

## PROYECTO MINWATERCSP. MINIMIZAR EL CONSUMO DE AGUA EN PLANTAS TERMOSOLARES

LAS PLANTAS TERMOSOLARES SE INSTALAN A MENUDO EN ZONAS ÁRIDAS, DONDE LA IRRADIACIÓN SOLAR ES ALTA Y LOS RECURSOS HÍDRICOS ESCASOS. ÉSTA ES UNA IMPORTANTE BARRERA MEDIOAMBIENTAL EN REGIONES ÁRIDAS Y SOLEADAS COMO EL NORTE DE ÁFRICA, ORIENTE MEDIO, EL SUDOESTE DE EE.UU. Y CHILE. EN LAS PLANTAS TERMOSOLARES EL AGUA SE UTILIZA PRINCIPALMENTE PARA LA LIMPIEZA DE ESPEJOS Y PARA LOS PROCESOS DE REFRIGERACIÓN, ESPECIALMENTE EN ÉSTOS, LAS PLANTAS TERMOSOLARES QUE UTILIZAN SISTEMAS TRADICIONALES DE REFRIGERACIÓN HÚMEDA CONSUMEN UNA GRAN CANTIDAD DE AGUA, A CAUSA DE LAS PÉRDIDAS DE EVAPORACIÓN EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. EL PROYECTO MINWATERCSP ABORDA EL RETO DE REDUCIR SIGNIFICATIVAMENTE EL CONSUMO DE AGUA EN PLANTAS TERMOSOLARES, MANTENIENDO EL RENDIMIENTO TOTAL. SU OBJETIVO ES REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE EVAPORACIÓN Y EL CONSUMO DE AGUA EN LA LIMPIEZA DE ESPEJOS EN PLANTAS TERMOSOLARES DE PEQUEÑO Y GRAN TAMAÑO, A TRAVÉS DE UNA COMBINACIÓN HOLÍSTICA DE TECNOLOGÍAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN.

MinWaterCSP es un proyecto de I+D que pretende reducir el consumo de agua y mejorar el rendimiento total del ciclo térmico de las plantas termosolares. Ha recibido fondos del programa de investigación y desarrollo Horizon 2020 de la EU. Comenzó en enero de 2016 y concluirá en diciembre de este año.

El consorcio del proyecto MinWaterCSP está formado por 13 socios de seis países diferentes, tanto pertenecientes como no a la UE. Está coordinado por Kelvion Holding GmbH (Coordinador del Proyecto, Alemania) y Enxio Management GmbH (Coordinador Técnico, Alemania). Otros socios del consorcio son: Kelvion Thermal Solutions (Pty) Ltd. (Sudáfrica), Fraunhofer ISE (Alemania), Sapienza University of Rome (Italia), ECILIMP Termosolar SL (España), Stellenbosch University (Sudáfrica), Notus Fan Engineering (Sudáfrica), Laterizi Gambettola SRL – Soltigua (Italia), Enxio Germany GmbH (Alemania), Institut de Recherches en Energie Solaire et Energy Nouvelles - IRESEN (Marruecos), Steinbeis 2i GmbH (Alemania) y Waterleau Group NV (Bélgica).

