integración en red*
- *Apoyo al desarrollo de materiales, diseño de componentes y modelización*
- *Nuevas herramientas de calibración, caracterización y control*

Comienza la jornada.....

Contexto Energético. MIX Energético, crisis y evolución de la red Eléctrica.



Fuente: Red Eléctrica. REDEIA.

Actualmente el tema más candente es la **inestabilidad de la red**, y para su subsanación ya hay publicadas cifras de **inversión de 13500 M€ hasta 2030 en la Red Eléctrica Española**.

El tema energético es complejo, y no tiene fácil solución, **ningún país energéticamente dependiente “lo hace bien”**.

La termosolar aporta estabilidad, producción nocturna y puestos de trabajo en la zona, pero es más compleja.

Viejo dicho en inversiones que invita a diversificar, inversiones, ingresos, volumen de negocio, etc...

“No poner todos los huevos en la misma cesta”.

La energía termosolar se desarrolló rápidamente en los años 70, en busca de una alternativa al petróleo, causado por una subida drástica de su precio.

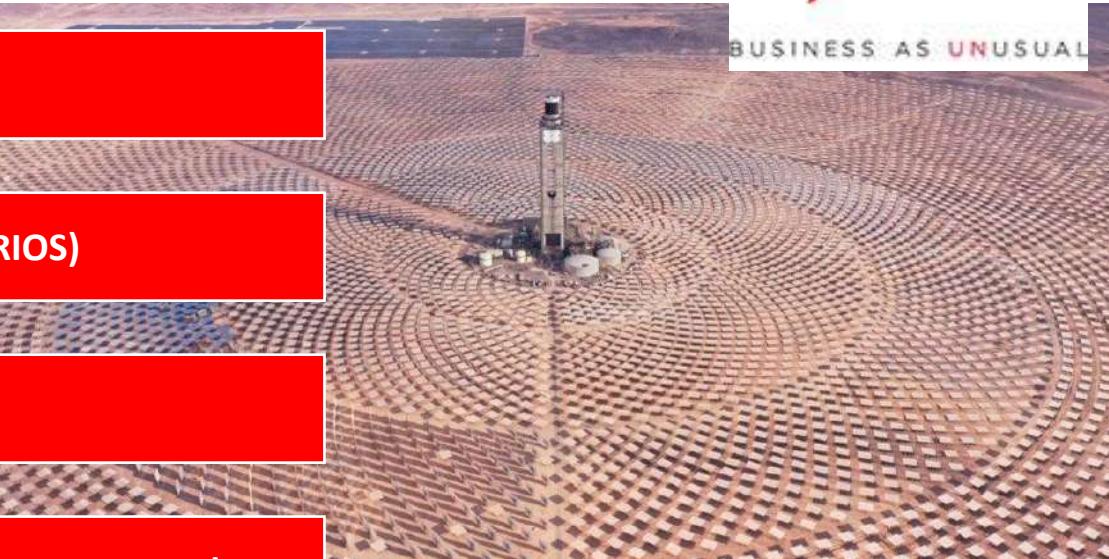
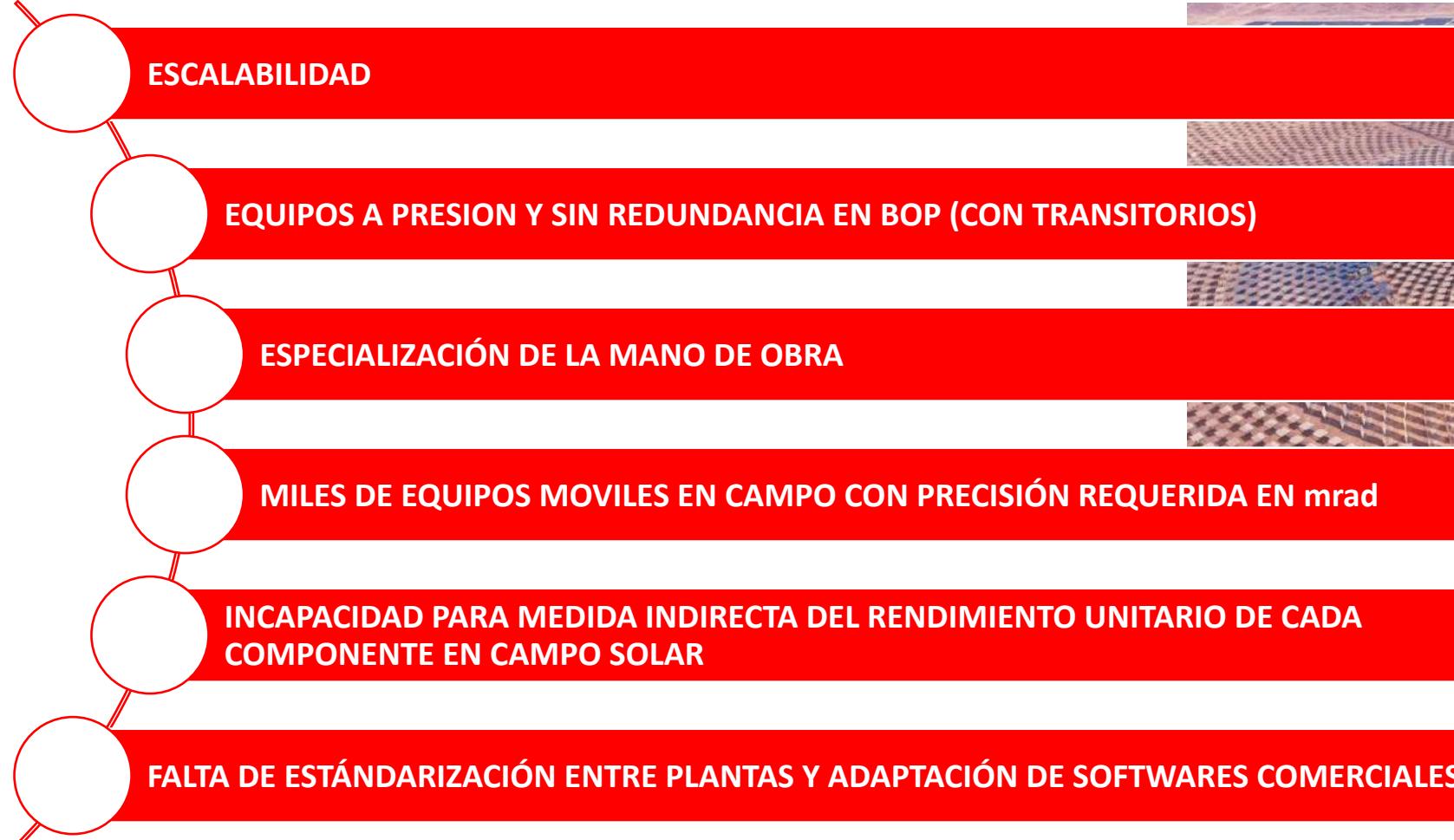
Tras este evento hemos tenido **multitud de eventos que han modificado las estrategias**, Guerra de Ucrania, el apagón, **y seguirá habiendo**.

Y la realidad es que **España sigue sin ser independiente energéticamente** hablando y seguirán pasando cosas.

Dificultad en el Control de la Operación del Mantenimiento Termosolar.



BUSINESS AS UNUSUAL



El siguiente paso es la digitalización.

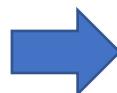
Herramientas Digitales en Sistemas de Potencia

Gemelo Digital en Sistemas de Potencia:

- **Modelos físicos:** flujo de potencia, EMT, máquinas, redes (PSCAD, DiGILENT, PSS/E).
- **Modelos híbridos físico–datos:** combinan simulación y ML para mayor precisión.
- **Machine Learning / Deep Learning:** pronóstico, detección de fallas, anomalías.
- **Datos en tiempo real:** SCADA, PMU e IoT alimentan el gemelo.
- **Simulación en tiempo real (HIL):** OPAL-RT, RTDS para pruebas y validación.
- **Reinforcement Learning:** para optimizar control de microredes e inversores.
- **Modelos probabilísticos:** análisis de incertidumbre y confiabilidad.

Métodos de la IA en Sistemas de Potencia:

- **Redes neuronales / Deep Learning:** pronóstico de demanda, renovables, detección de fallos.
- **Machine Learning clásico (SVM, Random Forest, etc.):** clasificación de perturbaciones, diagnóstico de fallos.
- **Metaheurísticas (GA, PSO, etc.):** optimización del flujo de potencia (OPF), planificación y sintonización de controladores.
- **Lógica difusa:** control bajo incertidumbre (voltaje, PSS).
- **Sistemas neuro-difusos (ANFIS):** control inteligente y pronóstico.
- **Reinforcement Learning:** control óptimo de microredes, baterías e inversores.
- **Modelos probabilísticos:** análisis de incertidumbre en carga y generación.



Herramientas Digitales para Integración de Renovables

Pronóstico renovable

IA predice generación solar y eólica con alta precisión, reduciendo incertidumbre.

Optimización de operación y despacho

Ayuda a integrar renovables manteniendo la seguridad y el costo óptimo del sistema.

Permiten ajustar inversores, reducir *curtailment* y coordinar baterías.

Control de tensión y estabilidad

Ajusta inversores, previene inestabilidades y gestiona inercia en sistemas con mucha renovable.

Gestión de recursos distribuidos (DERs)

Coordina paneles, baterías, cargas inteligentes y vehículos eléctricos.

Control predictivo en tiempo real

Anticipa congestiones y optimiza flujos en redes de distribución.

Planificación de la red

Ayuda a ubicar renovables y baterías, y a dimensionar infraestructura.

Gestión de baterías (BESS)

Predice la degradación y optimiza su operación.

Decide cuándo cargar/descargar baterías y suaviza variaciones renovables.

Mantenimiento predictivo

Detectan fallos en paneles, inversores, turbinas y reducen tiempos de inactividad.

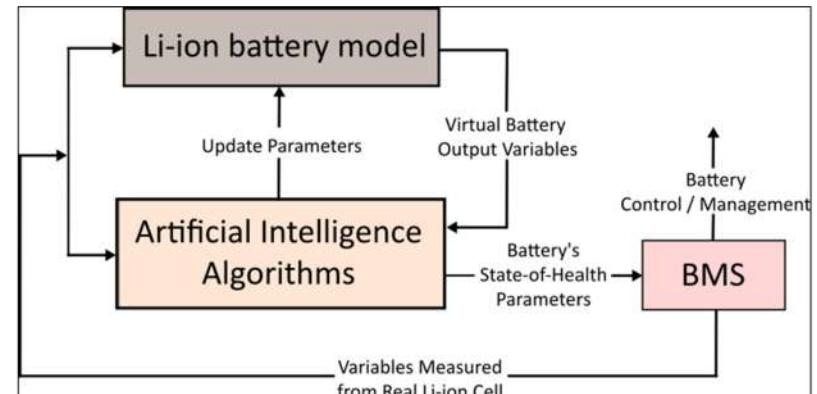
Simulación del comportamiento renovable

Modelan plantas solares/eólicas y su interacción con la red en diferentes condiciones.

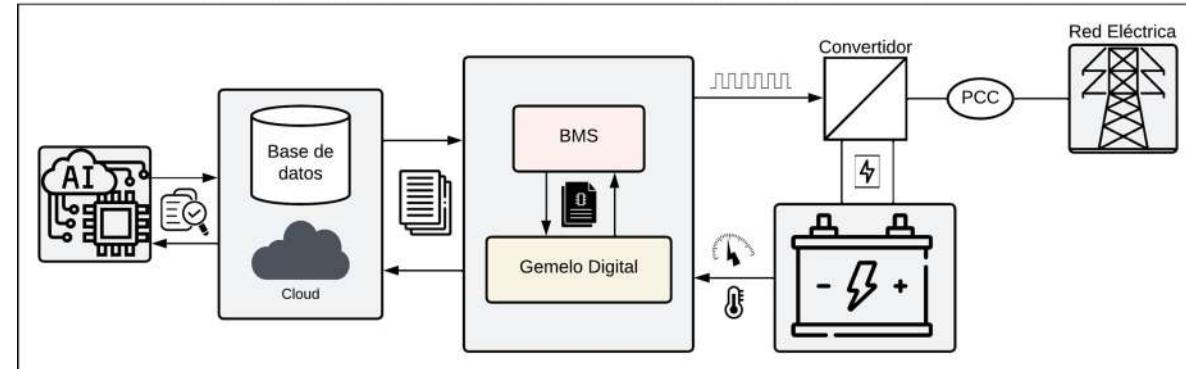
Pruebas virtuales de control y protecciones

Validan inversores, algoritmos de control y esquemas de protección sin riesgo.

Application of AI in estimating the SOH of a Li battery



Application of the DT of a Li battery in ancillary services provision



Aplicaciones del Herramientas Digitales en Sistemas de Potencia

Detección de fallos y mantenimiento

Identificación y localización automática de fallos.

Mantenimiento predictivo de equipos (transformadores, interruptores, líneas).

Pronóstico

Predicción de demanda eléctrica.

Pronóstico de generación solar y eólica.

Vehículos eléctricos

Optimización de carga y descarga (V2G).

Evitar congestiones en redes de distribución.

Operación y control

Control de tensiones y flujos de potencia.

Estimación de estado más precisa.

Control predictivo para mejorar la estabilidad.

Seguridad y estabilidad

Predicción de estabilidad transitoria.

Prevención de apagones mediante detección de patrones peligrosos.

Optimización y planificación

Despacho económico y flujo de potencia óptimo.

Planificación de expansión de redes y ubicación óptima de baterías.

Integración de renovables y DERs

Evaluá el impacto de generación solar/eólica y coordina recursos distribuidos.

Diseño y validación de infraestructura

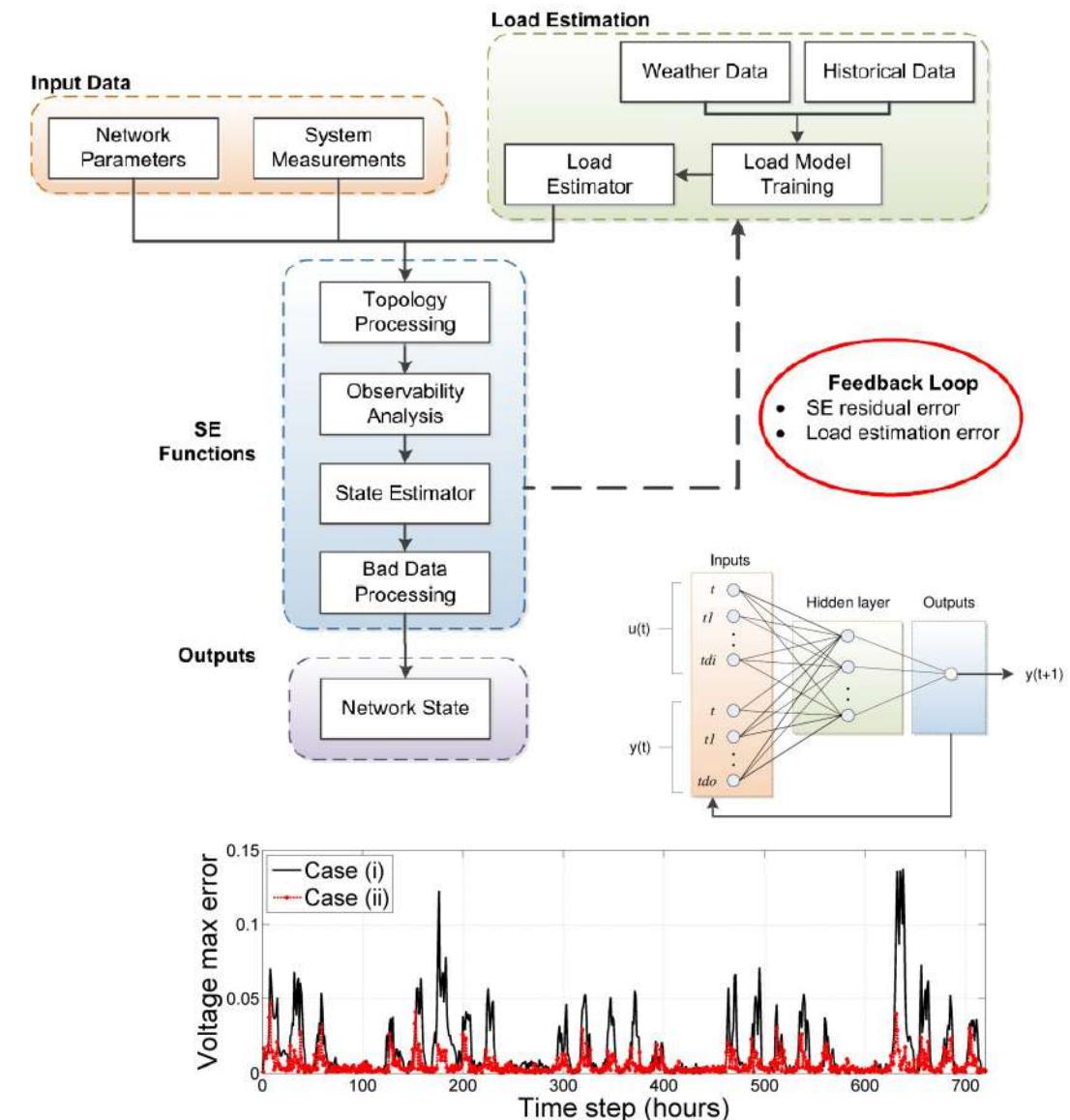
Prueba virtual de líneas, subestaciones y protecciones antes de implementarlas.

Entrenamiento de operadores

Replica el sistema para capacitar en fallos, emergencias y operaciones complejas.

Simulación en tiempo real

Permite probar contingencias, estabilidad y estrategias de control sin afectar el sistema.



Se muestra la precisión de la estimación del estado para dos casos:

- modelo sencillo de estimación de carga, sin bucle de realimentación;
- modelo mejorado de estimación de carga (NARX), con bucle de realimentación.

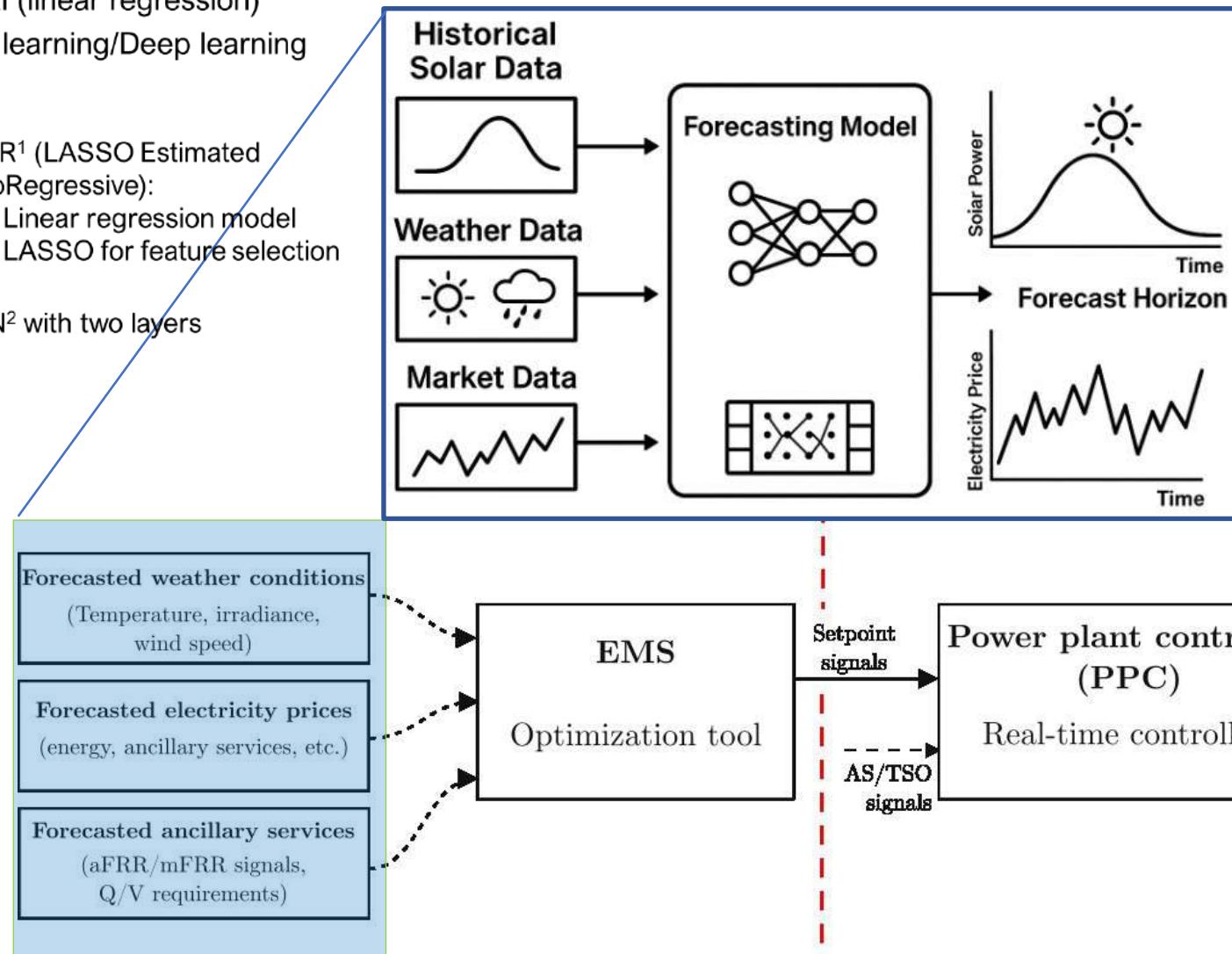


Electricity price forecast

Three families of methods:

- Statistical (linear regression)
- Machine learning/Deep learning
- Hybrid

1. LEAR¹ (LASSO Estimated AutoRegressive):
Linear regression model
LASSO for feature selection
2. DNN² with two layers



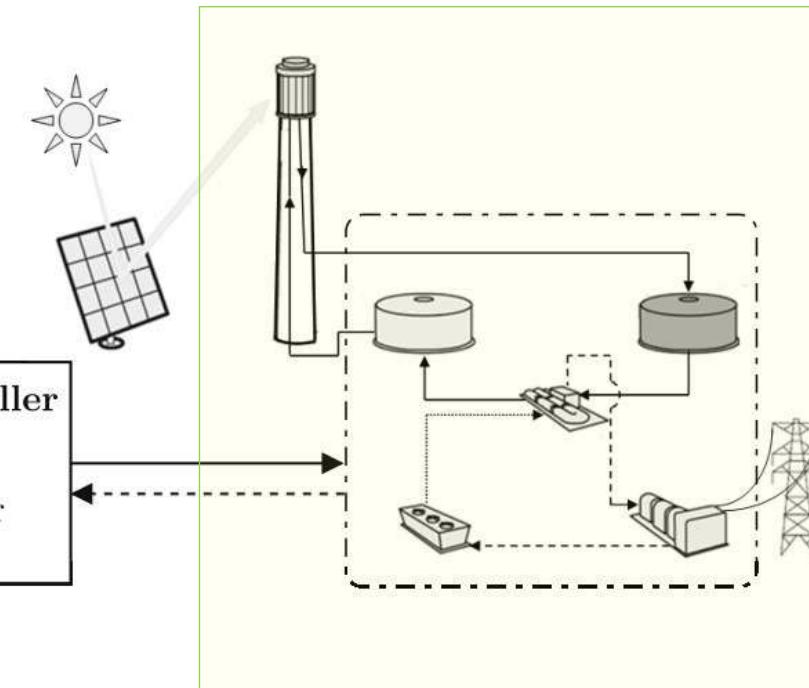
Ancillary services price forecast

Voltage regulation, frequency regulation, black-start, capacity, other (inertia)

Prices show high variability:

- Most influential variables in the formation of service prices
- Different prediction models for different products

Different services are remunerated in different countries



Digitalización en el diseño de componentes y en la O&M de plantas solares

Juan S. Valverde García

Virtualmech

Fundador y asesor científico

j.valverde@virtualmech.com



Dept. Matemática Aplicada

Universidad de Sevilla

Profesor Titular

jvalverde@us.es

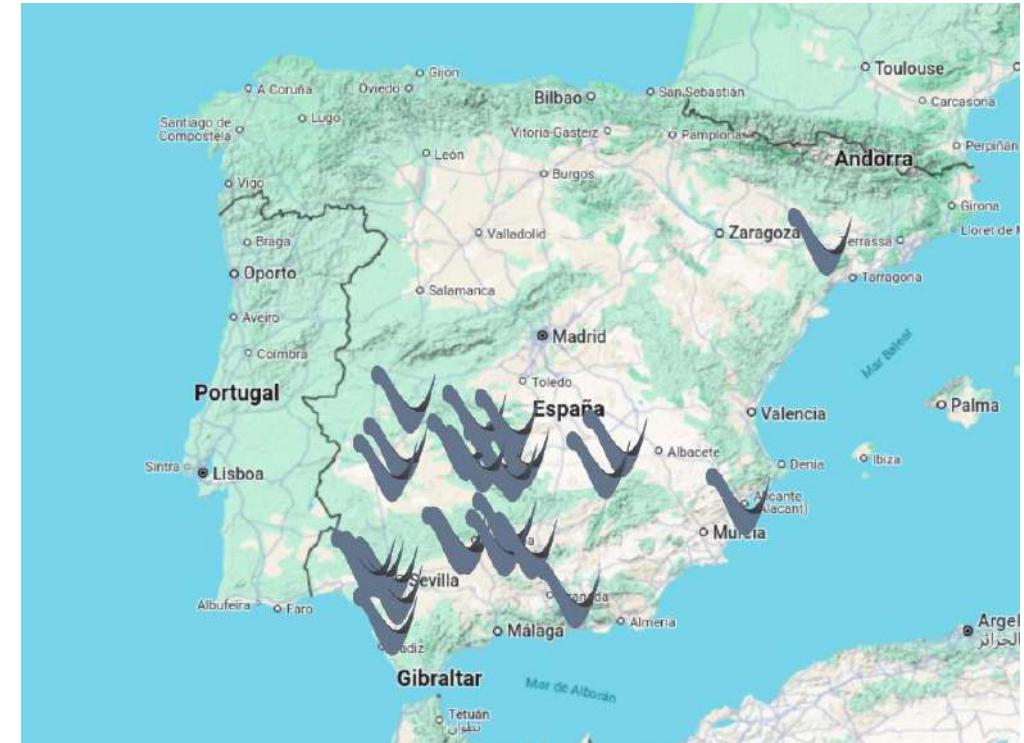


Proyectos



VIRTUALMECH

KEEPING YOUR WORLD IN MOTION



Clients: CSP/TES properties



Clients: CSP/TES EPC, Technology suppliers & operators

ABENGOA
ABENGOA SOLAR



BUILD TO ZERO



SCHOTT
solar

RIOGLASS
SOLAR

COX
energy



The logo for NOMAC features a stylized graphic element composed of green, blue, and red shapes resembling a flame or a stylized "N". To the right of the graphic, the word "NOMAC" is written in a large, black, uppercase, sans-serif font. Below "NOMAC", the text "First National Operation & Maintenance Co.,Ltd" is written in a smaller, black, sans-serif font.

Digitalización para apoyo a la O&M



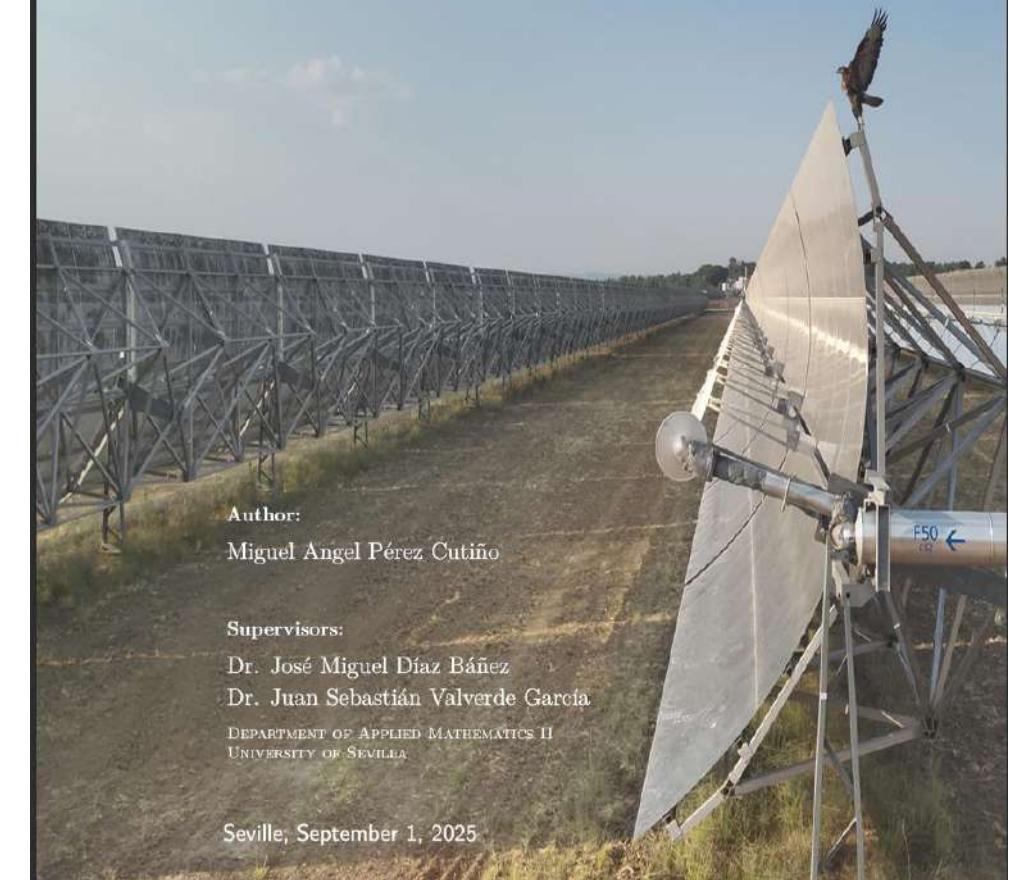
DOCTORAL THESIS
APPLIED MATHEMATICS

DRONES, COMBINATORIAL OPTIMIZATION
AND DEEP LEARNING FOR INSPECTING
SOLAR THERMAL POWER PLANTS

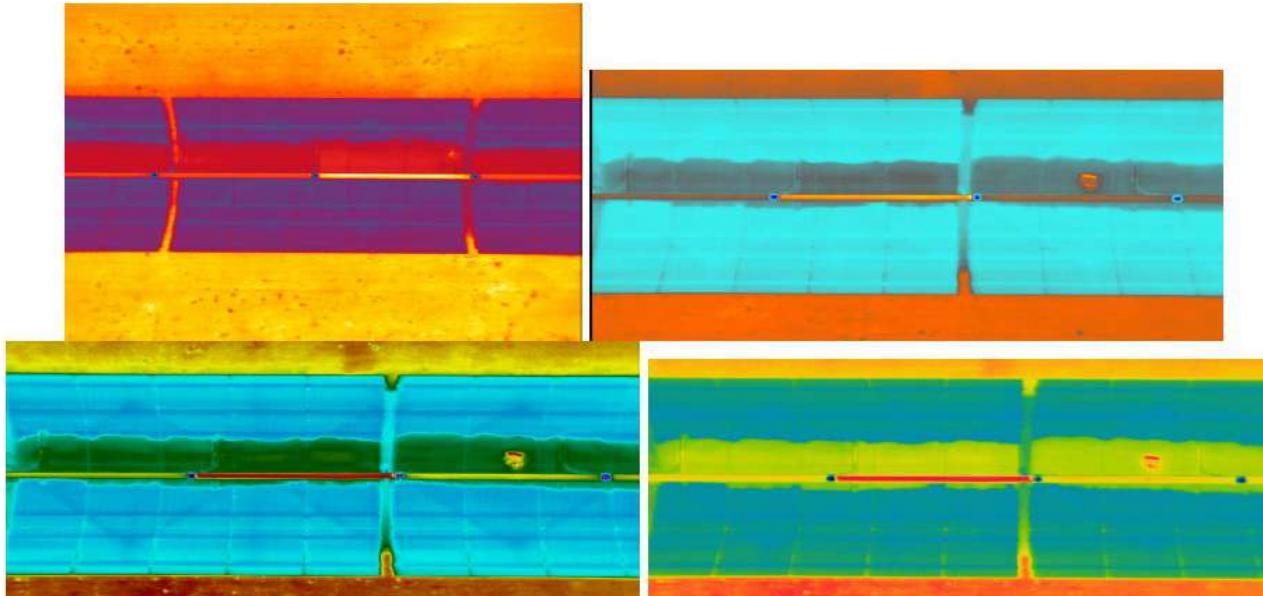
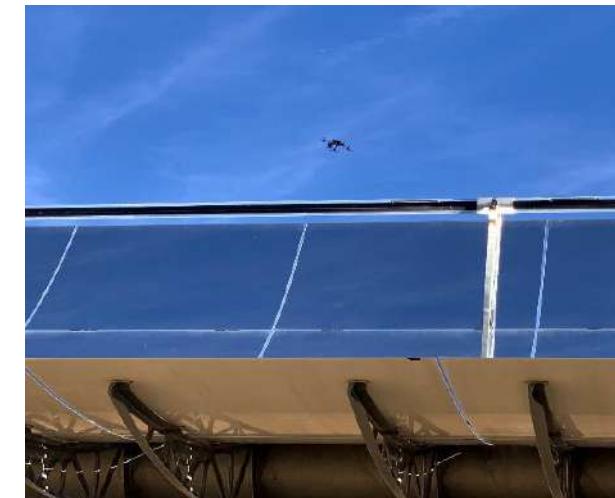
Author:
Miguel Angel Pérez Cutiño

Supervisors:
Dr. José Miguel Díaz Báñez
Dr. Juan Sebastián Valverde García
DEPARTMENT OF APPLIED MATHEMATICS II
UNIVERSITY OF SEVILLE

Seville, September 1, 2025



Digitalización para apoyo a la O&M: drones



Digitalización para apoyo a la O&M: IA, NN, CSP datasets



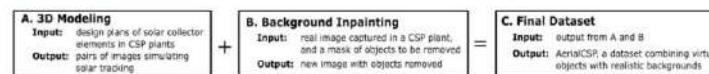
AerialCSP Dataset

Introduction

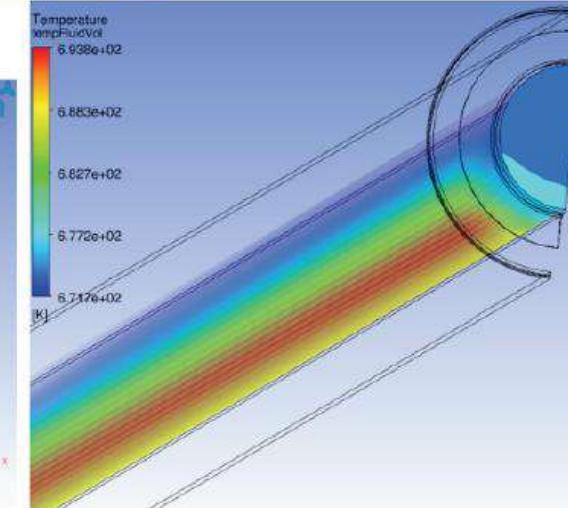
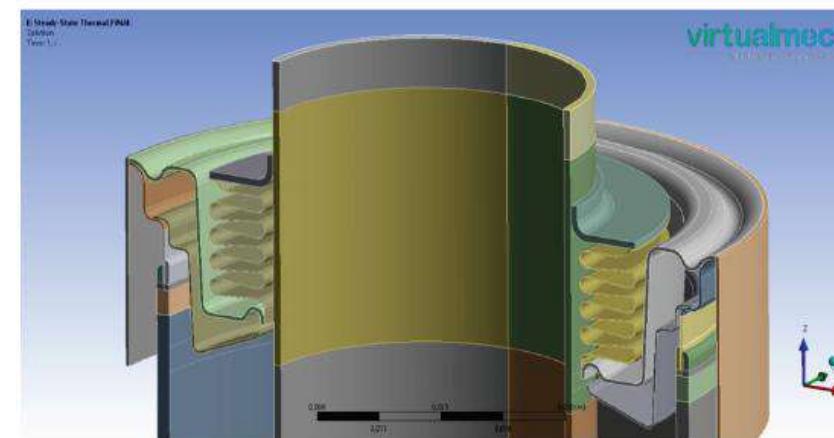
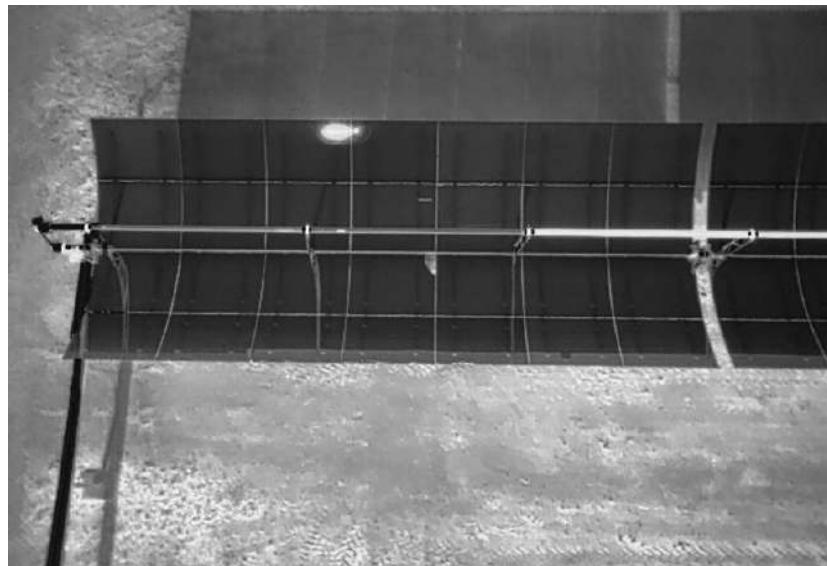
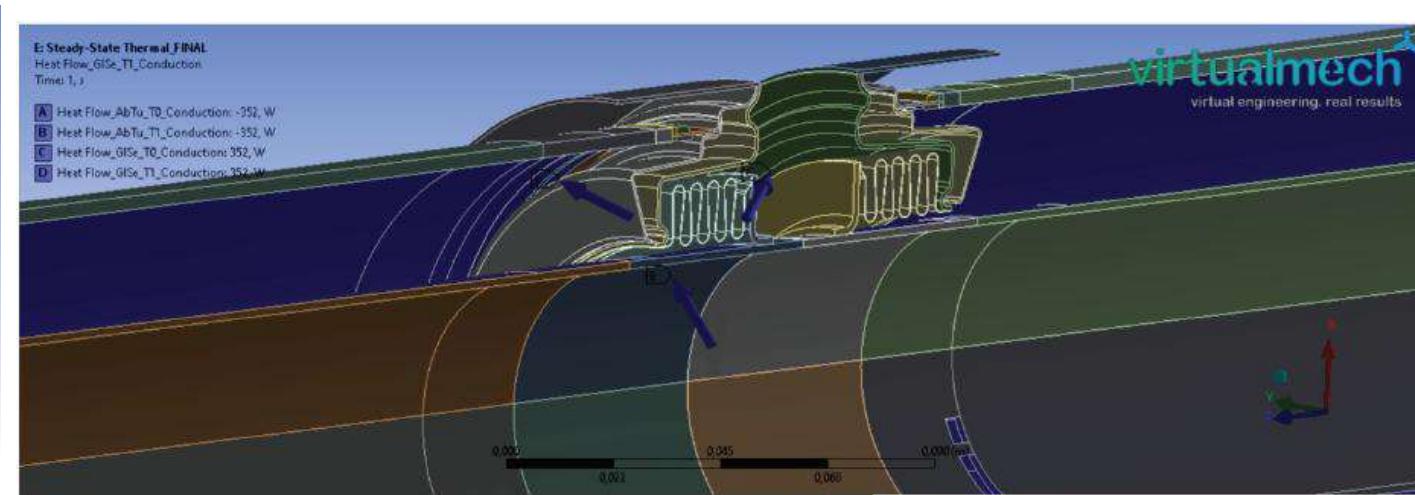
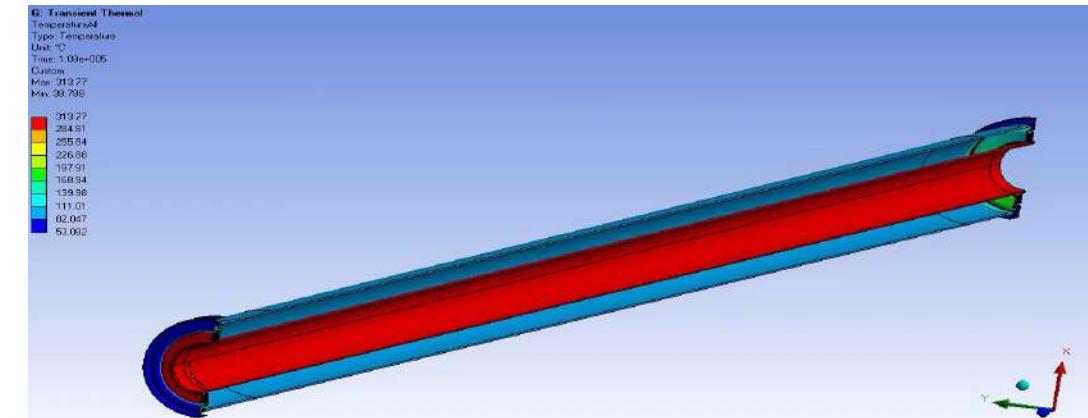


AerialCSP is a virtual dataset that simulates aerial imagery of Concentrated Solar Power plants. By generating synthetic data that closely mimics real-world conditions, we aim to facilitate pretraining of models before deployment, significantly reducing the need for extensive manual labeling.

Dataset Overview



Digitalización para apoyo a la O&M: H₂ en HCEs

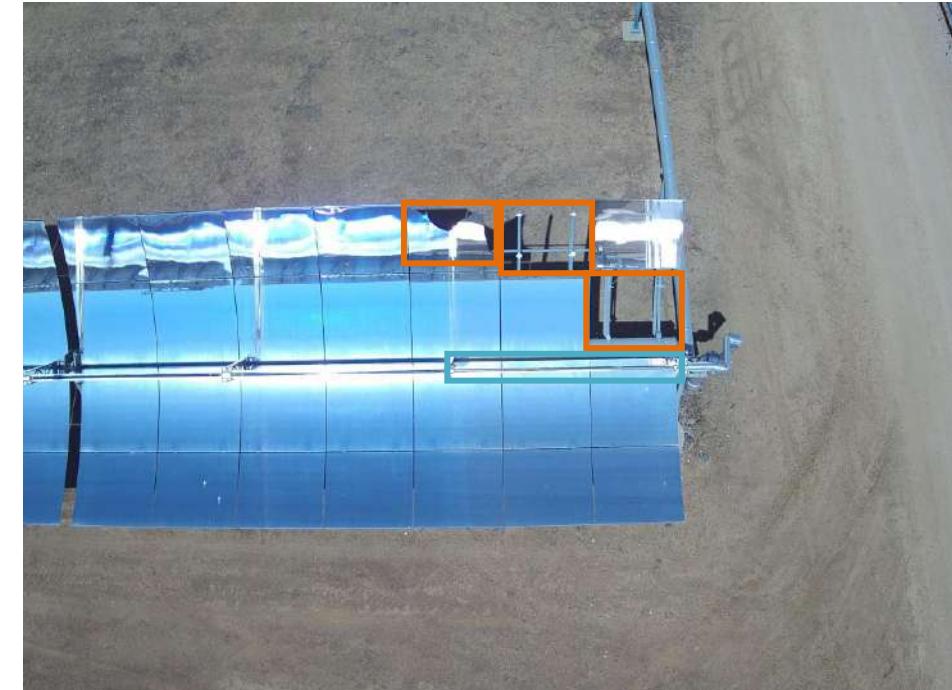


Digitalización para apoyo a la O&M: HCEs y espejos rotos

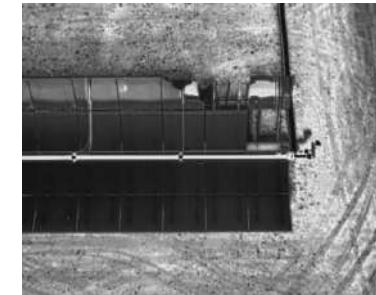
Espejos rotos y cubiertas vidrio HCEs

Detecting

- Broken envelopes 
- Broken mirrors 



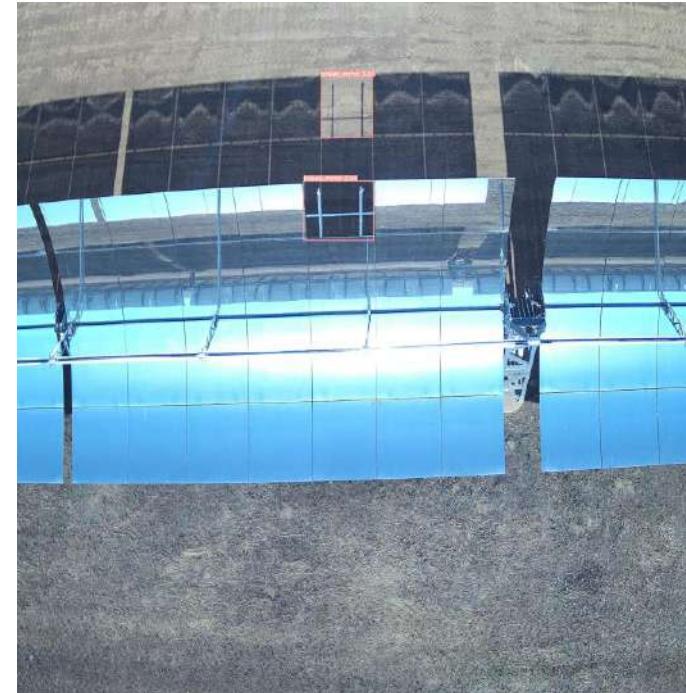
Información adicional de imágenes térmicas



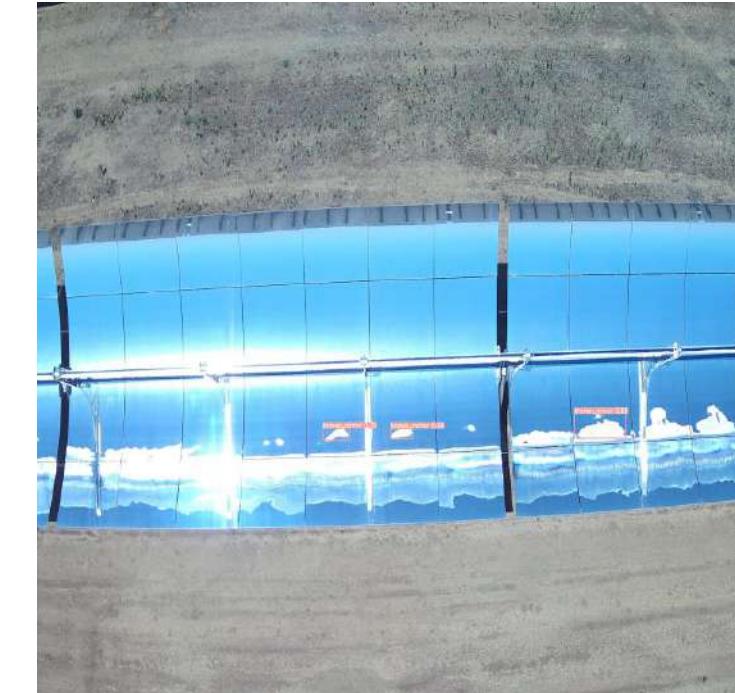
Digitalización para apoyo a la O&M: Espejos rotos



missing detection

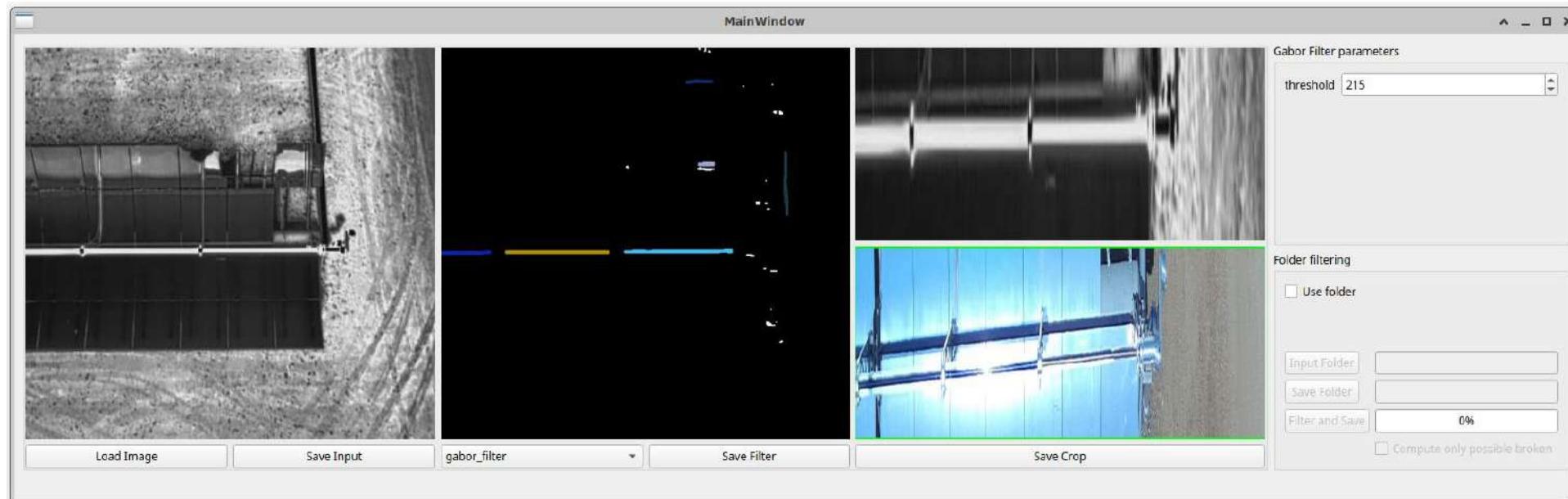
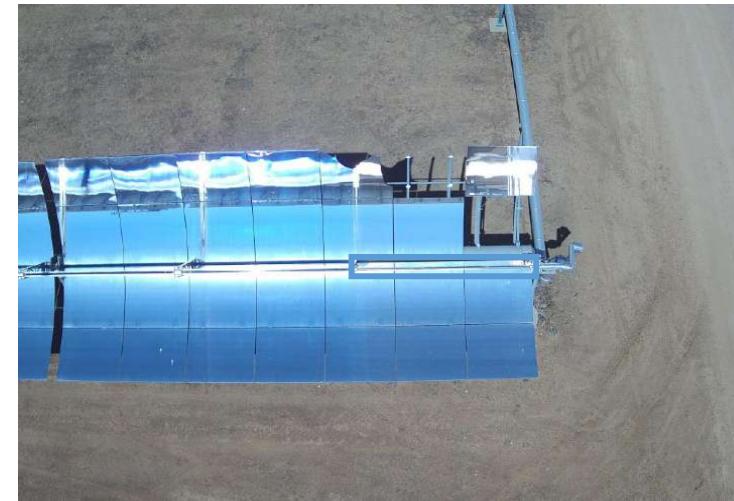


shadow reflection

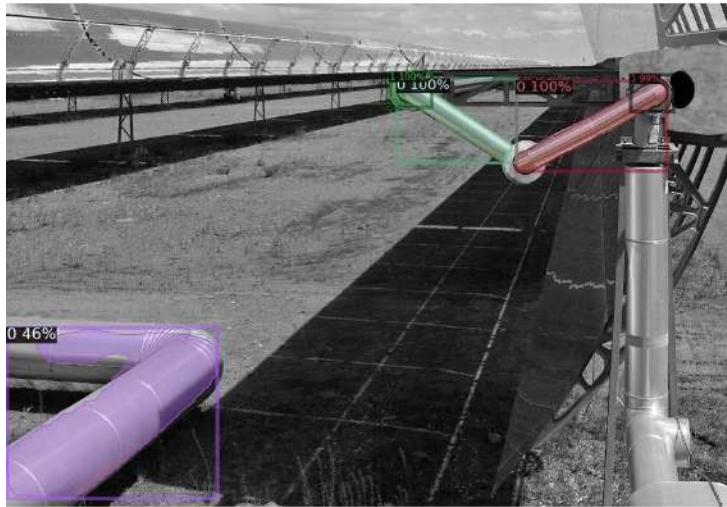


envelopes reflection

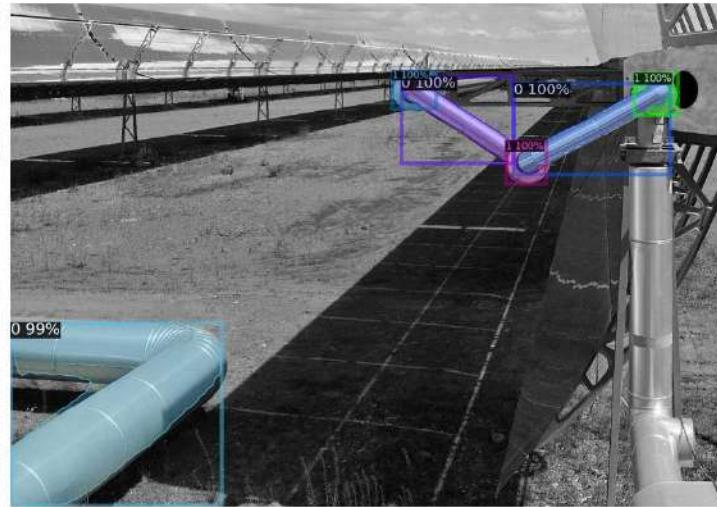
Digitalización para apoyo a la O&M: HCEs rotos



Digitalización para apoyo a la O&M: BJ assembly digit



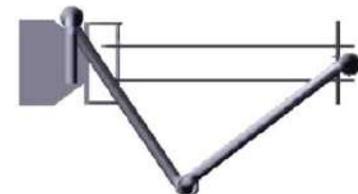
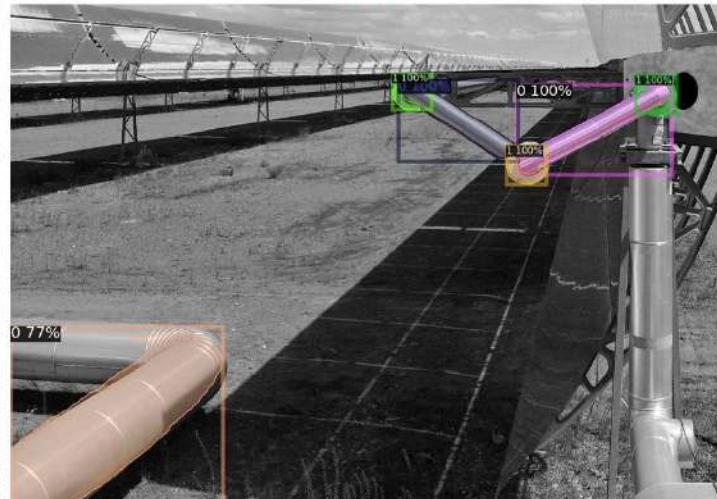
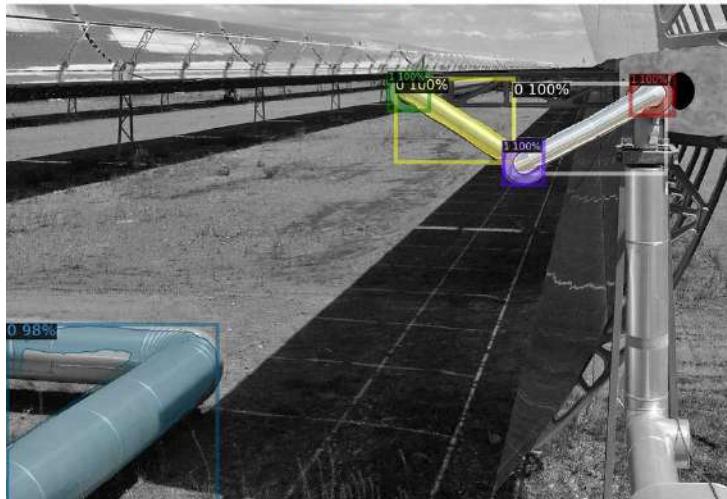
(a)