## MINWATERCSP PROJECT. MINIMISING WATER CONSUMPTION IN CSP PLANTS

CSP PLANTS ARE OFTEN INSTALLED IN DRY AREAS WHERE SOLAR IRRADIATION IS HIGH AND WATER RESOURCES ARE SCARCE. THIS IS A SERIOUS ENVIRONMENTAL BARRIER IN SUNNY ARID REGIONS LIKE NORTH AFRICA, THE MIDDLE EAST, SOUTH WEST USA AND CHILE. IN CSP PLANTS, WATER IS MAINLY USED IN MIRROR CLEANING AND COOLING PROCESSES AND PARTICULARLY IN THIS AREA, CSP PLANTS THAT USE TRADITIONAL WET-COOLING SYSTEMS CONSUME A LARGE AMOUNT OF WATER BECAUSE OF COOLING SYSTEM EVAPORATION LOSSES. THE MINWATERCSP PROJECT ADDRESSES THE CHALLENGE OF SIGNIFICANTLY REDUCING THE WATER CONSUMPTION OF CSP PLANTS WHILE MAINTAINING THEIR OVERALL EFFICIENCY. ITS OBJECTIVE IS TO REDUCE EVAPORATION LOSSES AND MIRROR CLEANING WATER USAGE FOR SMALL- AND LARGE-SCALE CSP PLANTS THROUGH A HOLISTIC COMBINATION OF NEXT GENERATION TECHNOLOGIES.

MinWaterCSP is an R&D project that aims to reduce water consumption and improve thermal cycle efficiencies of CSP plants. The project, which has received funding from the EU's Horizon 2020 research and innovation programme, started in January 2016 and will be completed in December this year.

The MinWaterCSP project consortium consists of 13 partners from 6 different EU- and non-EU countries. It is coordinated by Kelvion Holding GmbH (Project Coordinator, Germany) and Enxio Management GmbH (Technical Coordinator, Germany). Other consortium partners are: Kelvion Thermal Solutions (Pty) Ltd. (South Africa); Fraunhofer ISE (Germany); Sapienza University of Rome (Italy), ECILIMP Termosolar SL (Spain); Stellenbosch University (South Africa); Notus Fan Engineering (South Africa); Laterizi Gambettola SRL – Soltigua (Italy); Enxio Germany GmbH (Germany); Institut de Recherches en Energie Solaire et Energy Nouvelles - IRESEN (Morocco); Steinbeis 2i GmbH (Germany); and Waterleau Group NV (Belgium).



The MinWaterCSP consortium aims to reduce the annual water consumption of a CSP plant through several complementary measures while maintaining or even improving thermal efficiency and reducing capital costs. This is done through a holistic combination of next generation technologies in the fields of hybrid dry/wet cooling systems, axial flow fans, wire structure heat transfer surfaces, comprehensive water management plans, mirror cleaning techniques and optimised cleaning schedules and water management.

Camión de limpieza del socio ECILIMP Termosolar. Imagen: Planta termosolar Gemasolar, propiedad de Torresol Energy © SENER, tecnología de limpieza propiedad de ECILIMP | Cleaning truck owned by ECILIMP Termosolar. Picture: Gemasolar CSP Plant, property of Torresol Energy©SENER, cleaning technology property of ECILIMP

El consorcio MinWaterCSP persigue el objetivo de reducir el consumo anual de agua de una planta termosolar a través de una serie de medidas complementarias, manteniendo o incluso mejorando la eficiencia térmica y reduciendo los costes de capital. Esto se realiza a través de una combinación holística de tecnologías de última generación en los campos de: sistemas híbridos de refrigeración seca/húmeda, ventiladores de flujo axial, superficies de transferencia de calor de estructuras de alambre, planes integrales de gestión del agua, técnicas de limpieza de espejos y horarios optimizados de limpieza y gestión del agua.

MinWaterCSP reducirá las pérdidas por evaporación de agua entre un 75% y un 95% en comparación con los sistemas de refrigeración húmeda. Su objetivo es aumentar la eficiencia neta del ciclo Rankine de vapor en un 2% o, alternativamente, reducir el coste de capital de un sistema de refrigeración seca en un 25%, mientras se mantiene la eficiencia del ciclo.

Para complementar esto, el consumo de agua en la limpieza de espejos se reducirá en un 25%, mediante: un mejor proceso de limpieza de espejos de colectores cilindro-parabólicos, mediante el desarrollo de un robot de limpieza para colectores lineales de Fresnel y un número reducido de ciclos de limpieza. Además, se desarrollarán planes de gestión integral del agua para plantas termosolares en varios lugares (Sudáfrica, Marruecos) y se combinarán con simulaciones de rendimiento de la planta para maximizar el impacto del diseño logrado.