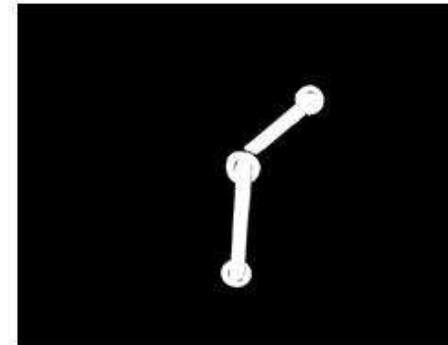
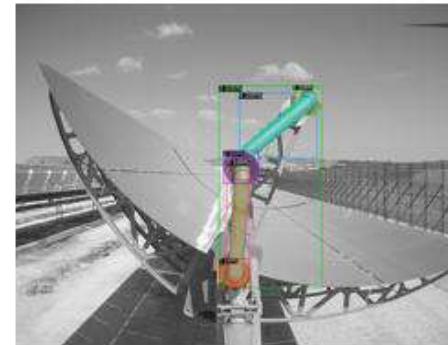
(b)



Last_Run Time= 65.6000 Frame=1313



Digitalización para apoyo a la O&M: BJ assemblies

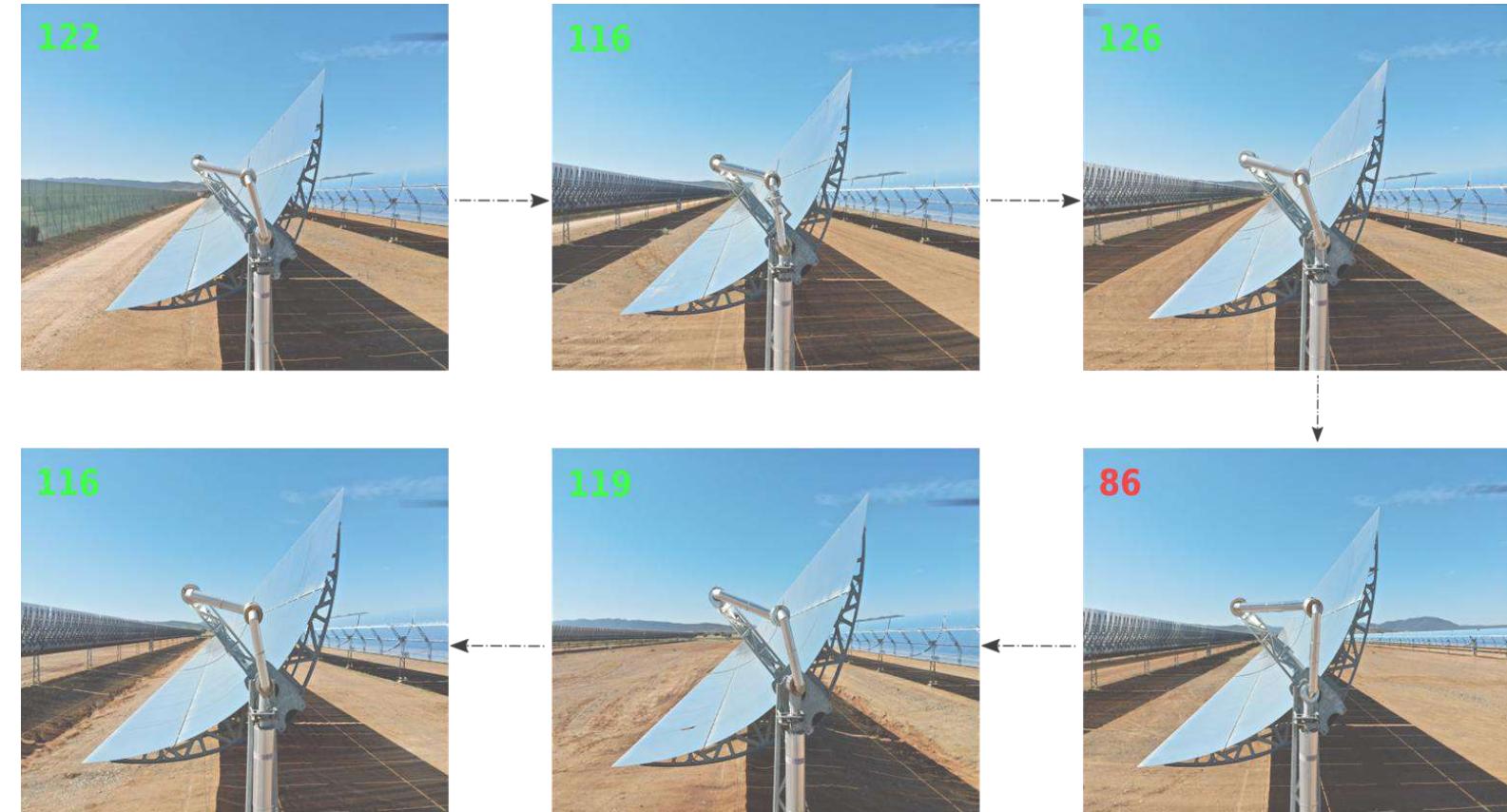
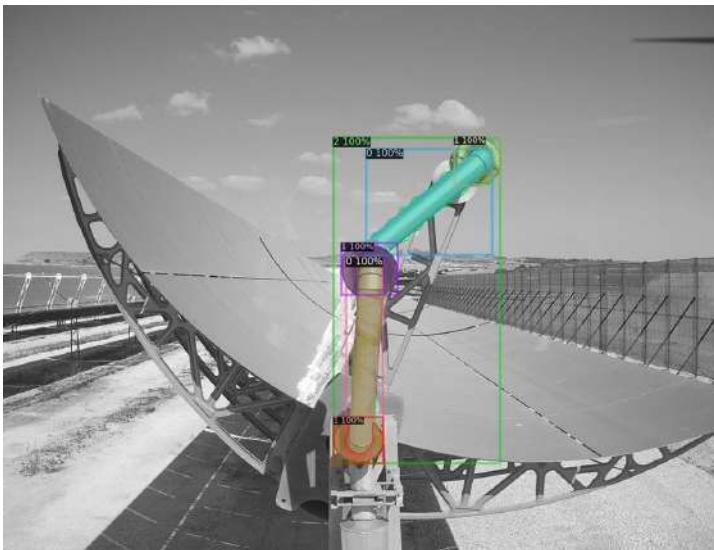


Arm1 oil stain	Arm2 oil stain	
9%	0%	
Low BJ	Central BJ	Upper BJ
1%	69%	28%

BJ assembly: monitorizamos la evolución de las fugas y vaporizaciones de HTF

Digitalización para apoyo a la O&M: BJ assemblies

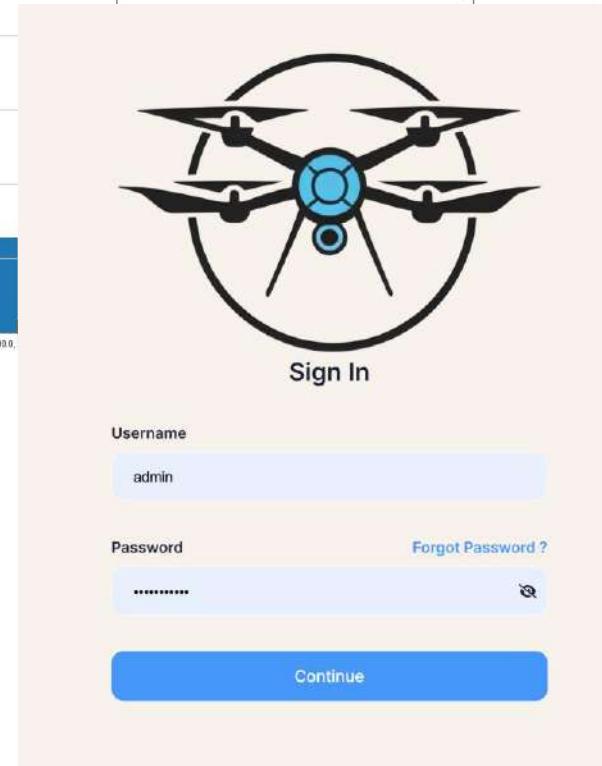
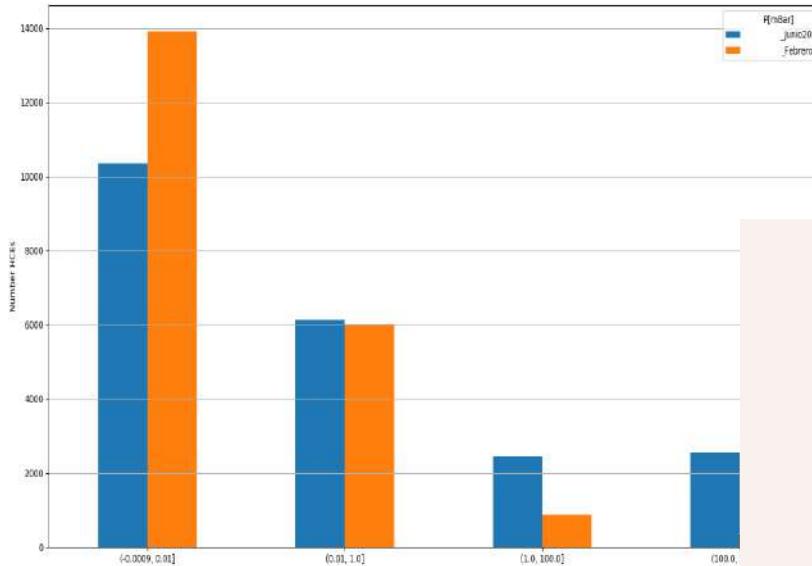
BJ assembly: ángulo entre brazos para cada posición de tracking del colector



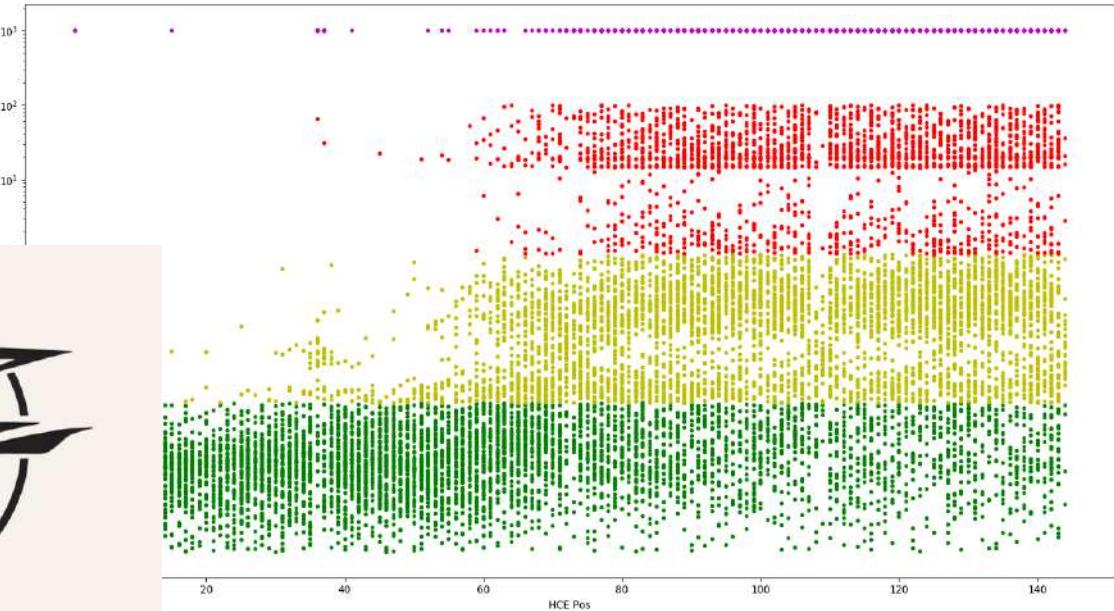
Digitalización para apoyo a la O&M: resultados



Digitalización para apoyo a la O&M: resultados widget



The sign-in page features a central icon of a quadcopter drone with four propellers and a camera. Below the icon, the word "Sign In" is centered. The form fields are labeled "Username" and "Password". The "Username" field contains "admin", and the "Password" field contains "*****". To the right of the password field is a "Forgot Password ?" link and a magnifying glass icon. A large blue "Continue" button is at the bottom.

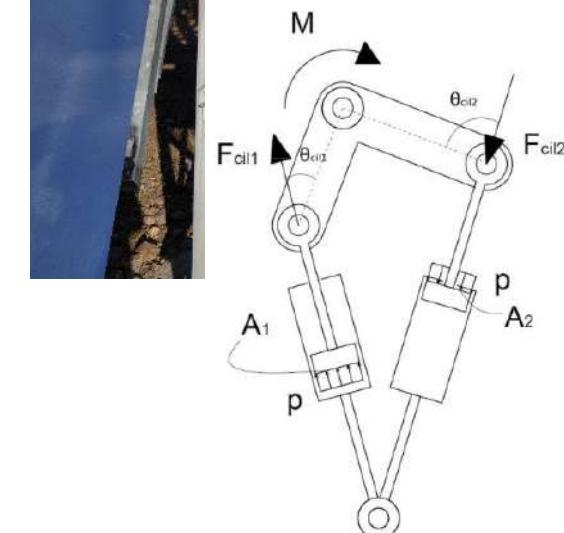


Digitalización para apoyo a la O&M: resultados widget



Digitalización para apoyo a la O&M: COTOM

- Las **Ball Joints** son imposibles de monitorizar en operación
- El **Par Resistente** puede incrementarse y provocar incidentes
- Las consecuencias son vaporizaciones excesivas y **fugas de HTF**
- **Mantenimiento predictivo** a través de medida indirecta (**monitoring**)



Digitalización para apoyo a la O&M: sistema ad-hoc



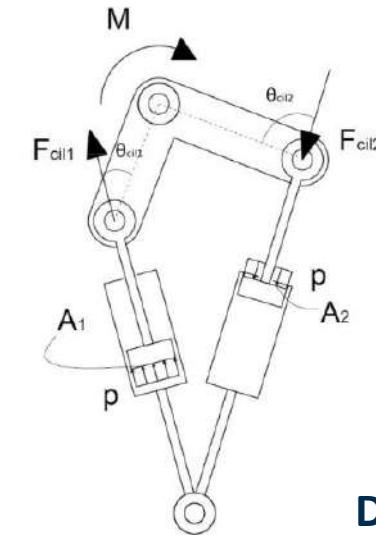
Portable data logger



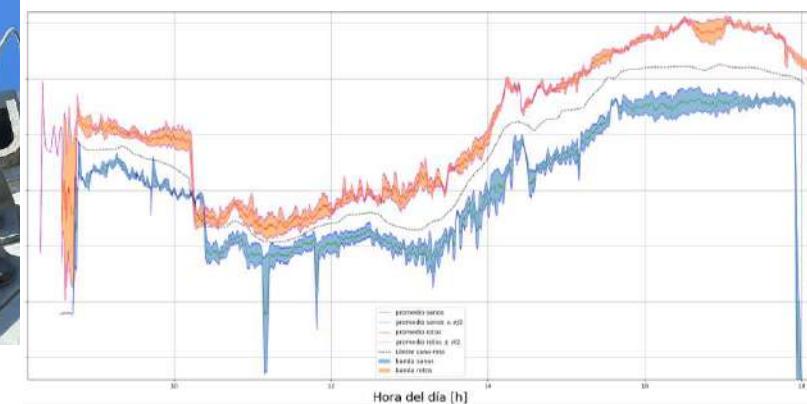
Pressure sensors on
hydraulic unit



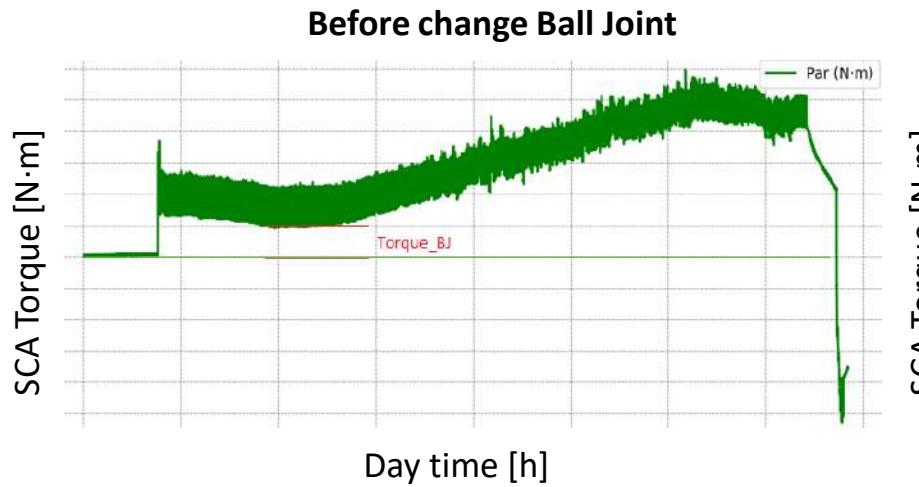
Inclinometer attachment



DATOS!!!!

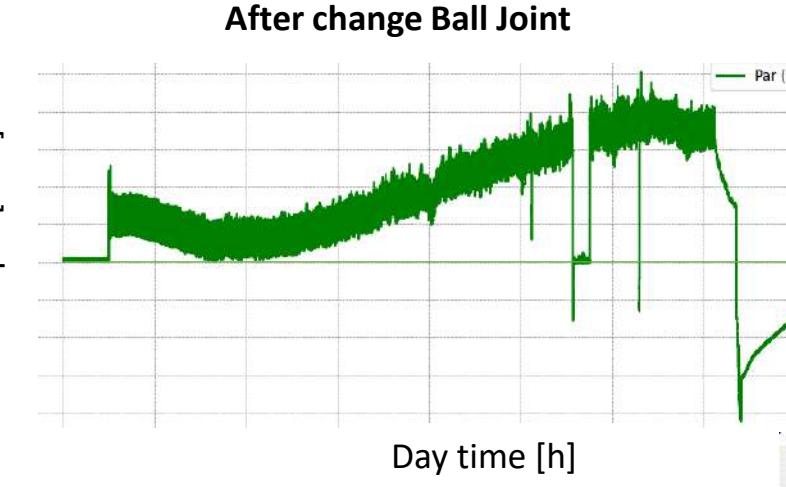


Digitalización para apoyo a la O&M: proceso datos



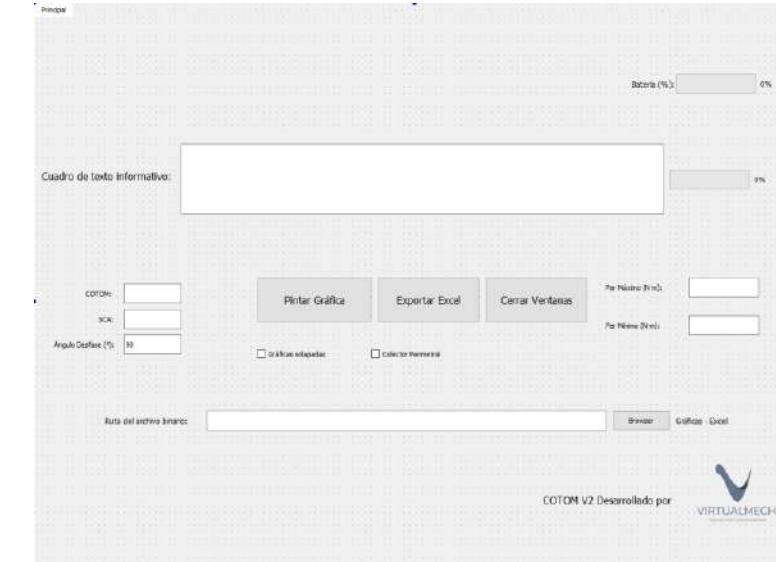
Torque_BJ = 1200 N·m

Locked Ball Joint



Torque_BJ= 250 N·m

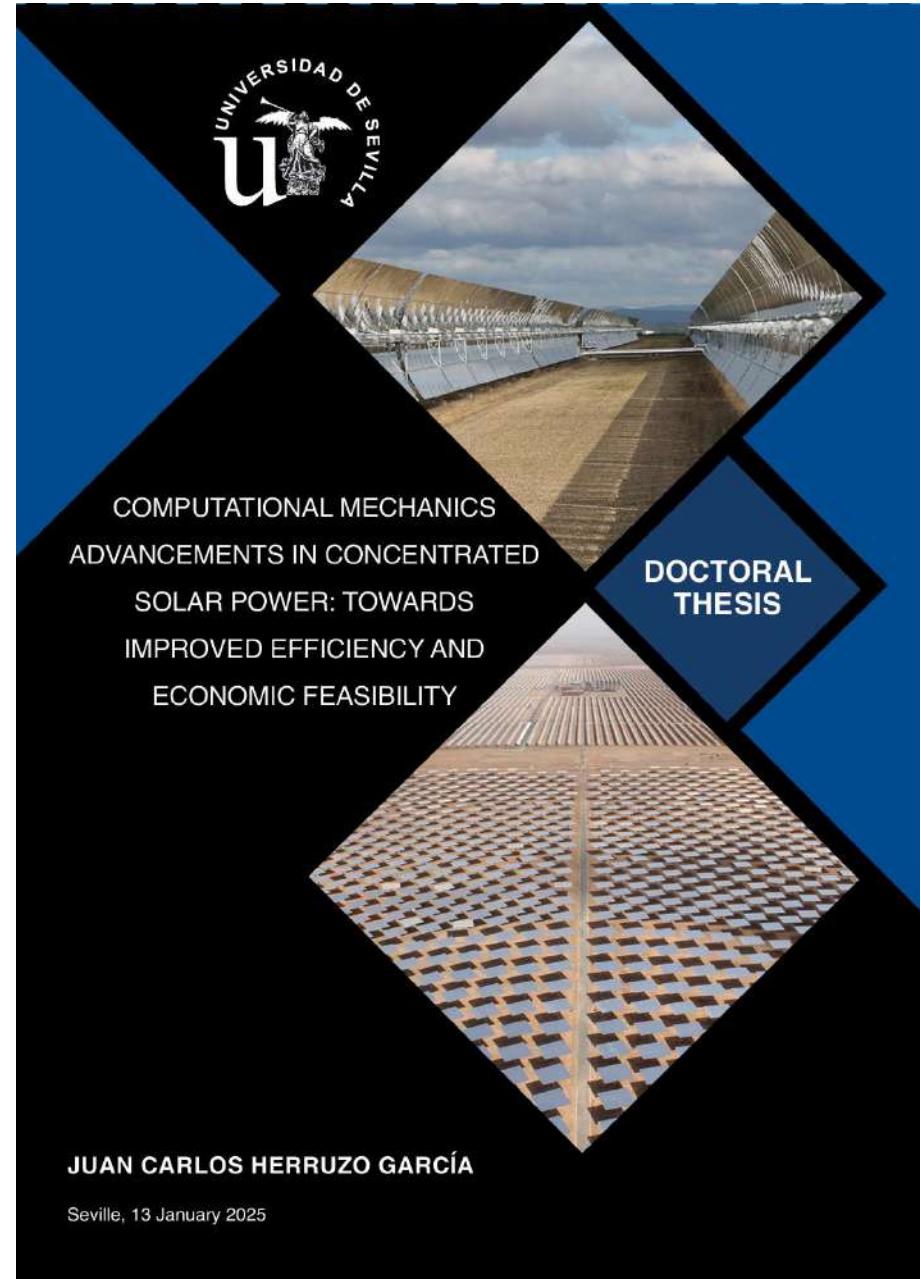
Healthy Ball Joint



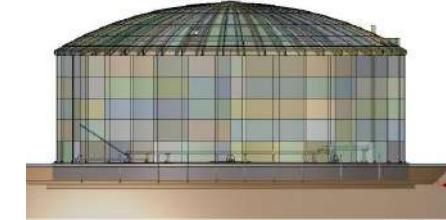
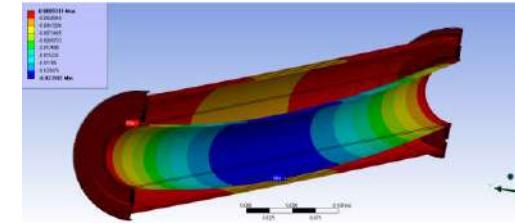
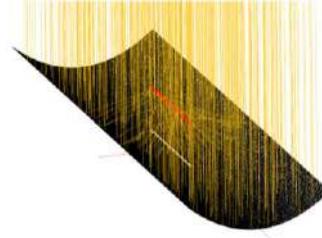
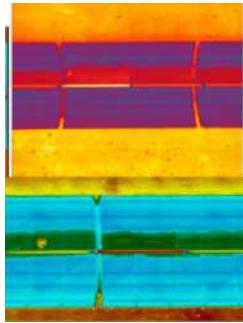
Digitalización para apoyo a la O&M

- Generamos datos mediante medidas y modelado
- Analizamos datos reales y sintéticos para obtener conclusiones (IA, NN, Big Data)
- Aplicamos mejoras en los componentes y procesos

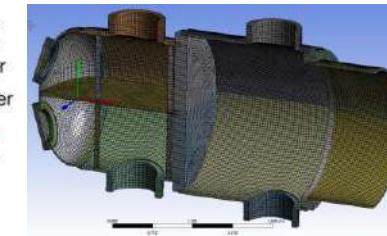
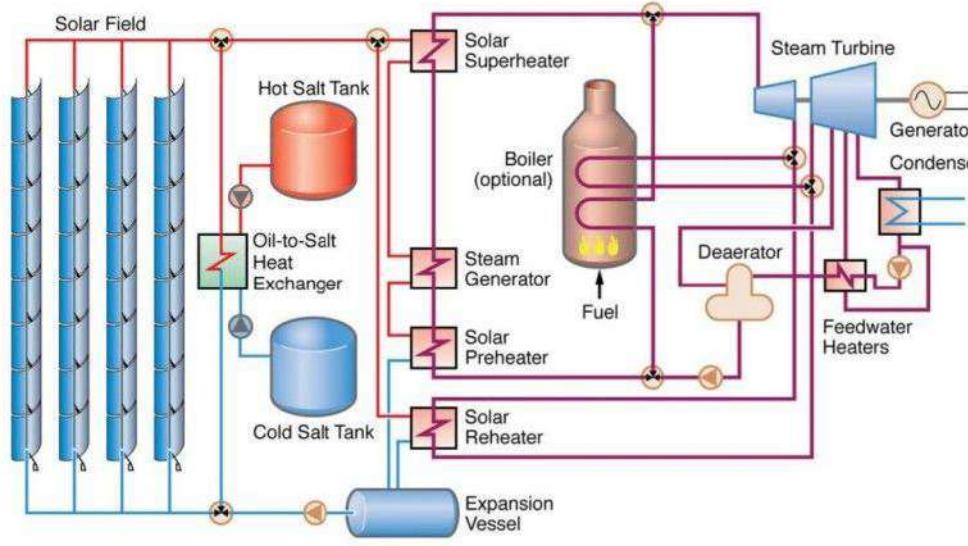
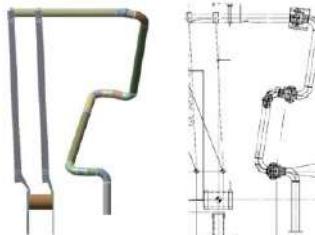
Digitalización en el diseño de componentes y Root Cause Analysis



Digitalización para diseño componentes / RCA



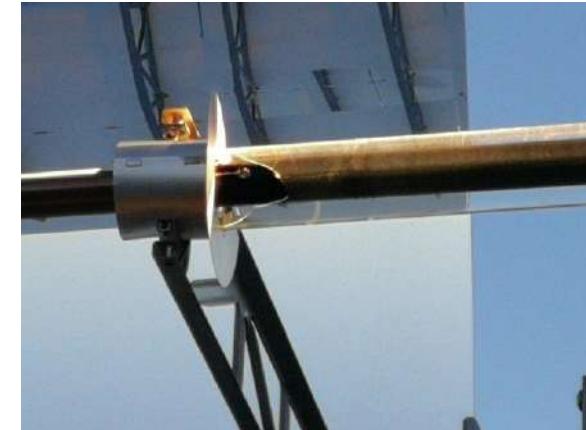
RCA's
RBI's
New designs
Models
Performance



Digitalización para diseño componentes: HCEs

HCEs: Problemas más comunes

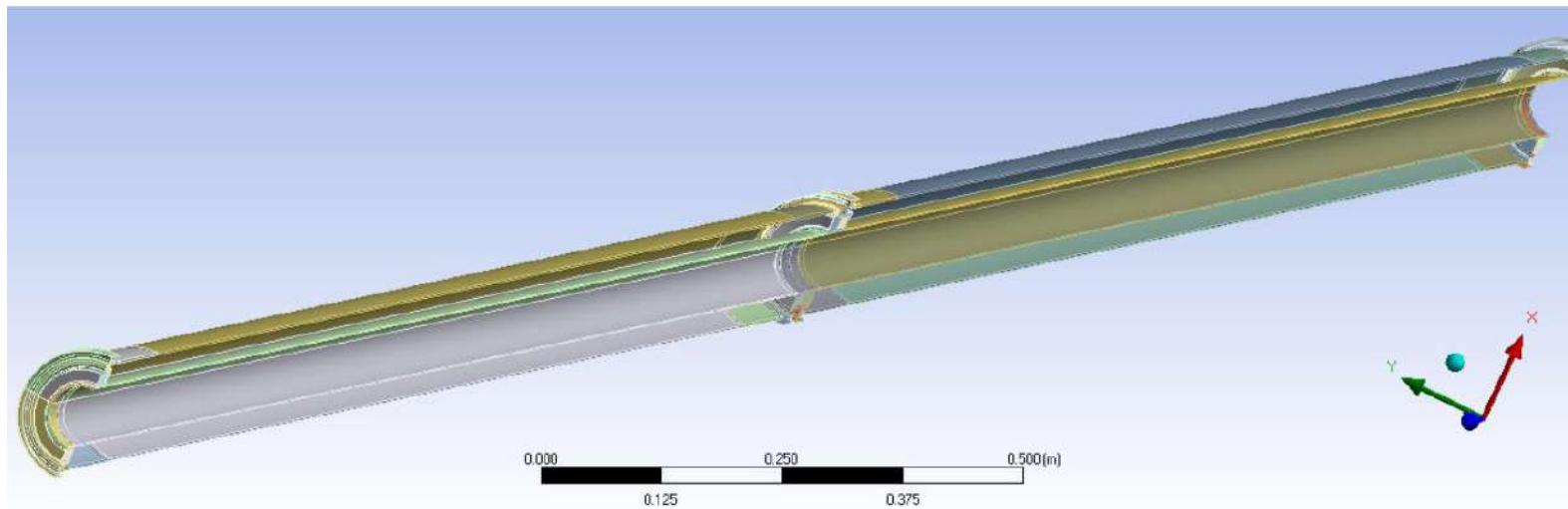
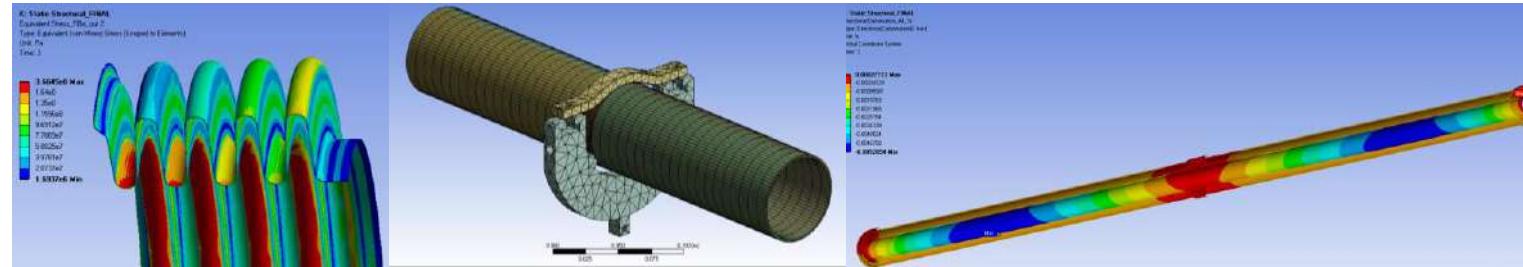
- Roturas de fundas de vidrio
- Deformación excesiva en el tubo absorbedor
- Fallo de las uniones soldadas entre HCE's
- Fallo de soporte de HCE
- Pérdidas de rendimiento
- Desalineaciones ópticas
- Vibraciones excesivas durante el funcionamiento normal



Digitalización para diseño componentes: HCEs

Modelos CFD/FEA detallados de HCEs comunes en la industria:

- PTR70 3G, 4G and 5G
- PTR80 & PTR90
- Siemens UVAC 2008



Digitalización para diseño componentes: SCAs

Problemas comunes de SCA

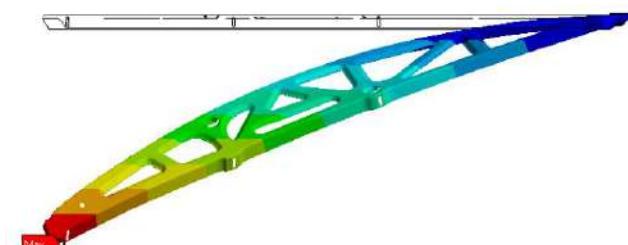
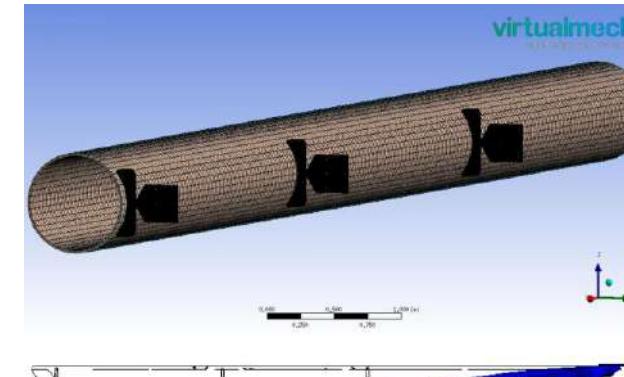
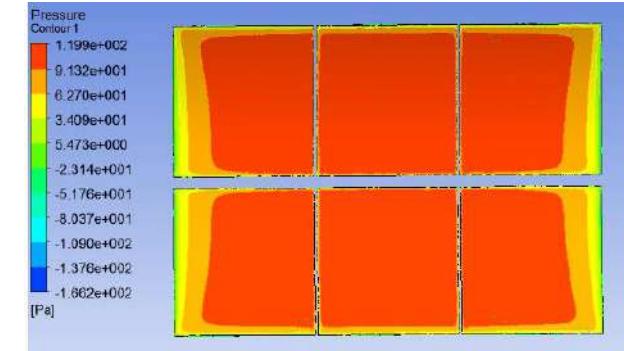
- Desalineación de HCE
- Desalineación y torsión de SCEs
- Rotura del espejo debido a cargas de viento



Digitalización para diseño componentes: SCAs

Conocimiento completo de SCA

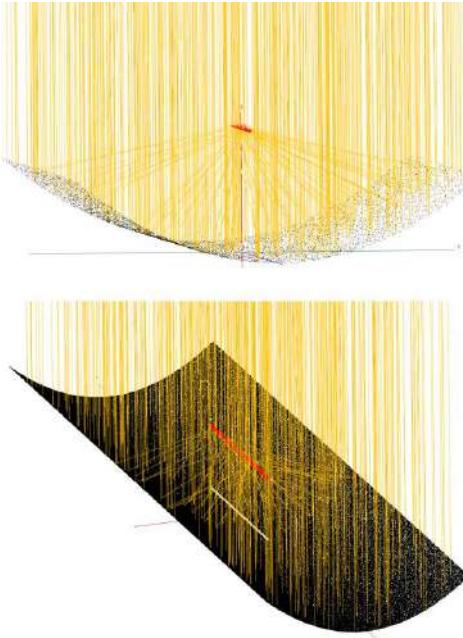
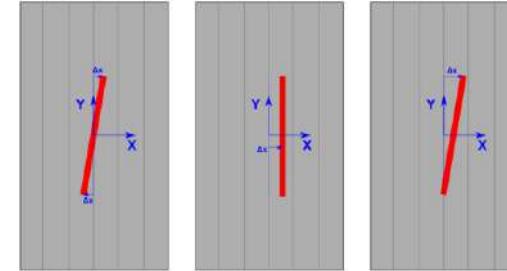
- Modelos detallados de la estructura SCA y sus componentes:
 - Tubo de torsión
 - Brazos de espejo
 - Espejos
- Cargas de viento estáticas y dinámicas
- Capacidades rápidas para modelar diseños actuales y/o nuevos diseños



Digitalización para diseño componentes: SCAs

Desalineaciones de HCE provenientes de SCA

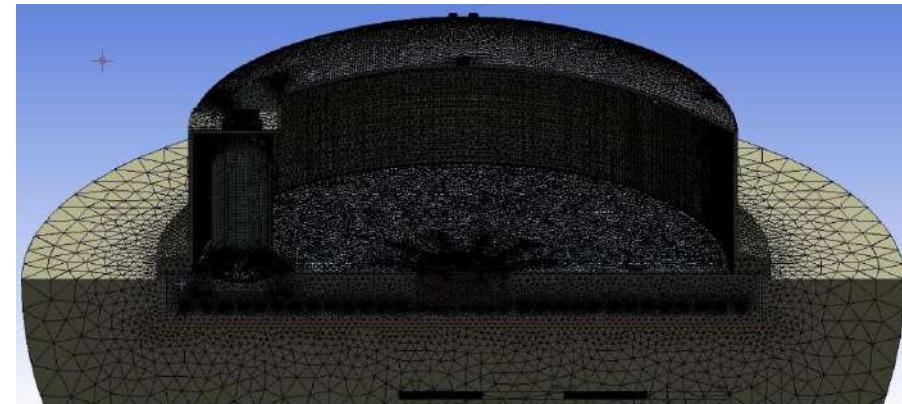
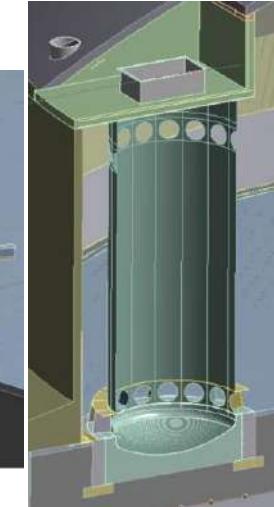
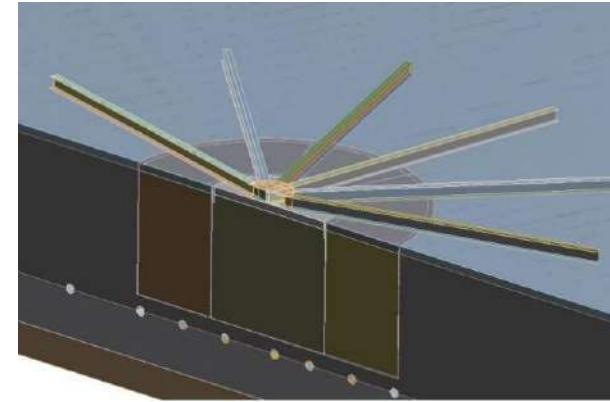
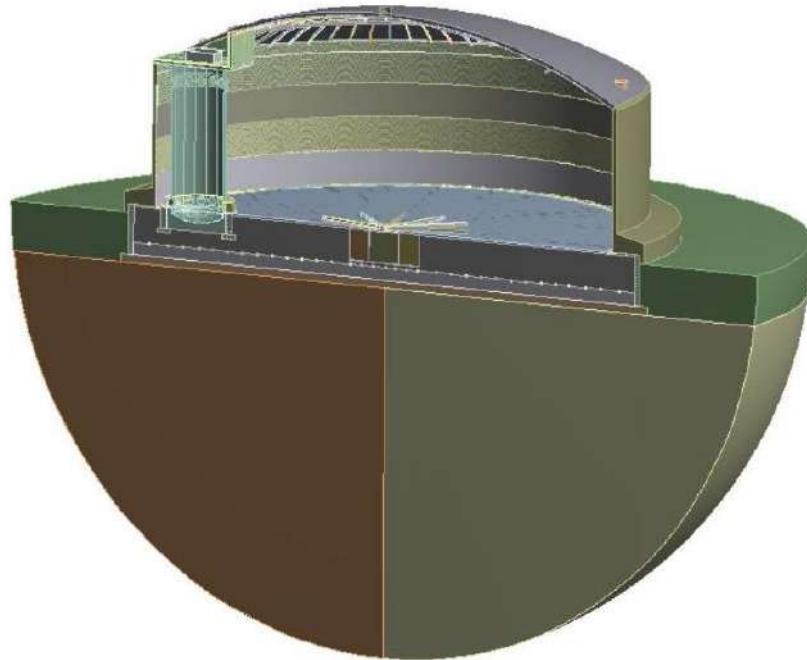
- Gracias a nuestros modelos de trazado de rayos, podemos analizar el **impacto** en el **rendimiento** de las desalineaciones de HCE
- Proporcionamos procedimientos de medición en campo de desalineación y su nivelación



Digitalización para diseño componentes: TES

FEA para tanques TES y su cimentación

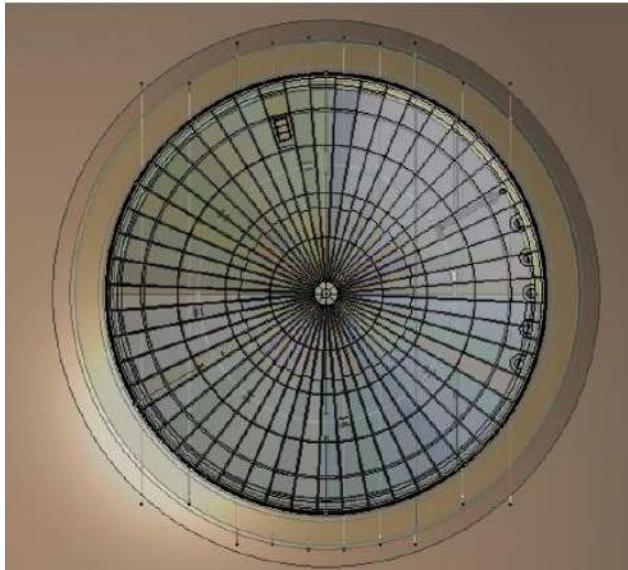
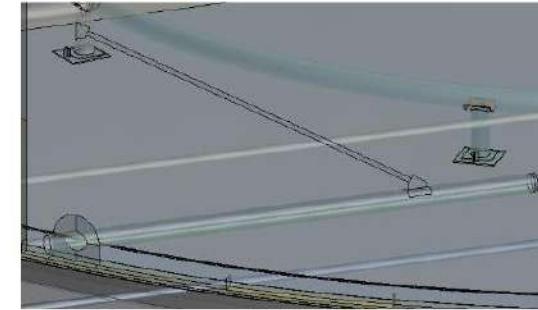
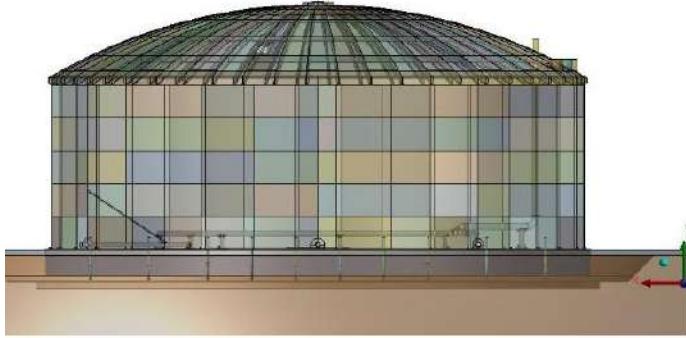
Evaluación FEA térmica y mecánica para tanques y cimentaciones TES



Digitalización para diseño componentes: TES

FEA para tanques TES y su cimentación

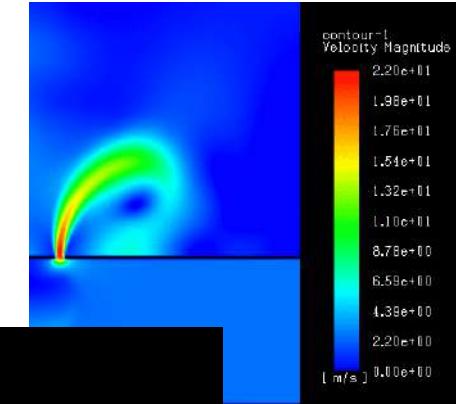
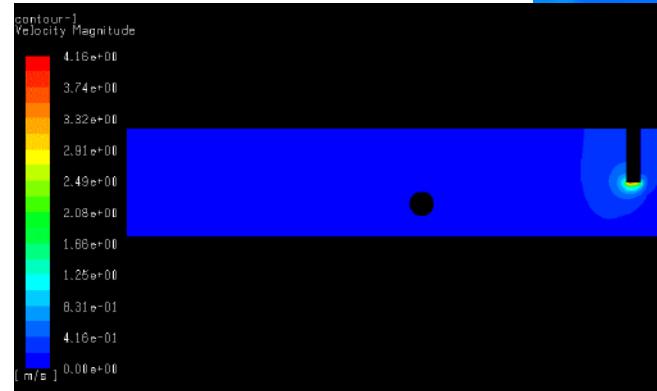
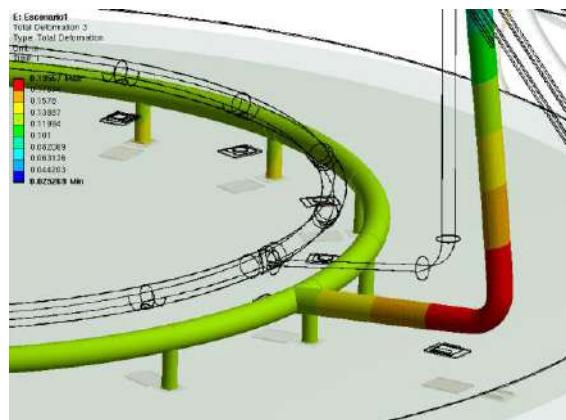
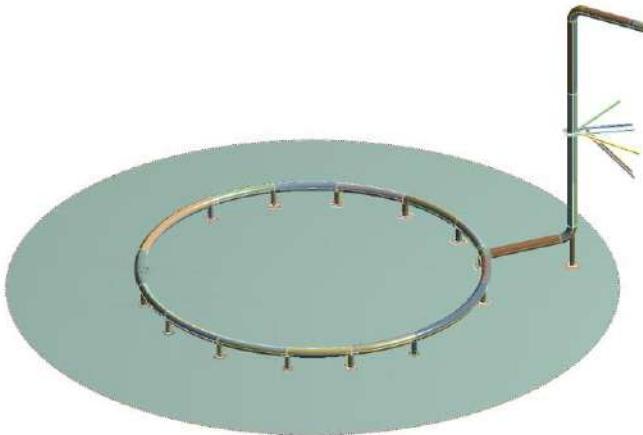
Evaluación FEA térmica y mecánica para tanques y cimentaciones TES



Digitalización para diseño componentes: TES

CFD fluido-térmico TES

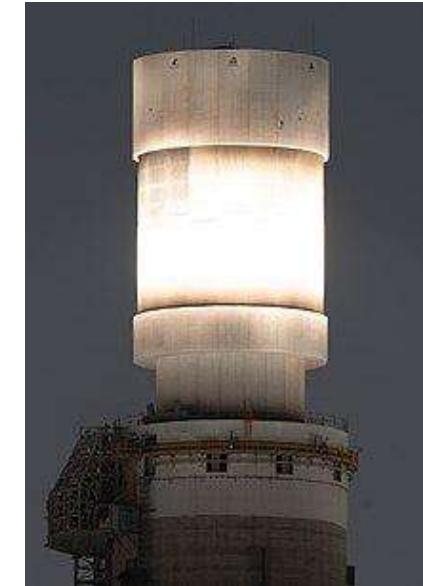
Análisis termo-hidráulico de las sales en condiciones de operación (Diseño y RCA)



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Problemas resueltos

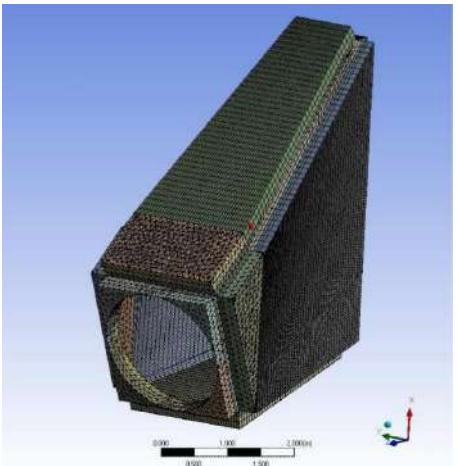
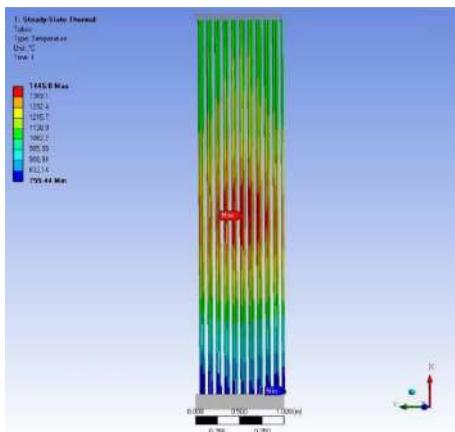
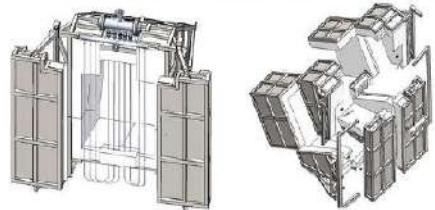
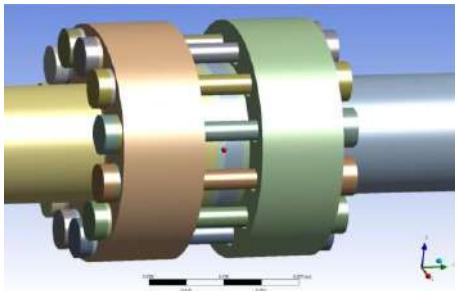
- Diseñar componentes críticos sujetos a restricciones térmicas y mecánicas restrictivas
- Comprobar el rendimiento óptico y térmico del receptor



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Diseño y construcción de receptores de cavidad

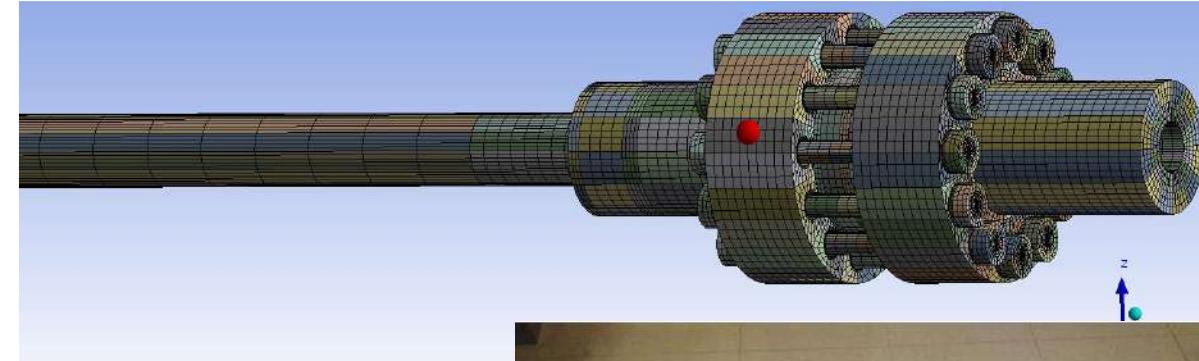
Diseño e implementación de receptor cavidad de aire a 1000°C



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Diseño y construcción de receptores de cavidad

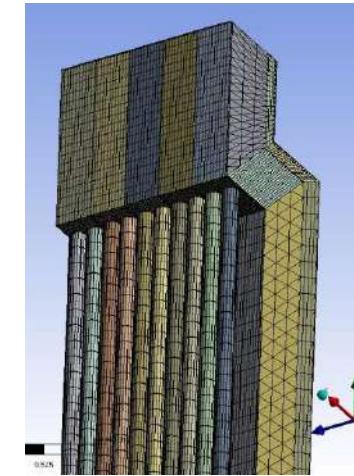
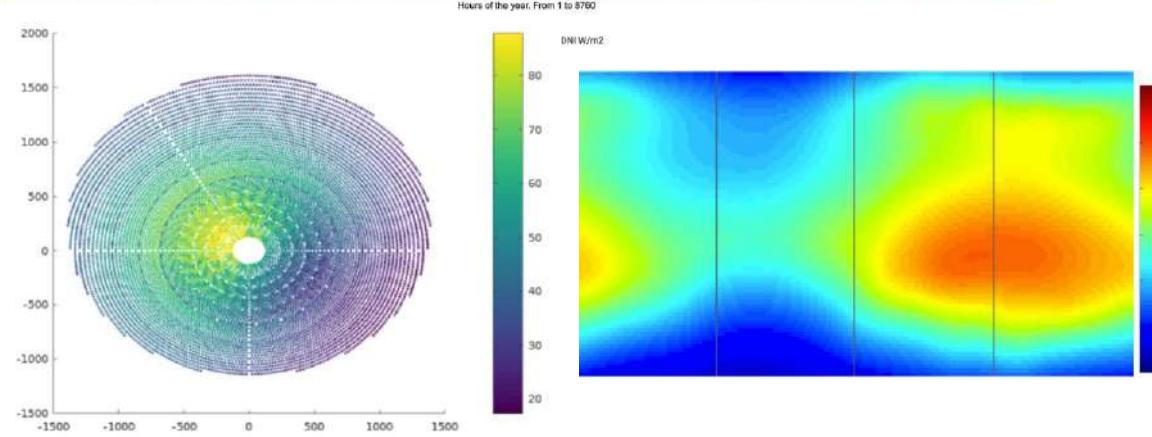
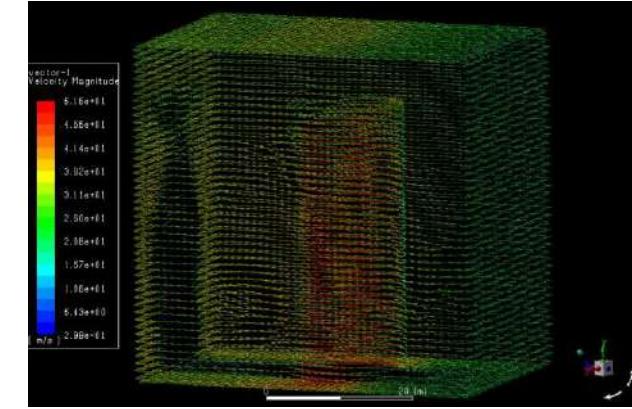
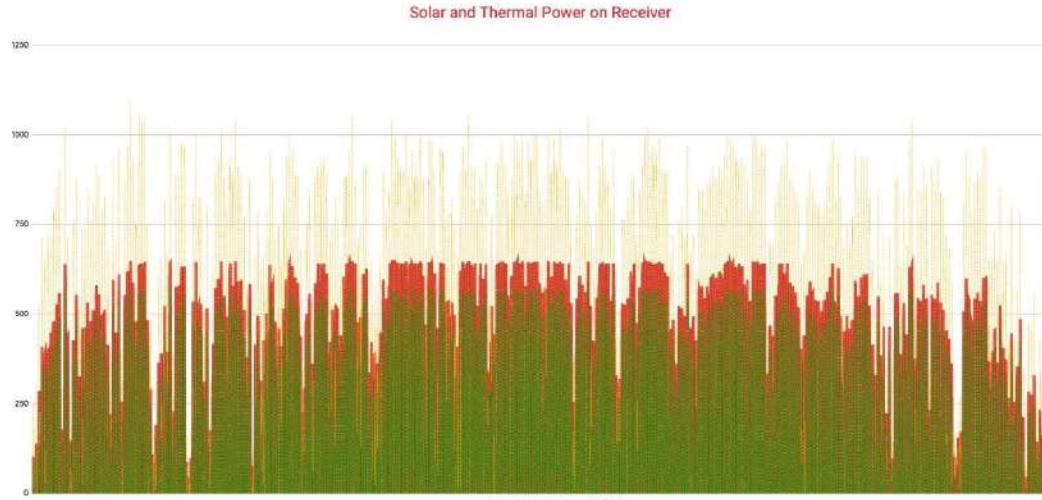
Diseño e implementación de receptor cavidad de aire a 1000°C



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Performance Model Tonopah (DoE/ACS)

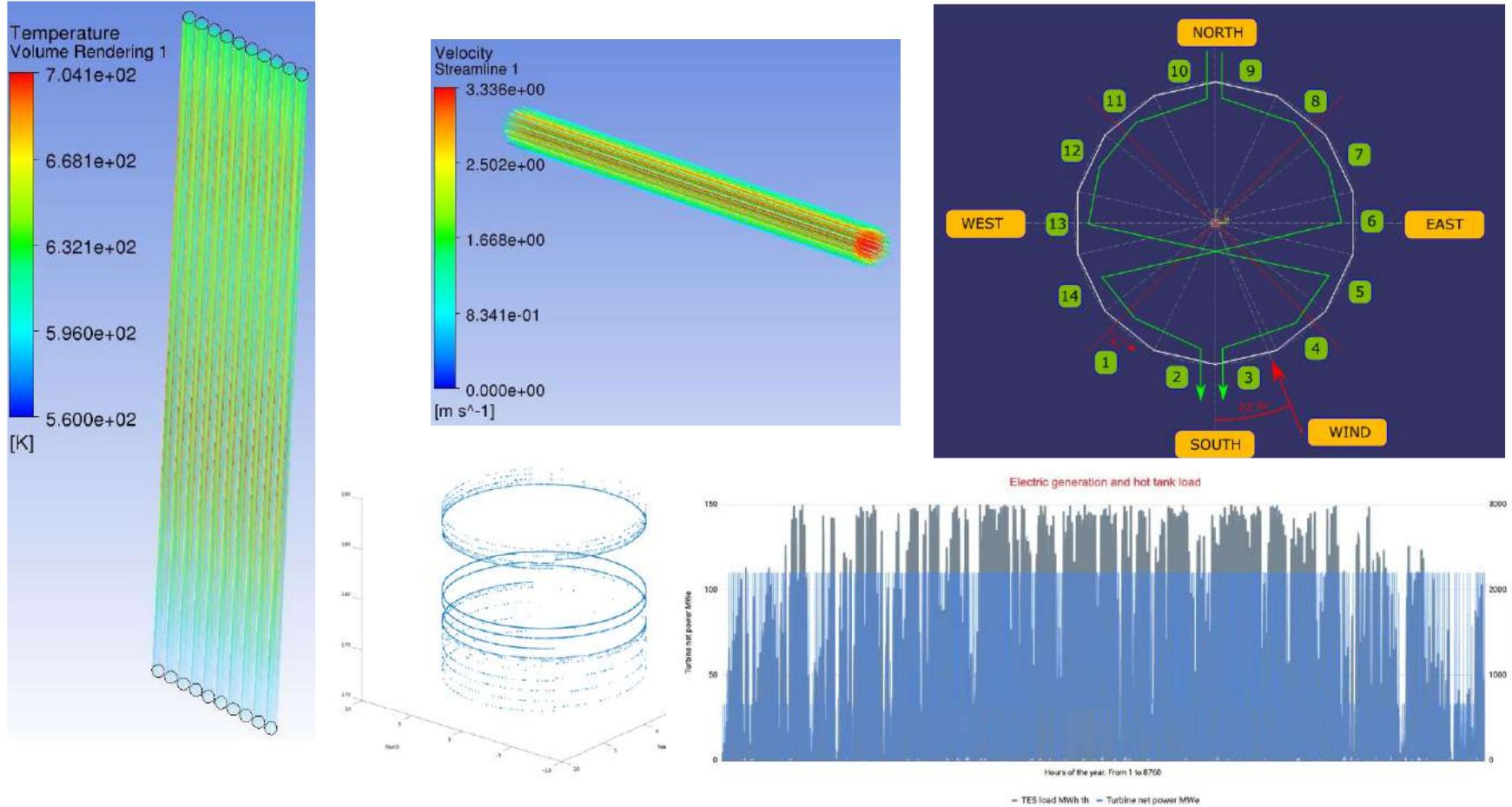
Modelling central tower receiver and checking theoretical performance



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

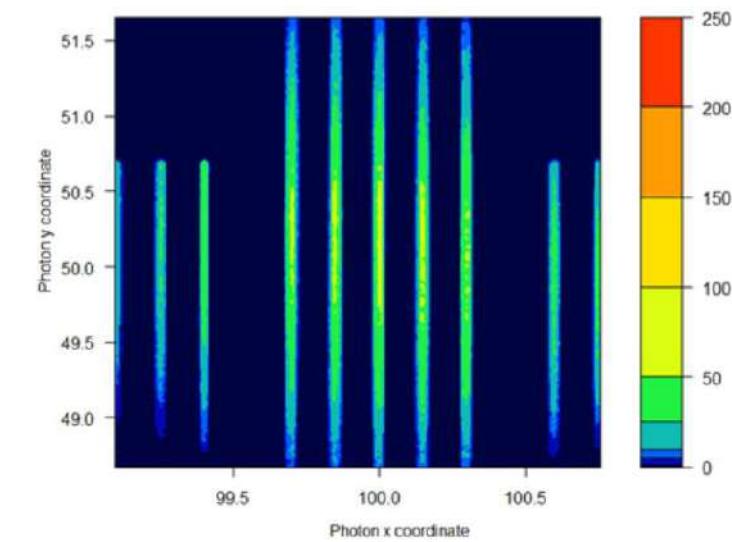
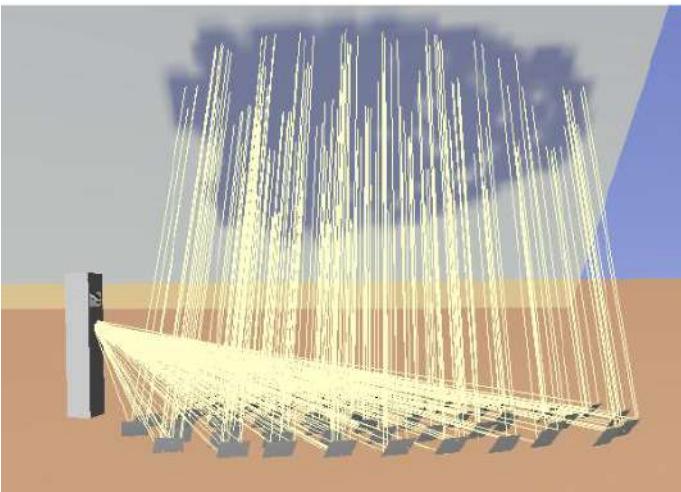
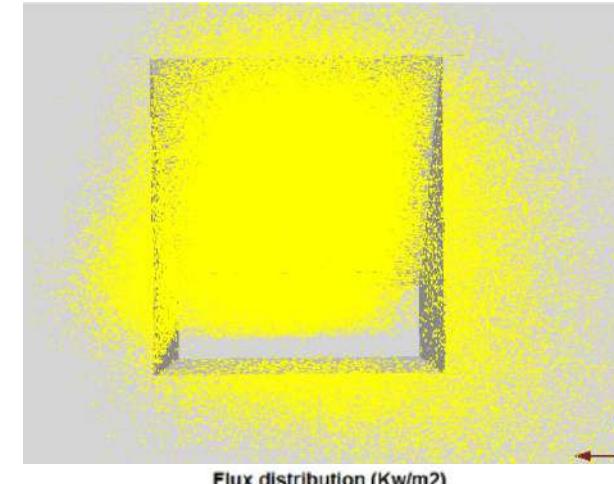
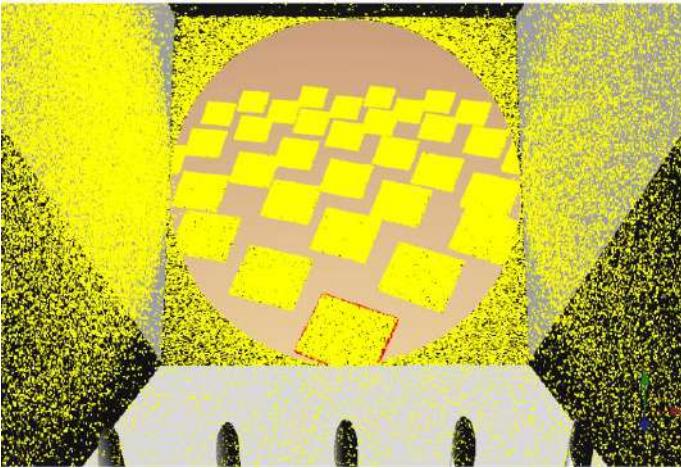
Performance Model Tonopah (DoE/ACS)

Modelling central tower receiver and checking theoretical performance



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

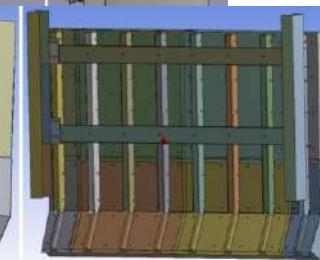
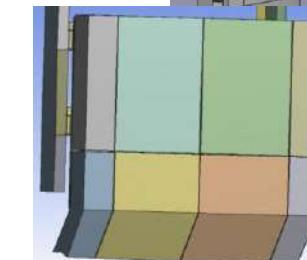
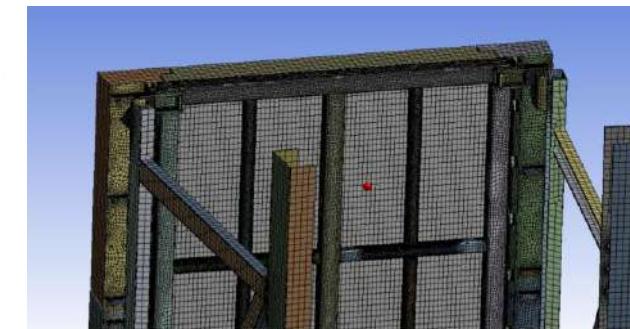
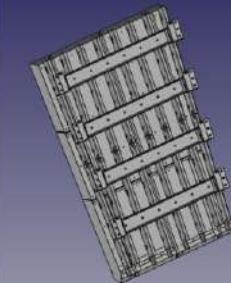
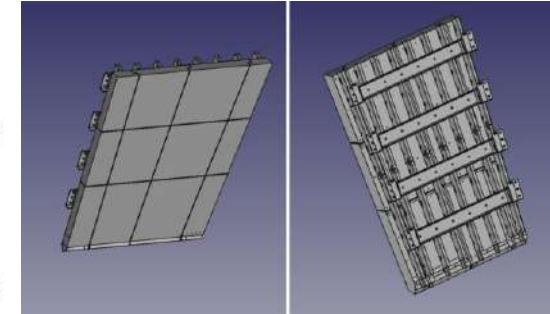
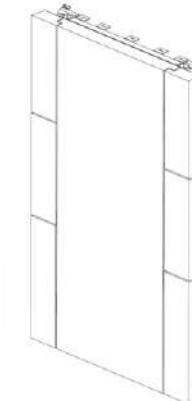
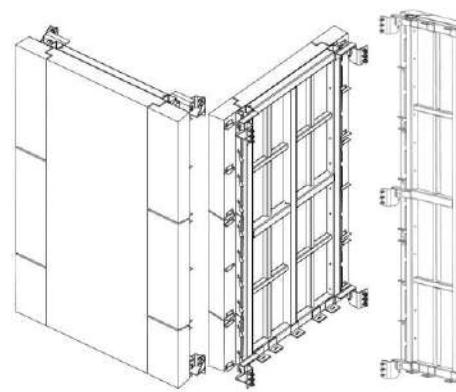
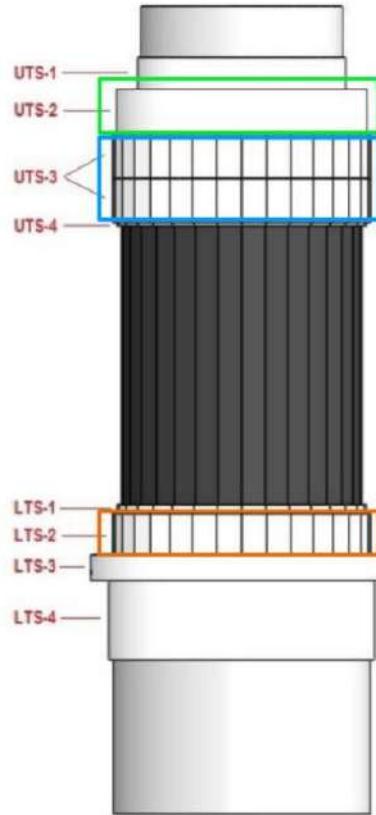
Raytracing Model



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Diseño de escudo térmico

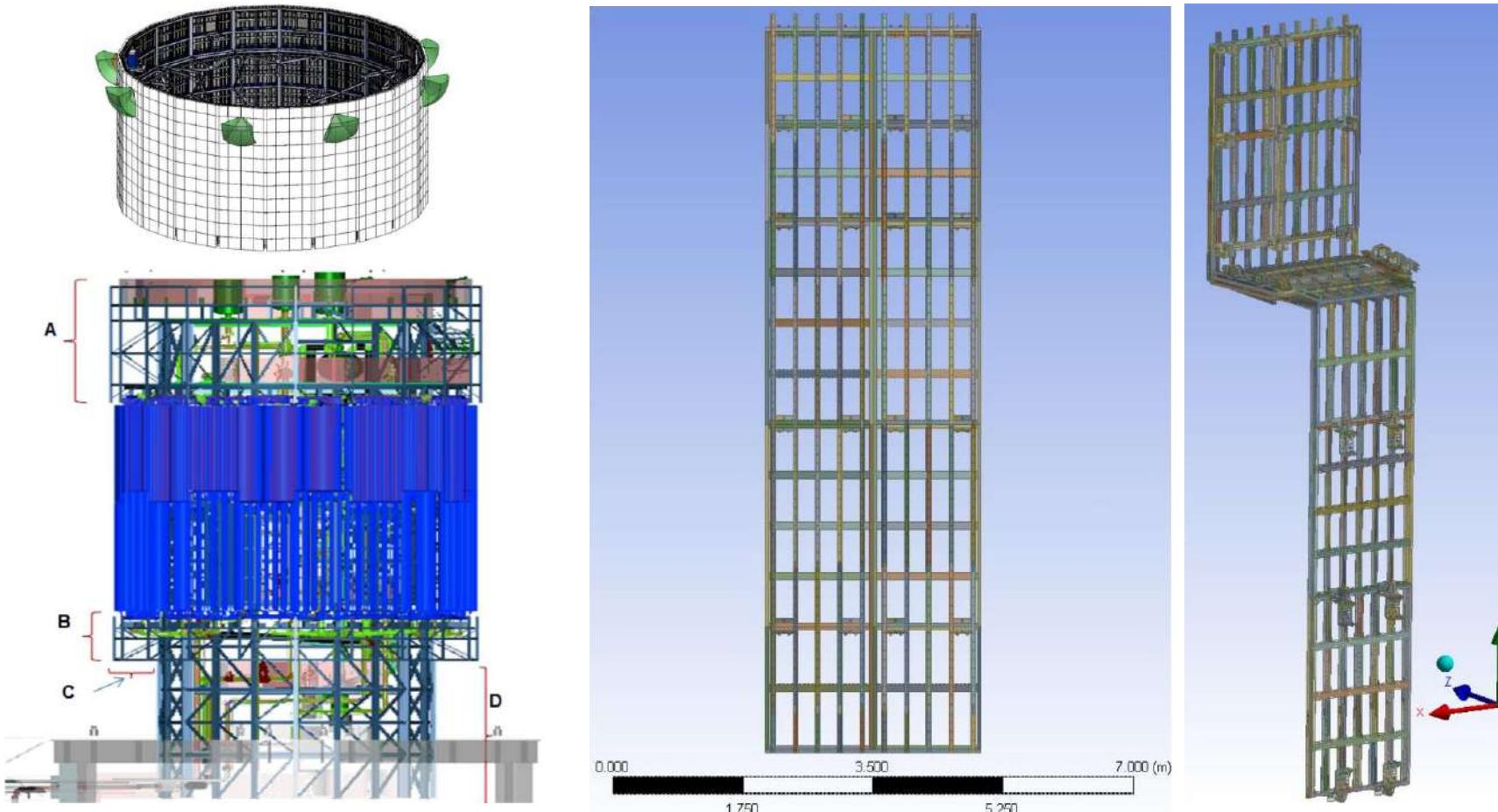
Evaluación FEA térmica y mecánica para escudos térmicos Nooro III



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

Diseño de escudo térmico

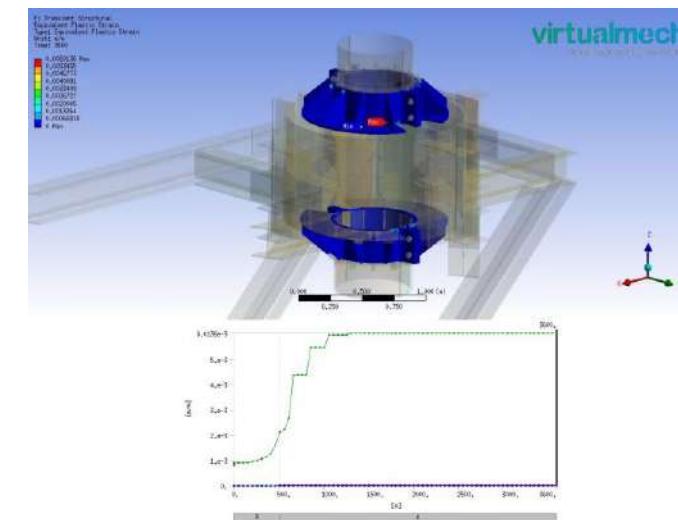
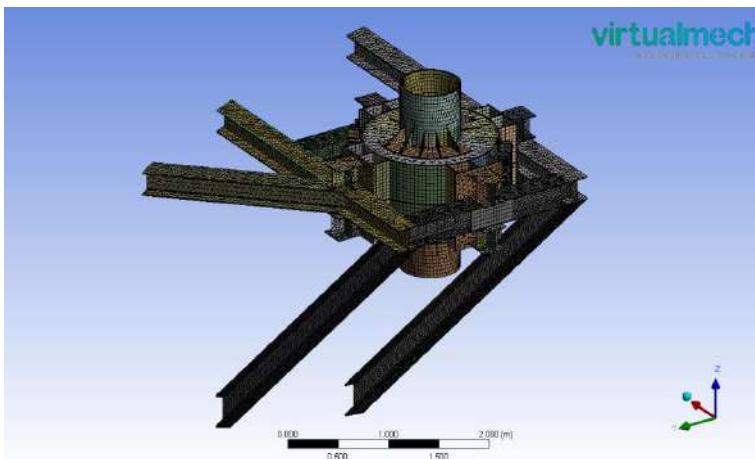
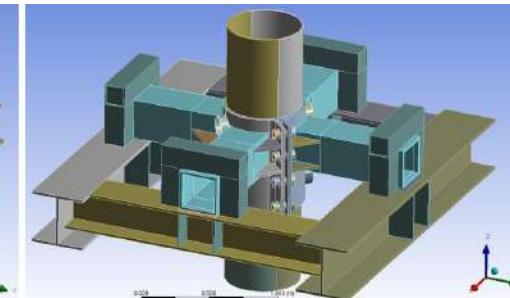
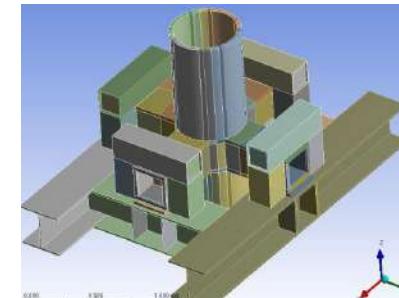
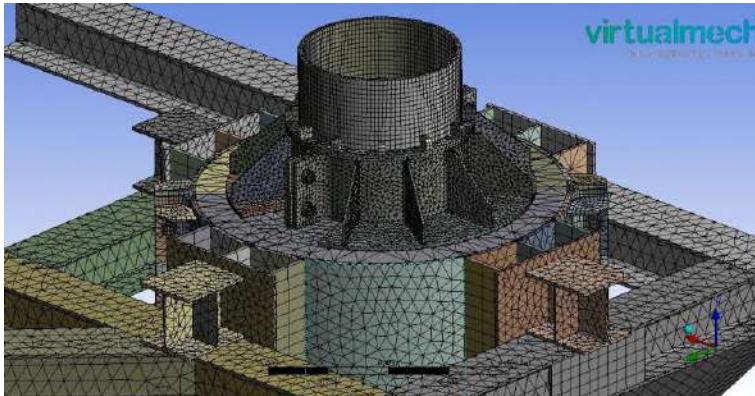
Evaluación FEA térmica y mecánica para escudos térmicos Ashalim



Digitalización para diseño componentes: Torre Central

MS Piping FEA validación y rediseño

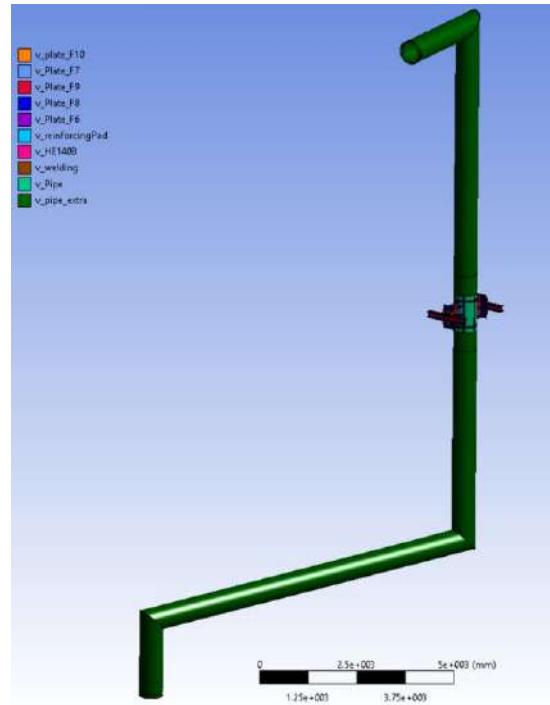
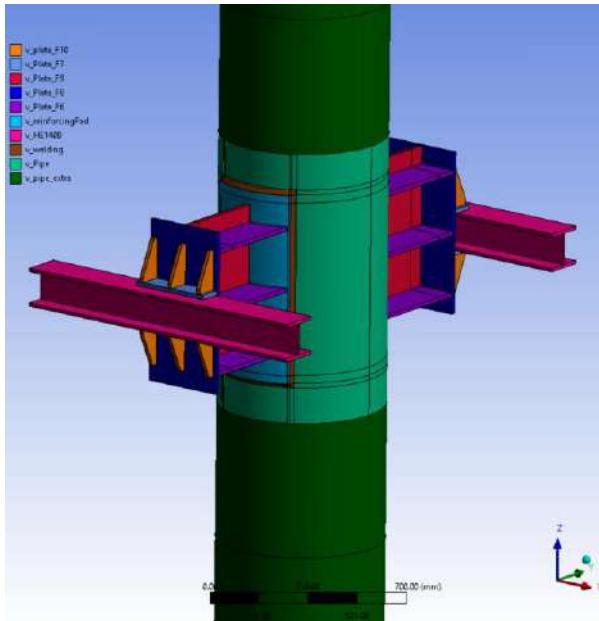
Evaluación térmica y mecánica FEA Soporte de tuberías Riser y Downcomer MS



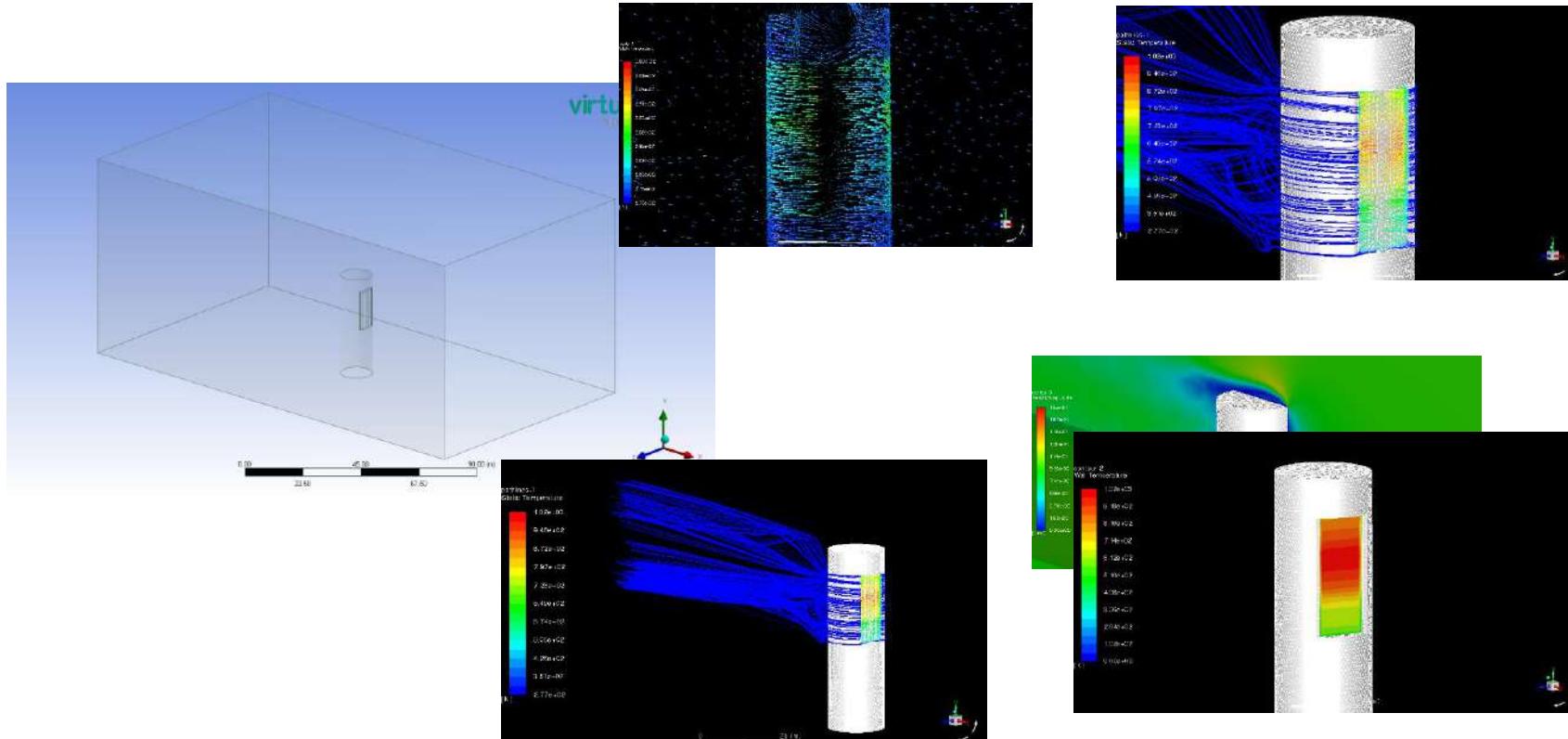
Digitalización para diseño componentes: Torre Central

MS Piping FEA validación y rediseño

Evaluación térmica y mecánica FEA Soporte de tuberías Riser y Downcomer MS

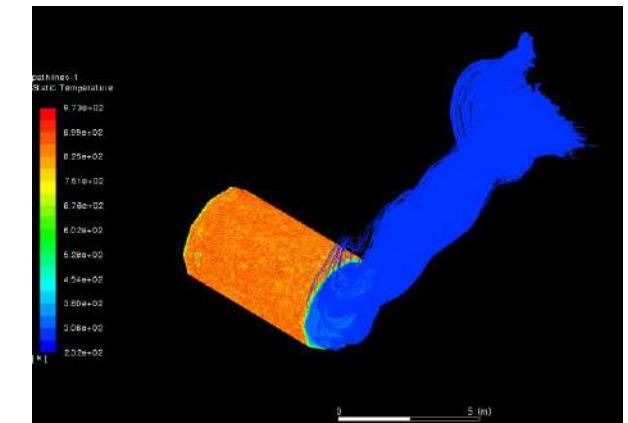
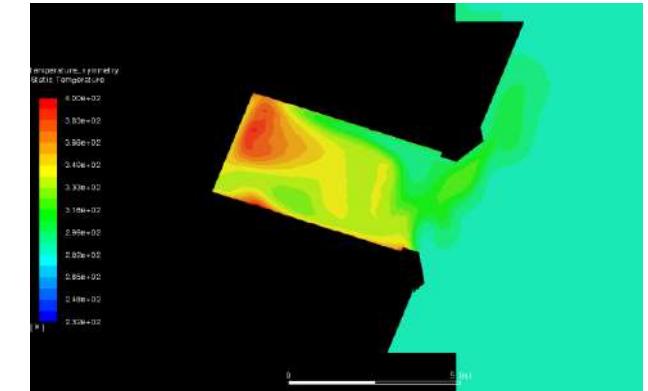
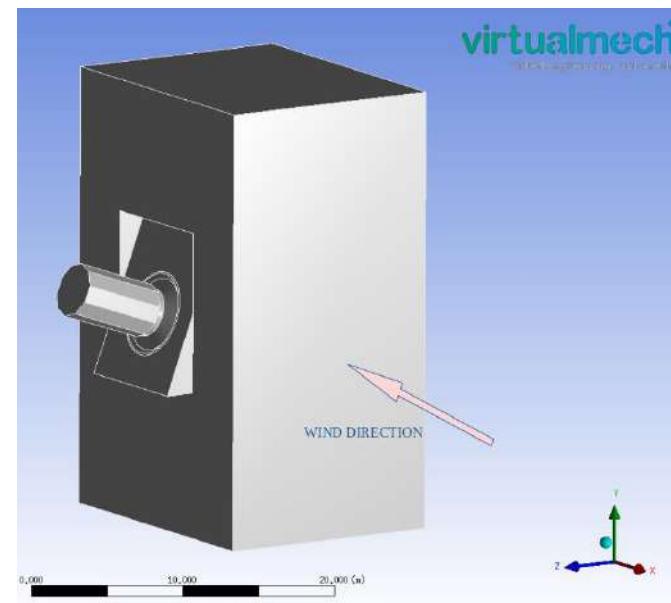


CFD: Cálculo pérdidas convección con el ambiente Receptor externo cilíndrico

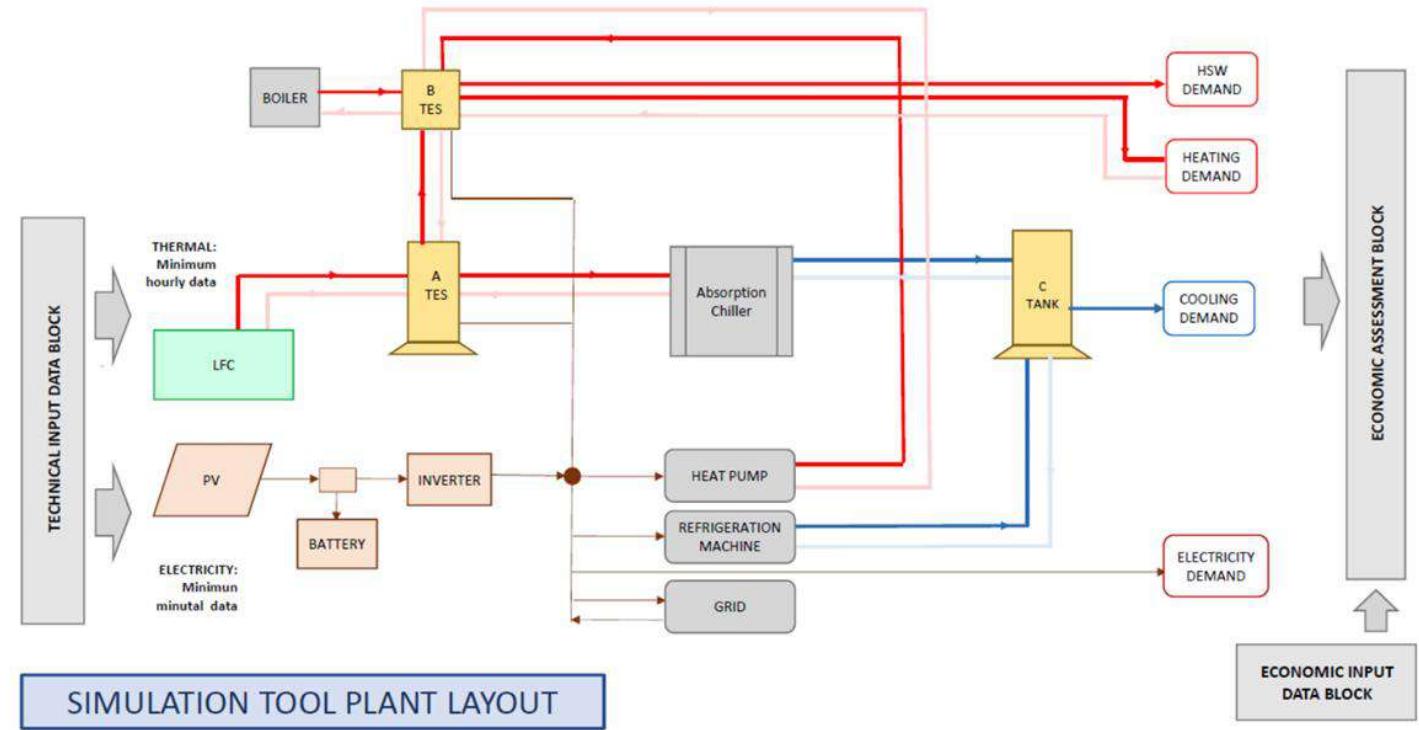


Digitalización para diseño componentes: Torre Central

CFD: Cálculo pérdidas convección con el ambiente Receptor cavidad (alta temperatura)

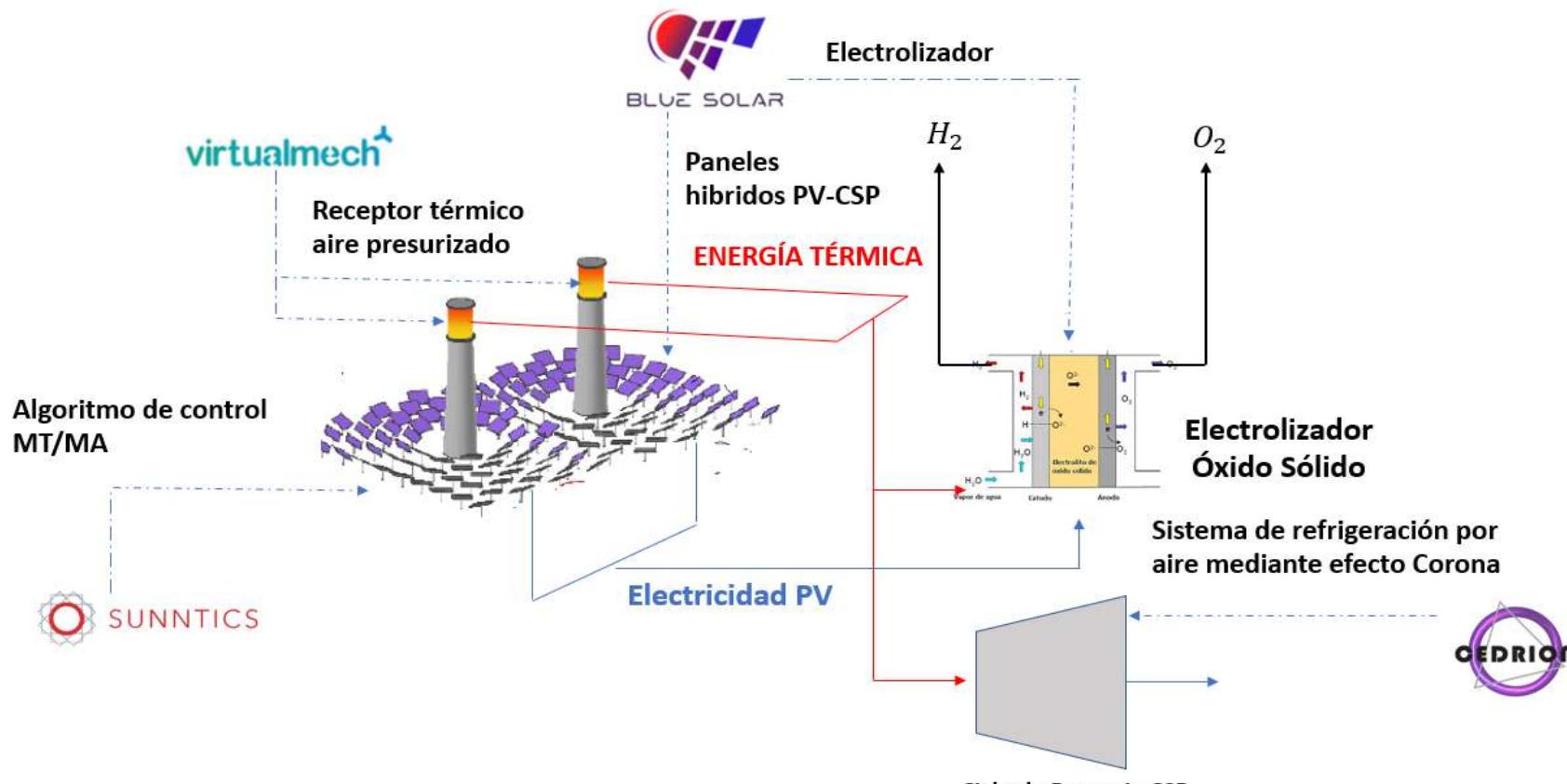


Gemelos Digitales Procesos



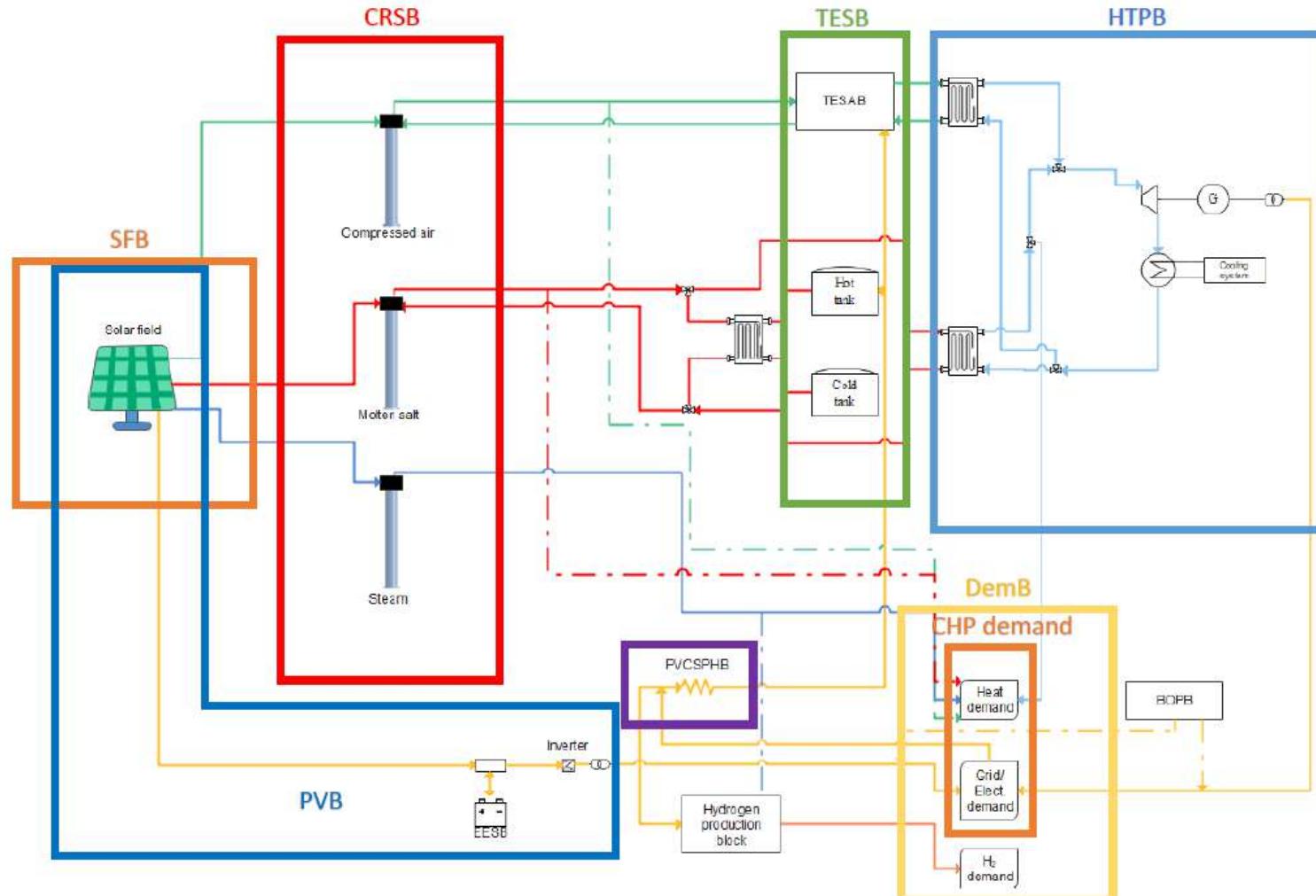
Gemelos Digitales Procesos

CSP-PV-TES-EES-ETES-H₂ hybrid (~2 M€)

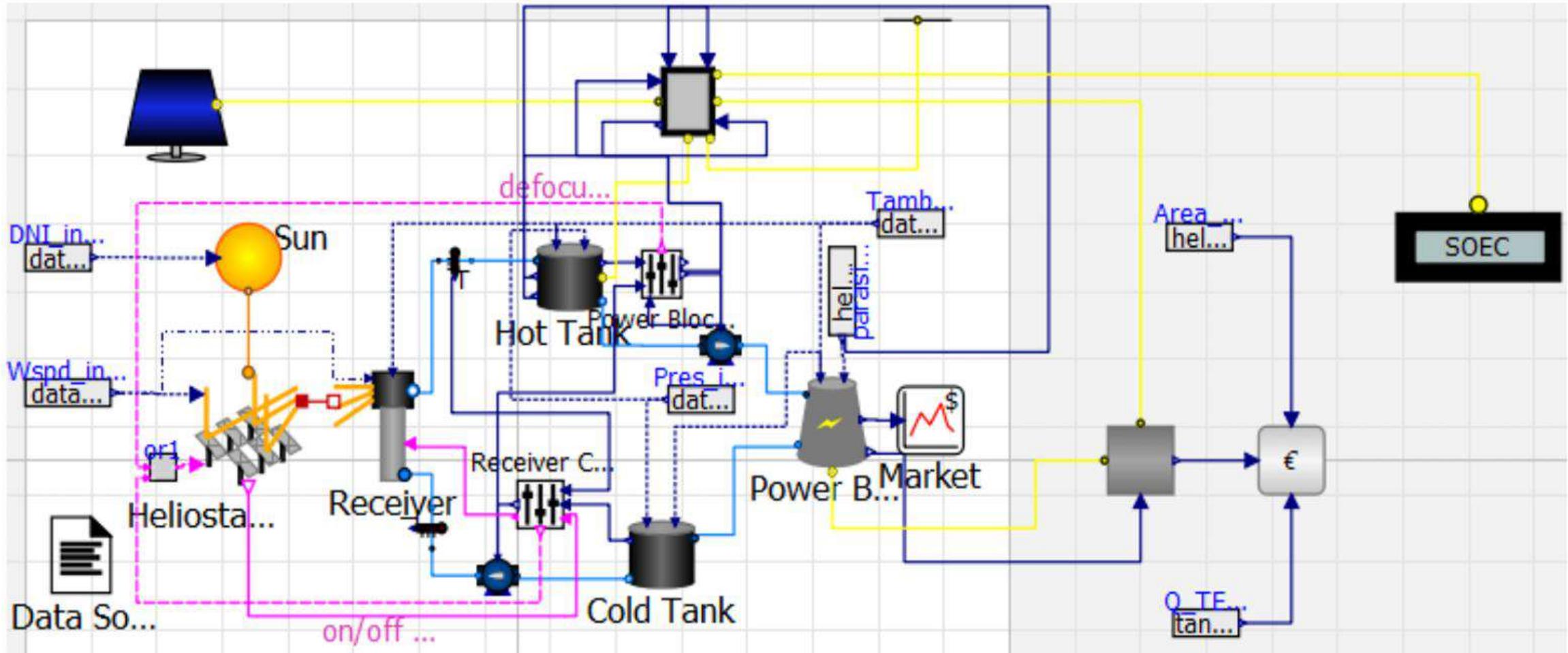


Gemelos Digitales Procesos

CSP-PV-TES-EES-ETES-H₂ hybrid (~2 M€)

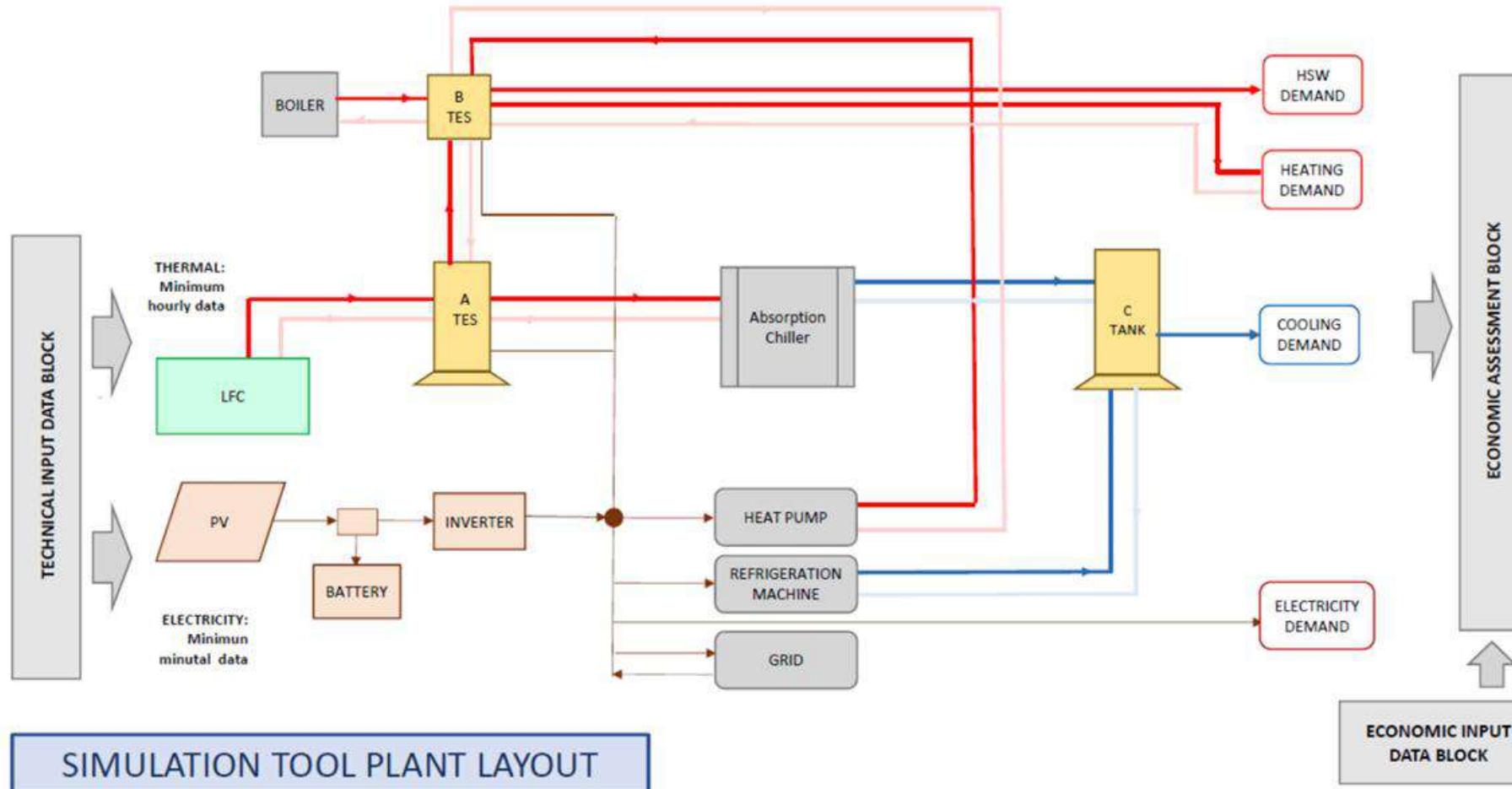


Gemelos Digitales Procesos



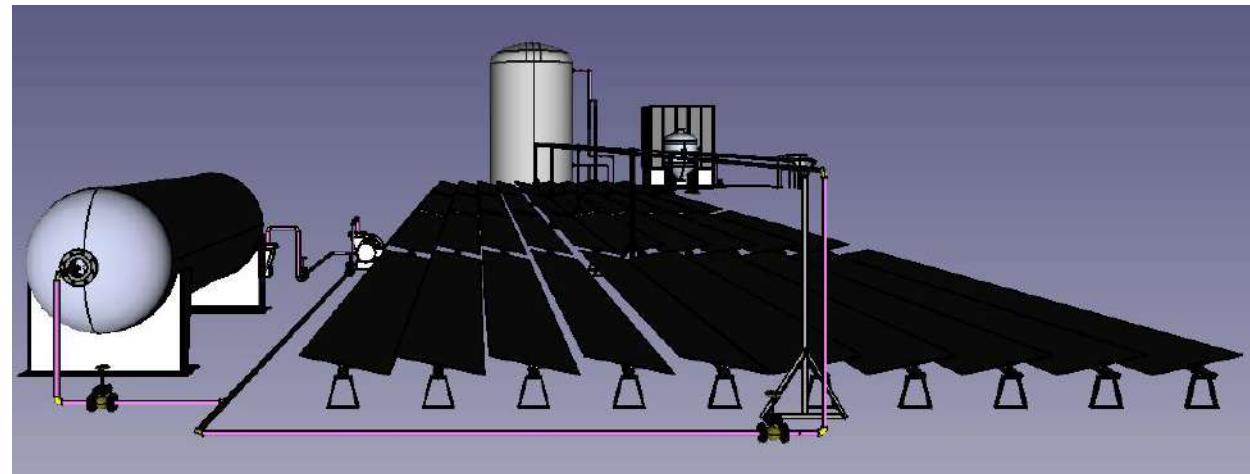
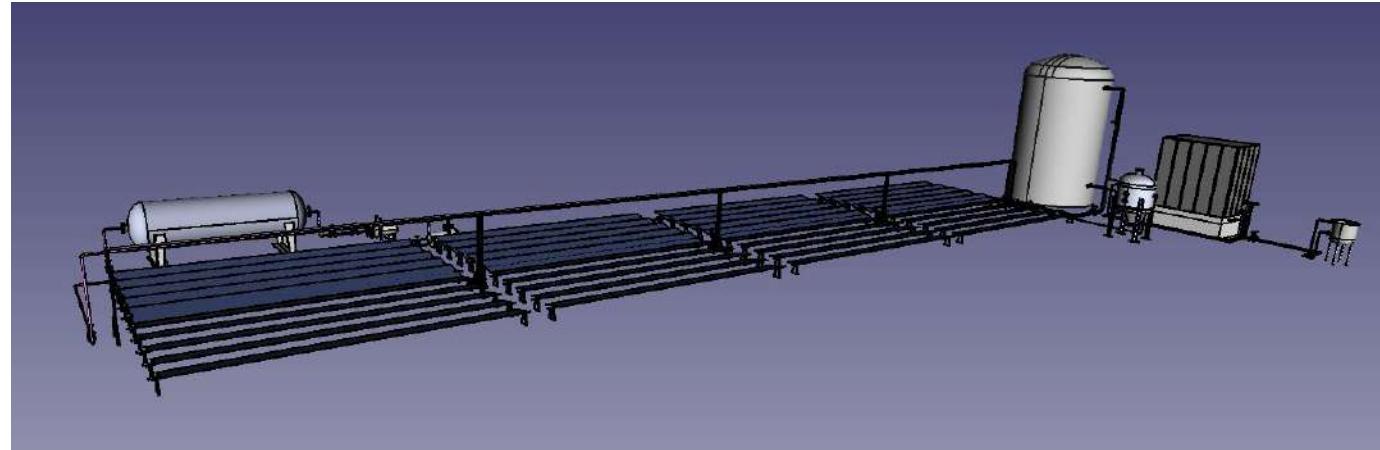
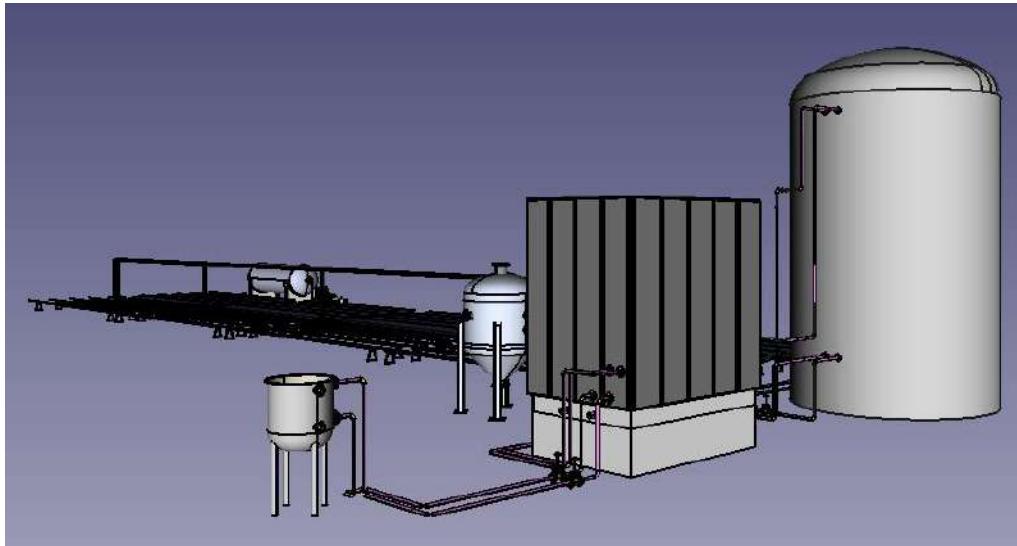
Gemelos Digitales Procesos

CSP-PV-TES-EES-hybrid (Solar Cooling/Heating, HSW, Electricity)



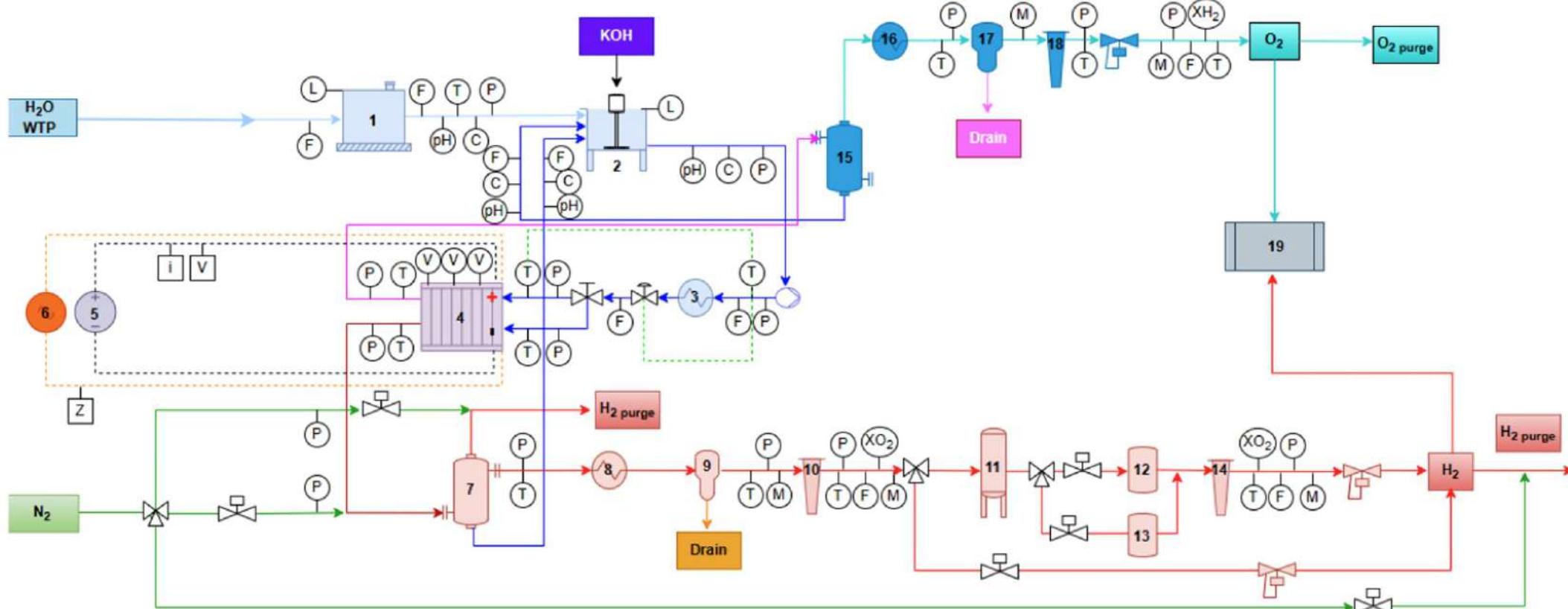
Gemelos Digitales Procesos

CSP-PV-TES-EES-hybrid (Solar Cooling/Heating, HSW, Electricity)



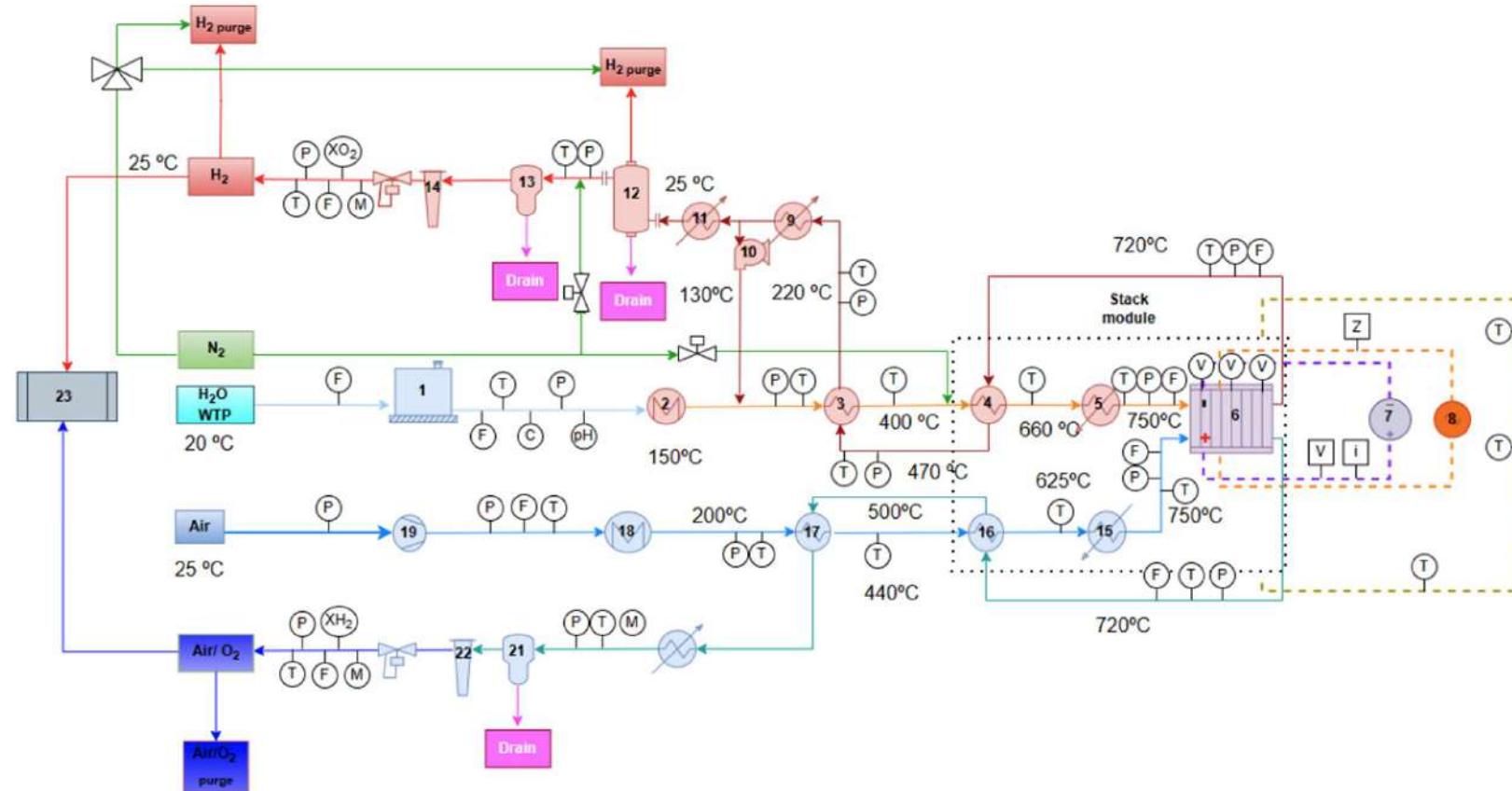
Gemelos Digitales Procesos

H2 planta piloto tecnología AEMEL



Gemelos Digitales Procesos

H2 planta piloto tecnología SOEL



H ₂ O	Steam	O ₂ Enriched Air	1	Water tank	6	SOEC Stack	13	Demister	18	Gas Heater	(T)	Temperature sensor
N ₂	Steam+H ₂	—	2	Heater	7	Programmable power supply	14	Humidity Filter	19	Compressor	(P)	Pressure sensor
H ₂ O	Steam+H ₂	Power supply measurement and control (i, V)	3	Pre-vaporizer	8	Impedance analyzer	20	Condenser	21	Condenser	(C)	Conductivity sensor
Air	Air + O ₂	Impedance measurement (Z)	4	Vaporizer	9, 11	Condenser	15	Trim Heater	22	Humidity Filter	(pH)	pH sensor
			5	Trim Heater	10	Hydrogen blower	16	High temperature Recuperator	23	Gas Chromatograph	(M)	Moisture sensor
			12	Liquid separator	17	Low Temperature Demister	18	Low Temperature Demister			(F)	Flow meter
			13	Demister	19	Compressor	20	Condenser			XCO ₂	Concentration sensor



CENER



CSP 4.0: La era de la energía solar inteligente

Jornada “Digitalización e inteligencia artificial en tecnologías solares térmicas” – 19 nov 2025



genera

Semana Internacional de la Electrificación y Descarbonización
18 – 20 noviembre 2025, Madrid

ÍNDICE

-  1. ¿QUÉ ES LA DIGITALIZACIÓN Y QUÉ APORTA?
-  2. ¿QUÉ ES LA CSP?
-  3. RETOS Y BARRERAS ACTUALES DE LA CSP
-  4. CSP + DIGITALIZACIÓN: UN BINOMIO DE ALTO VALOR AÑADIDO
-  5. PROYECTO HE SUN-DT: SMART USE OF NOVEL DIGITAL TOOLS FOR ADVANCED PERFORMANCE AND REDUCED COSTS IN CSP TOWER PLANTS
-  6. DIGITALIZACIÓN EN CSP Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA: RETOS Y OPORTUNIDADES
-  7. DIMENSIÓN SOCIAL Y SOSTENIBILIDAD

1. ¿Qué es la digitalización y qué aporta?

- **Transformación de procesos físicos en datos digitales** que pueden ser medidos, analizados y optimizados.
- Uso de tecnologías como sensores, IA, big data, gemelos digitales e IoT para **mejorar la toma de decisiones**.
- Permite una **operación más eficiente, flexible y segura** de sistemas y plantas industriales.
- Facilita el **mantenimiento predictivo**, reduciendo costes y tiempos de inactividad.
- Impulsa la **innovación y competitividad**, creando nuevos modelos de negocio basados en datos.
- **Contribuye a la sostenibilidad**, optimizando el uso de recursos y reduciendo emisiones.



2. ¿Qué es la CSP?

- Tecnología solar que **concentra la radiación solar** mediante espejos o lentes para generar calor de alta temperatura.
- Ese calor se usa para **producir electricidad, calor industrial o hidrógeno solar**.
- Permite **almacenamiento térmico masivo eficiente**, aportando energía **gestionable** y estable frente a otras renovables.
- Es clave en la **descarbonización de procesos industriales** y en la transición energética hacia sistemas más sostenibles.



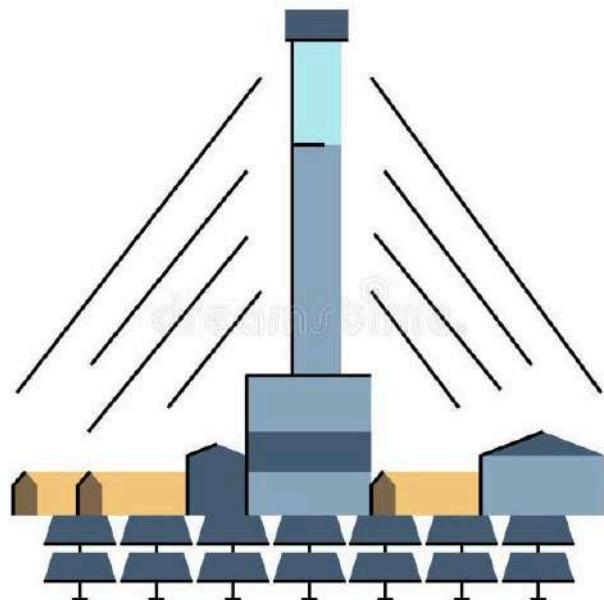
3. Retos y barreras actuales de la CSP



Retos y barreras actuales

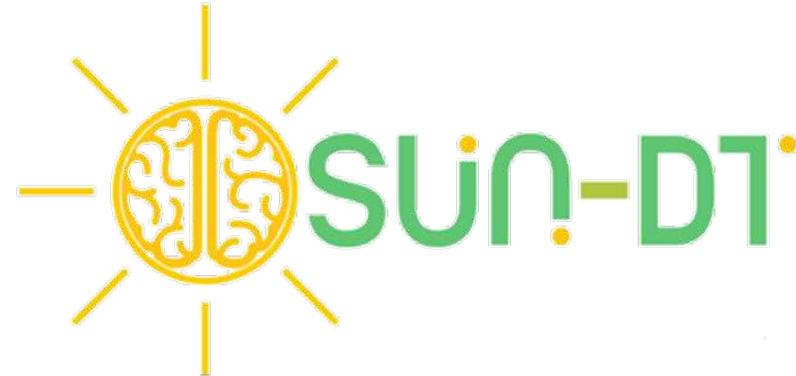
- Alta **complejidad operativa**: miles de heliostatos, sistemas ópticos y térmicos interdependientes.
- Operación y Mantenimiento (**O&M costosos**, con inspecciones manuales y respuestas reactivas ante fallos.
- **Falta de monitorización avanzada** y análisis de datos en tiempo real, lo que limita la optimización.
- **Variabilidad y dispersión de datos** que dificulta el control predictivo y la mejora continua.
- Resultado: **a veces falta de fiabilidad** y otros costes de O&M elevados que frenan su competitividad.

4. CSP + Digitalización: un binomio de alto valor añadido



- La digitalización **aporta inteligencia, control y eficiencia a la complejidad inherente de la CSP.**
- IA, gemelos digitales y **análisis predictivo** permiten anticipar fallos, optimizar recursos y reducir costes.
- La combinación potencia la **flexibilidad operativa** y la integración con redes eléctricas o procesos industriales.
- En conjunto, **CSP + digitalización** impulsa una nueva generación de **plantas termosolares inteligentes, más eficientes, competitivas y sostenibles**.

5. Proyecto HE SUN-DT



Smart Use of Novel Digital Tools for advanced performance and reduced costs in CSP tower plants

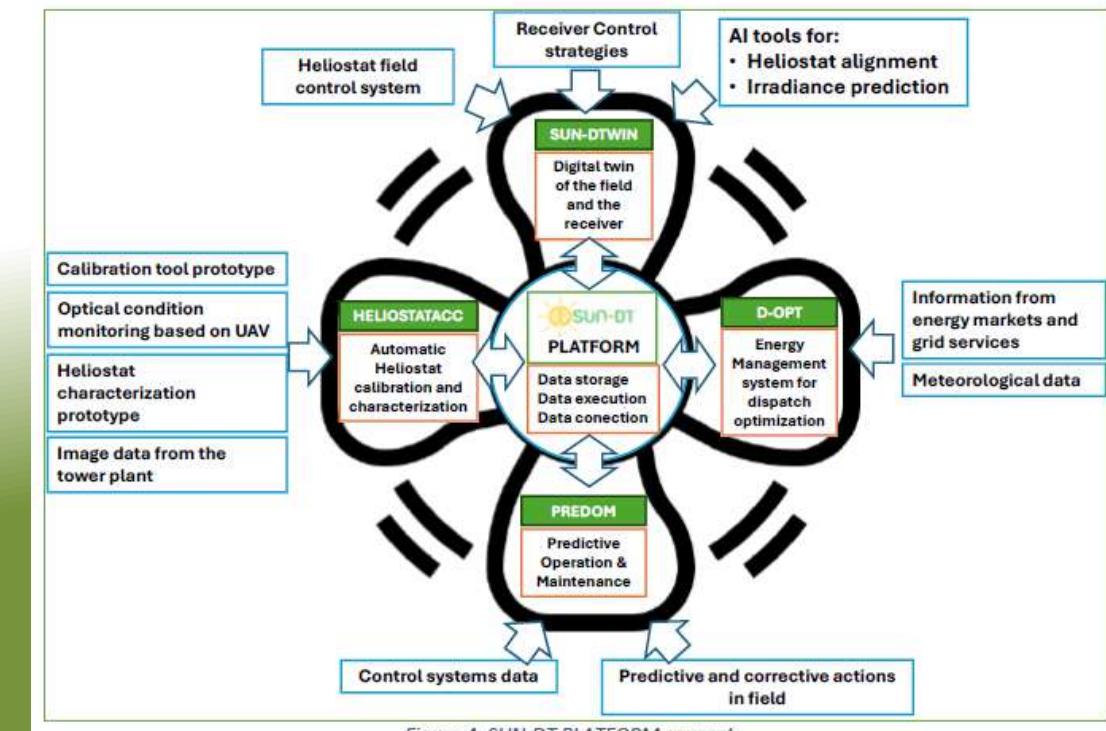
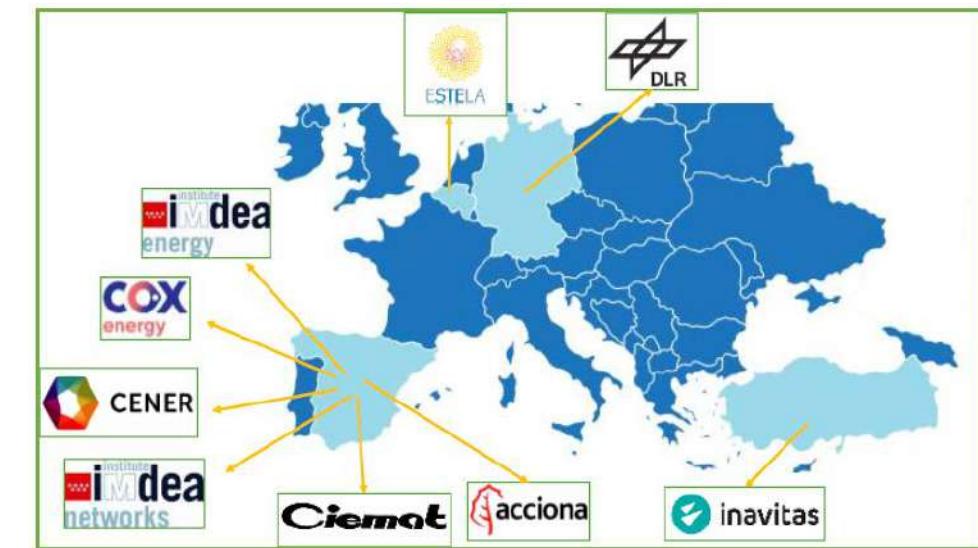


Figure 4: SUN-DT PLATFORM concept



Co-funded by
the European Union

DISCLAIMER: Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or [name of the granting authority]. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them."

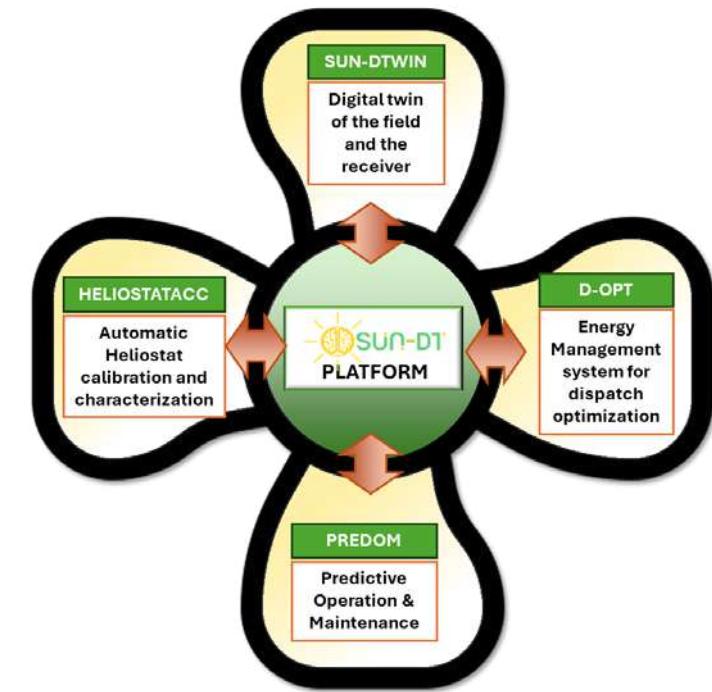
5. Proyecto HE SUN-DT

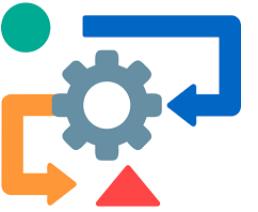


Objetivos

Incrementar la competitividad del sector europeo de plantas solares de torre y de sus empresas proveedoras de soluciones digitales.

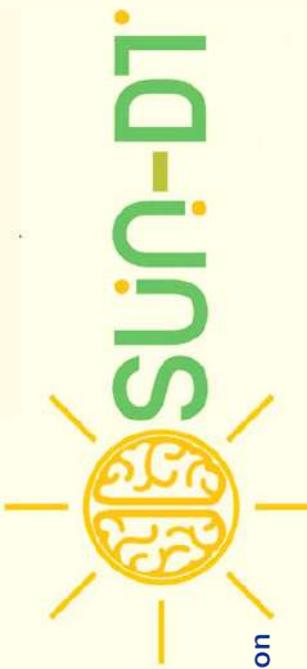
- Desarrollar y madurar de forma conjunta:
 - Herramienta de **calibración y caracterización de heliostatos**.
 - **Gemelo Digital** del campo solar y del receptor.
 - Sistema de **Gestión Energética** para optimización del despacho.
 - Herramienta predictiva para **mejora de O&M**.
- **Integrar** todas las herramientas en una **única plataforma** que procese datos de forma conjunta para optimizar la toma de decisiones a nivel de planta.



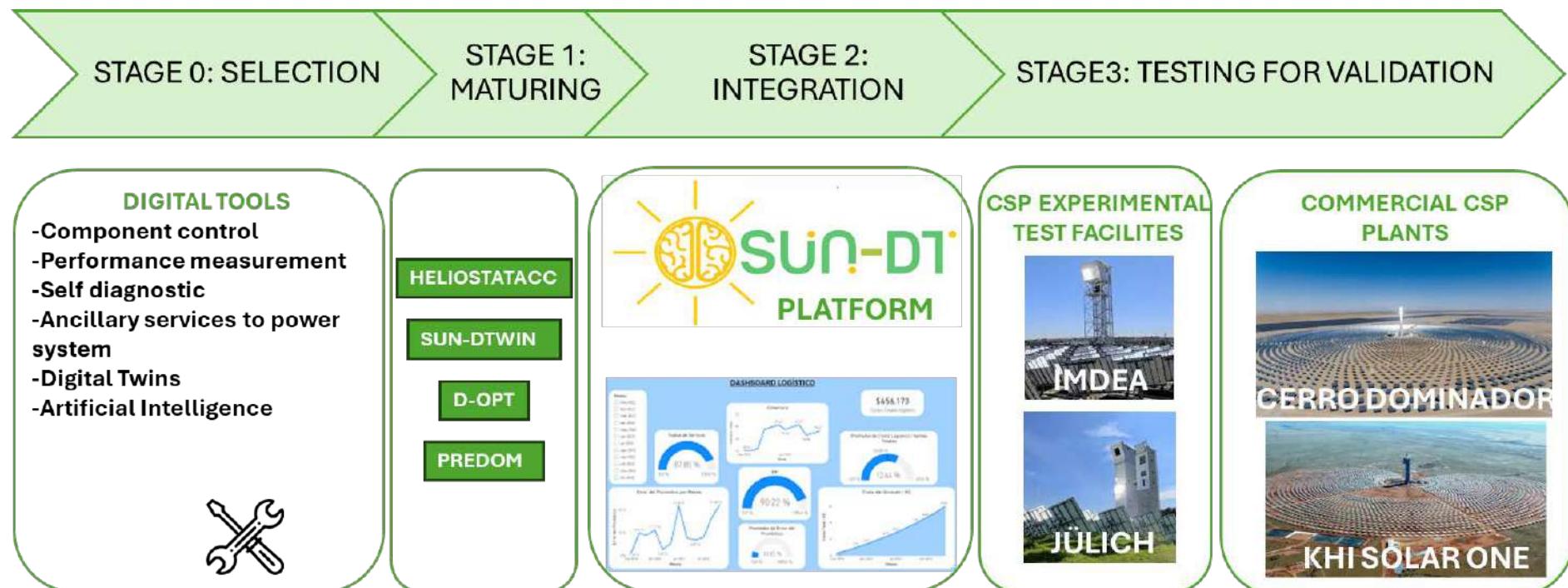


5. Proyecto HE SUN-DT

Metodología



Co-funded by
the European Union

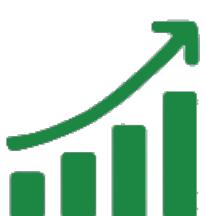


5. Proyecto HE SUN-DT



Resultados esperados (I/II)

- **Aumento de eficiencia global de la planta (4–10%):**

 - Mayor eficiencia del campo de helióstatos y receptor.
 - Reducción de fallos gracias a mantenimiento predictivo.
 - Menos tiempo de parada no planificada (mayor disponibilidad).
- **Mejora del rendimiento anual (+5%):**

 - Hasta 99% de disponibilidad del campo solar → +2–3% en rendimiento térmico.

5. Proyecto HE SUN-DT



Resultados esperados (II/II)

- **Reducción de OPEX (~15%) mediante:**

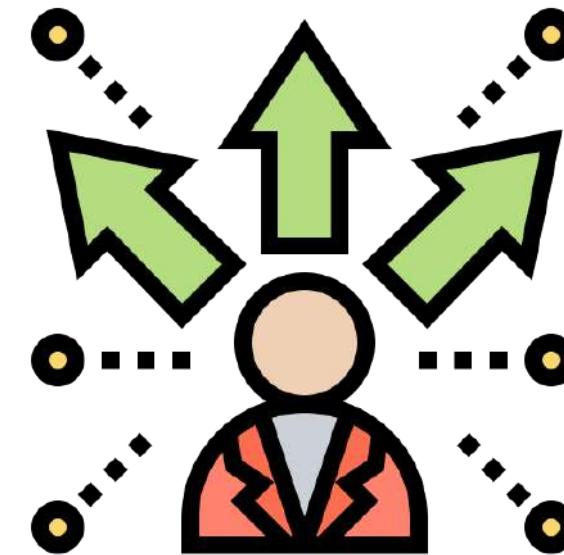
 - Automatización de tareas y reducción del error humano.
 - Control predictivo de modos de operación.
 - Menor necesidad de mantenimiento correctivo.
- **Reducción de CAPEX (~3%):**

 - Diseño optimizado del campo solar sin sobredimensionamiento.

6. Digitalización en CSP y transición energética: Retos y oportunidades

Retos:

- Gestión de datos, **ciberseguridad** y estandarización.
- **Coste** de implementación y formación.
- Necesidad de **regulación** y **colaboración** industrial.



Oportunidades:

- Nuevos **modelos de negocio** basados en datos.
- Gemelos digitales para diseño y **optimización**.
- Mayor **fiabilidad** y transparencia.

7. Dimensión social y sostenibilidad

Digitalización para una **transición energética inclusiva**:

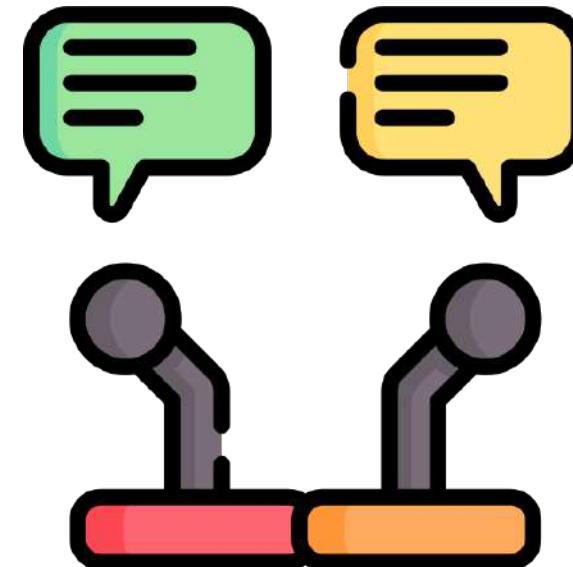
- El modelo pasa de consumidor único a un sistema con '**prosumidores**'.
- Disponibilidad de **datos en tiempo real** sobre generación, consumo y almacenamiento de energía.
- **Transparencia** sobre la huella ambiental, costes y origen de la energía.
- **Decisiones** energéticas más **conscientes**: qué consumir, cuándo y por qué.
- La gestión de la red se convierte en una **responsabilidad compartida**.



8. Conclusiones y debate

Conclusiones:

- La digitalización y la IA transforman la CSP hacia una nueva era de eficiencia y sostenibilidad.
- SUN-DT ejemplifica cómo integrar herramientas digitales en toda la cadena de valor.



Preguntas para el debate:

1. ¿Qué barreras deben superarse para generalizar la digitalización?
2. ¿Qué nuevos modelos de negocio emergen?
3. ¿Cómo garantizar un uso ético y responsable de los datos?
4. ¿Cómo involucrar a los consumidores en este nuevo paradigma?



Marcelino Sánchez González

Director del Departamento de Tecnologías y
Almacenamiento de la Energía Solar
CENER

msanchez@cener.com

MUCHAS GRACIAS.

www.cener.com

info@cener.com

T +34 948 25 28 00



CENER

CSP 4.0: La era de la energía solar inteligente

Jornada

*Digitalización e inteligencia artificial en
tecnologías solares térmicas*

GENERA 19 nov 2025

Marcelino Sánchez González
Director del Departamento de
Tecnologías y Almacenamiento
de la Energía Solar
CENER



**Co-funded by
the European Union**

DISCLAIMER: Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or [name of the granting authority]. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them."



ADVANCED DIGITAL TOOLS FOR OPTIMISED PLANNING, MAINTENANCE AND OPERATION OF SOLAR THERMAL HYBRID SYSTEMS

Dr. Daniel Carbonell. DCARBO ENERGY CONSULTING S.L.

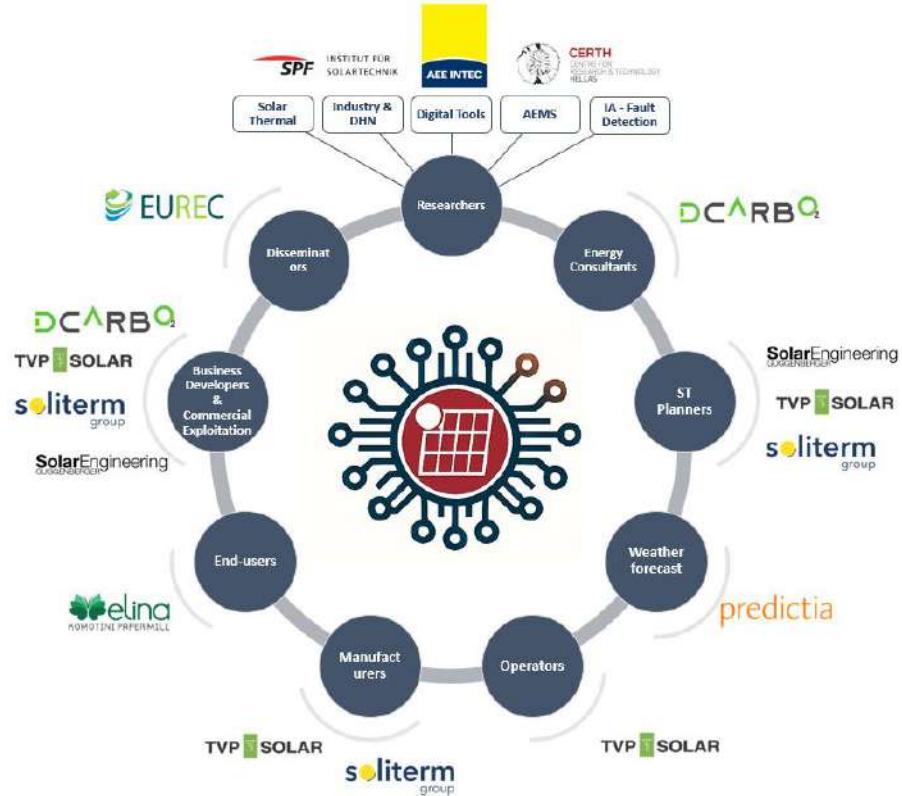
19.11.2025, Genera, Madrid



This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under Grant Agreement no. 101235027. The responsibility for the information and the views set out in this document lies entirely with the authors. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

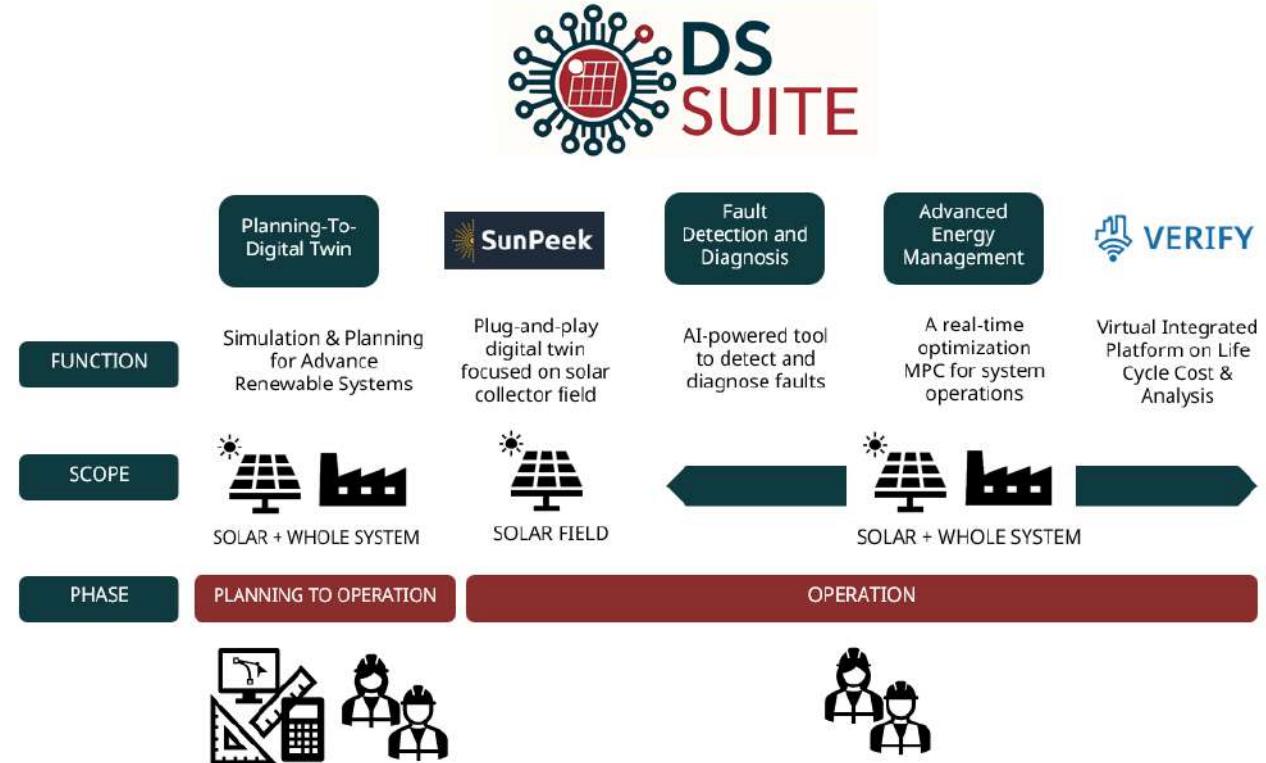
General data, consortium and project budget

- Budget
 - Overall 5.7 M€
 - EU funded 2.9 M€
 - Swiss funded 2.0 M€
- Start 01.09.2025; End: 31.08.2029
- 11 partners, 7 countries
- End TRL 7
- Demonstration in 4 pilot plants



DS Suite: A comprehensive framework of five interconnected tools

- Support planning, operation and optimization of large-scale hybrid-ST systems
- Achieve high shares of renewables to accelerate the decarbonization for industrial process and DH



SunPeek: Quality assurance tool for solar thermal plants in operation

Friesach,

Source: Solar Engineering Guggenberger



Höglännen Härnösand

Source: Absolicon



Fernheizwerk Graz (FHW)

Source: Picfly.at Thomas Eberhard



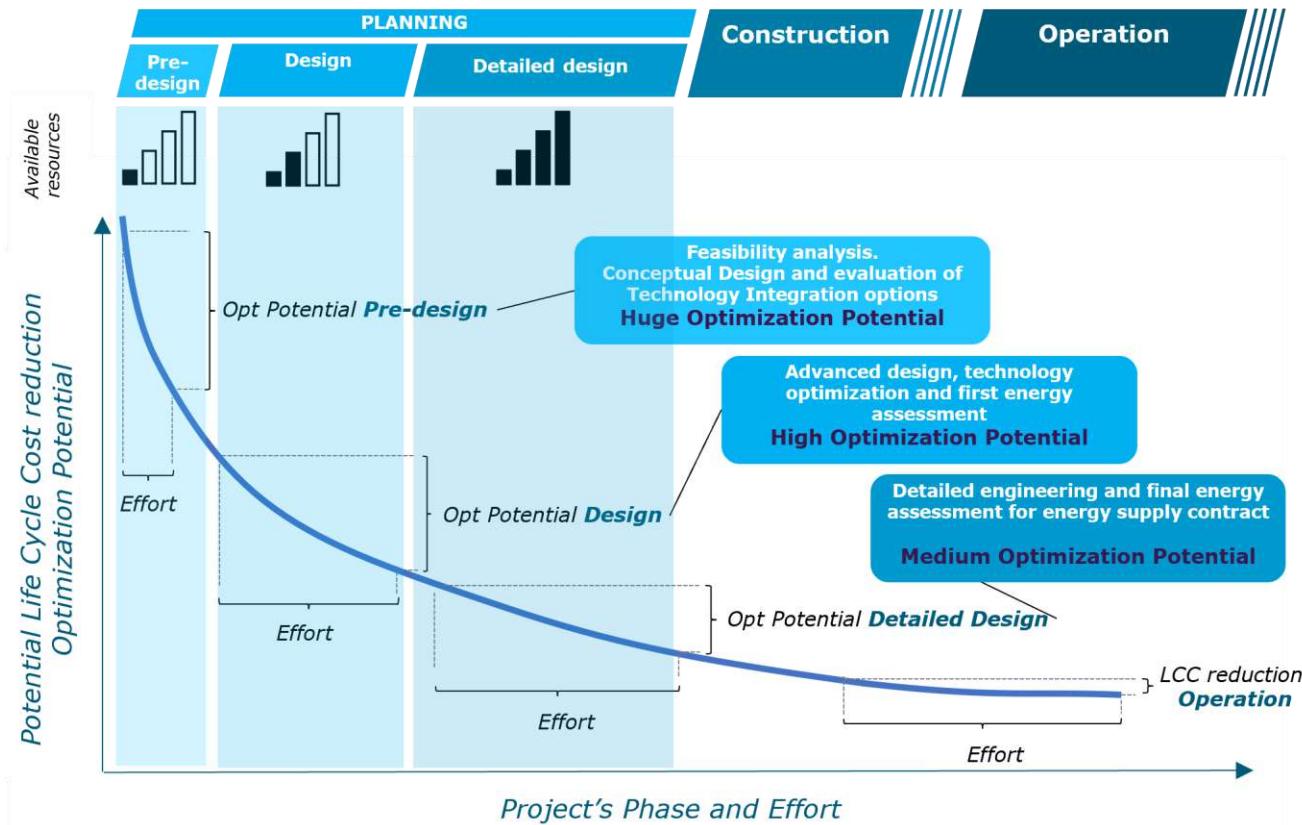
Performance Verification

„Does the solar plant perform as expected?“

Performance Monitoring

„Does performance change over time?“

Planning To Digital Twin at system level



All-in-one harmonized Planning to Digital Twin at system level

- Web-based comprehensive, reliable, and investor-trusted tool applicable across all project phases, from pre-feasibility to design, detailed engineering and operation phases using the same computational engine

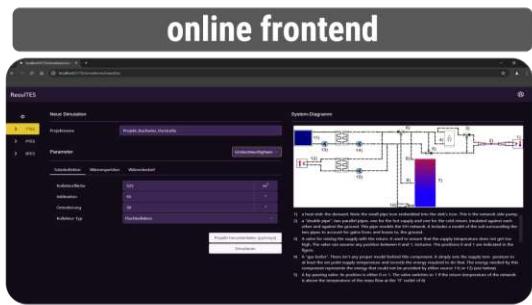
Feasibility analysis.

Design

Detailed design / engineering

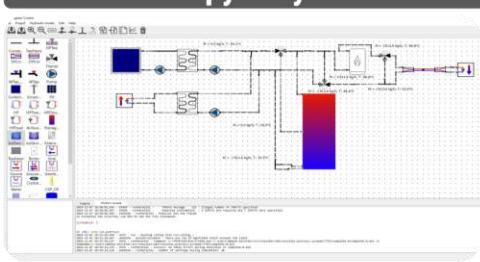
Operation

online frontend



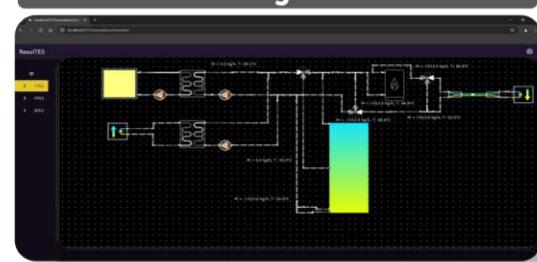
- Runs in cloud
- Easy-to-use **Free online** access tool.
- Predef. configurations hybrid ST systems.
- User must only parametrize predefined configurations. No modelling needed.
- **Export to pytrnsys GUI.**

pytrnsys



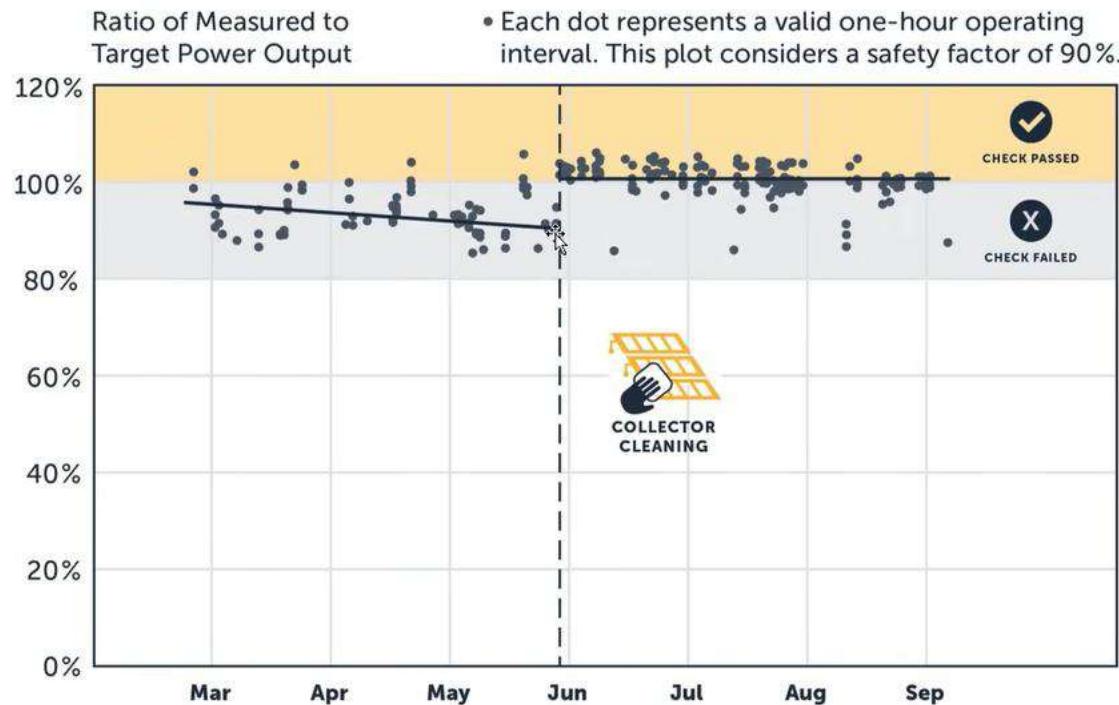
- Runs on user's computer
- Easy-to-use. **Import from Online tool.**
- Pytrnsys GUI for customisation.
- TRNSYS licence needed.
- All flexibility of pytrnsys available to tailor the scheme into the **Digital Twin**.

monitoring frontend

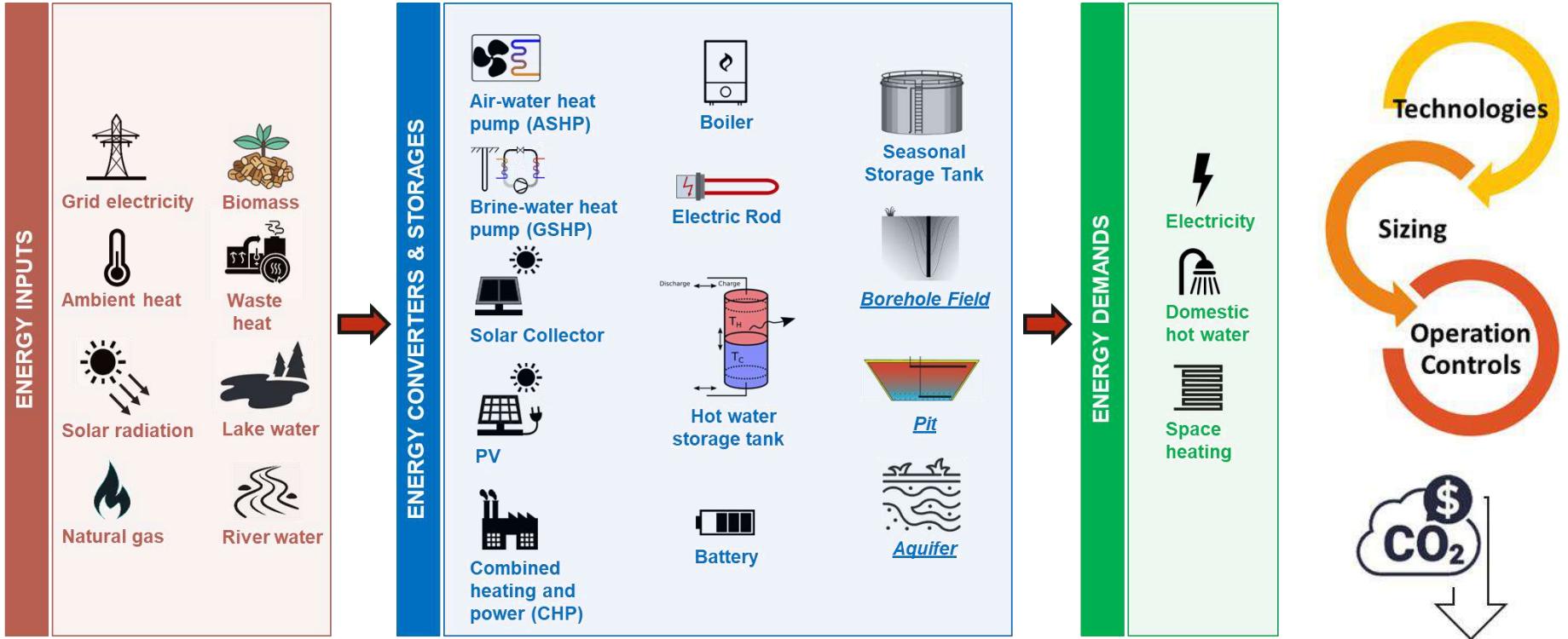


- Runs in cloud
- Custom GUI with SCADA connection.
- Performance evaluation.

FDD: Fault Detection and Diagnosis



AEMS: Advance Energy Management System for optimal dispatch



VERIFY: Life Cycle Analysis (LCA) and Life cycle costs (LCC) framework



Real-time LCA / LCC-based minimisation industrial processes' energy system impact.



Accounts for **real-time field production and consumption** data of energy components & **dynamic changes** in the energy, environmental and economic landscape



Utilizes both **primary (IoT)** and **secondary (APIs)** data



Designed for EU's Emissions Trading System (ETS2.0) - *operational by 2027*



Combines multiple **commercial** and **innovative** technologies for energy production, management and storage. **Parameters can be adapted**: per demo, per thermal comfort preferences, per billing systems, per energy infrastructure



Follows international standards, such as **ISO 14040 / 14044**

1 Demo DH in Italy

- High Vacuum flat plate collector
- Collector area: 1'000 m² - 707 kW peak power
- Thermal energy storage: 350 - m³
- Other technologies: CHP, heat pump (147 kW)



Demo 2: Paper mill industry in Turkey

- Parabolic through collectors (PTC)
- 10'000 m² - 3.5 MW
- Thermal energy storage: 350 - m³
- Process cooling , air conditioning and hot water
- Absorption chiller 4.9 MW (cooling)



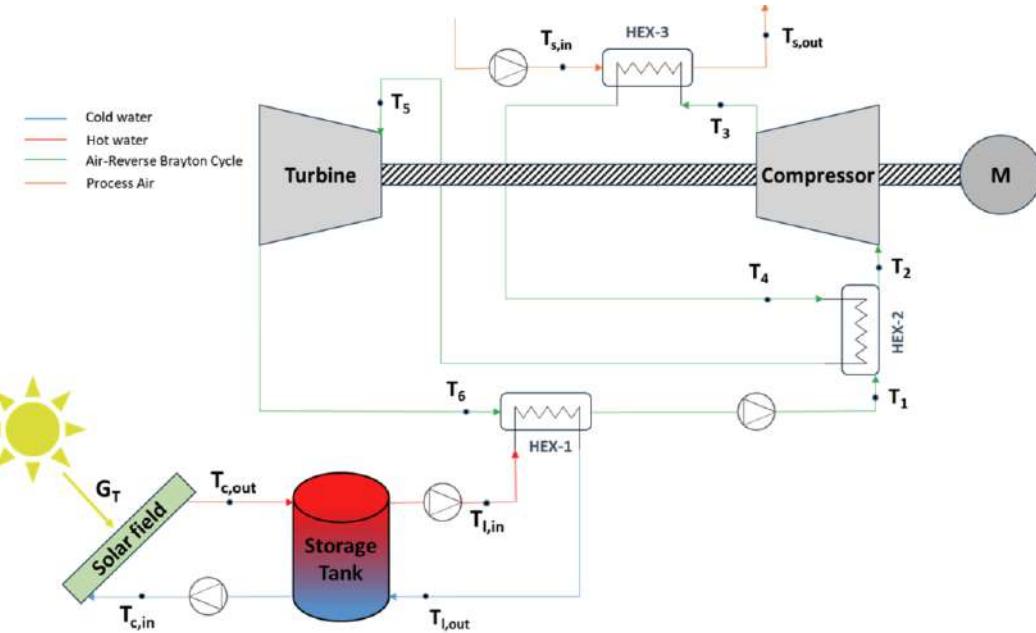
Demo case 3: Food processing industry and DH in Germany

- Flat plate collector (Savosolar)
- 28'872 m² - 20 MW_{th}
- 12.8 GWh/year; 443 kWh/m²
- Hot water 75 °C
- TES 8'000 m³
- Solar contribution 50 %
- 16 MW_{th} biomass boiler
- 2 x 350 kW_{th} biogas generation
- 1.1 MW_e co-generation
- 2 MW_p PV

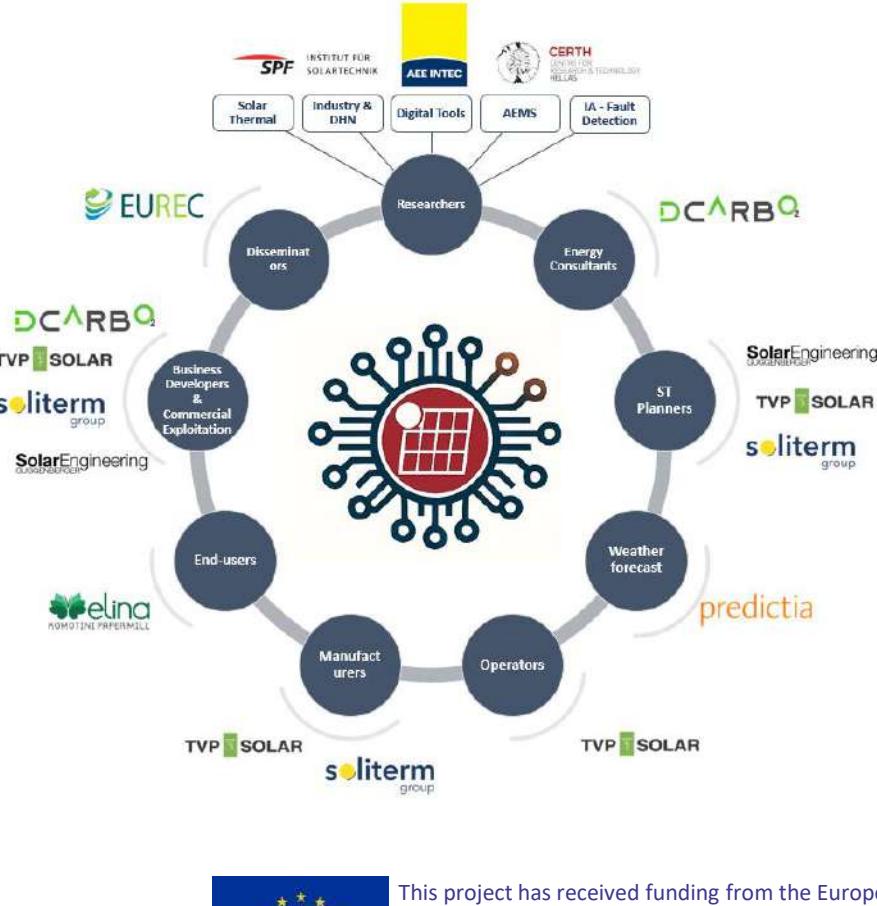


Demo case 4: Steam generation in paper industry in Greece

- High Vacuum Flat plate collector
- 700 m² HVFP with 400 kW_{th}
- 100 kW_p PV
- 15 m³ water TES at 130 °C
- 9 MW Biomass steam boiler
- 378 kW high temperature heat pump
 - Air Brayton cycle
 - 195 °C



TVP SOLAR



THANKS FOR YOUR ATTENTION

Dr. Daniel Carbonell
Daniel.carbonell@dcarbo.es
DCarbo Energy Consulting S.L.

DIGISOLAR



This project has received funding from the European Union’s Horizon Europe research and innovation programme under Grant Agreement no. 101235027. The responsibility for the information and the views set out in this document lies entirely with the authors. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.