Tras un año y medio de desarrollo del proyecto, los socios de MinWaterCSP ya han logrado excelentes resultados.

### Desarrollo de ventilador axial

Con respecto al desarrollo del ventilador axial, las pruebas han demostrado una reducción potencial en el consumo de energía del ventilador con un impacto directo en la rentabilidad de la operación de la planta termosolar y su ciclo de vida.

El socio pyme NOTUS diseñó, fabricó e instaló un ventilador de flujo axial en el emplazamiento Matimba ACC de Eskom en Sudáfrica. El enfoque de diseño siguió el principio de la optimización

MinWaterCSP will reduce water evaporation losses by 75% to 95% compared to wet cooling systems. It aims to increase the net efficiency of the steam Rankine cycle by 2%, or alternatively reduce the capital cost of a dry-cooling system by 25%, while maintaining cycle efficiency.

To complement this, mirror cleaning water consumption will be reduced by 25% by improving the mirror cleaning process for parabolic trough collectors, by developing a cleaning robot for linear Fresnel collectors and a reduced number of cleaning cycles. Also, comprehensive water management plans for CSP plants in various locations (South Africa, Morocco) will be developed and combined with plant performance simulations to maximise the impact of the achieved design.

A year and a half into the project, the MinWaterCSP project partners have already achieved excellent results.

### Axial fan development

As regards axial fan development, tests have shown a potential reduction in fan power consumption with a direct impact on the profitability of the CSP plant operation and its life cycle.

An axial flow fan was designed, manufactured and installed at the Eskom Matimba ACC site in South Africa. The design approach followed the principle of duty point specific aerodynamic optimisation. Tests showed that the new approach to fan design adheres to the performance and structural requirements for the typical air-cooled condenser installation.

Three prototype scale-model fans were designed and evaluated for a typical air-cooled condenser installation using Computational Fluid Dynamics (CFD). Fan noise levels were also evaluated. The performance tests were done by Stellenbosch University and the noise tests by Sapienza University of Rome. In addition, several improvement options to the cooling fan drive train efficiency are currently under development, including a magnetic gearbox, a wound rotor motor and a written pole motor.



Instalación del ventilador en Matimba. Foto cortesía de Notus Fan Engineering | Fan installation at Matimba. Photo courtesy of Notus Fan Engineering

aerodinámica específica del punto de trabajo. Las pruebas mostraron que el nuevo enfoque de diseño de ventiladores cumple con los requisitos de rendimiento y estructurales para la instalación típica de un condensador refrigerado por aire.

Se diseñaron y evaluaron tres prototipos de ventiladores a escala para una instalación típica de condensador refrigerado por aire utilizando Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés). También se evaluaron los niveles de ruido del ventilador. Las pruebas de rendimiento fueron realizadas por la Universidad de Stellenbosch y las pruebas de ruido por la Universidad de Sapienza de Roma. Además, actualmente se están desarrollando varias opciones de mejora de la eficiencia del tren de accionamiento del ventilador de refrigeración, es decir, una caja de engranajes magnética, un motor de rotor bobinado y un motor de polos impresos.

La caja de engranajes magnéticos tiene el potencial de reducir el tamaño requerido del accionamiento del ventilador, lo que impacta positivamente en los requisitos de costes de capital de las plantas termosolares. También tiene el potencial de reducir los costes de mantenimiento del equipo mecánico.

### Intercambiador de calor de superficie de alambres

El novedoso concepto de intercambiador de calor de superficie de alambres ofrece, en comparación con soluciones convencionales, un ahorro potencial de material del 10% y una reducción en el impacto ambiental del ciclo de vida, lo que resulta en menores costes de inversión para los sistemas de refrigeración.

Para las actividades relacionadas con este nuevo intercambiador de calor, una comparación CFD del rendimiento simulado de un intercambiador de calor de estructura de alambres, con un condensador de referencia refrigerado por aire de una planta termosolar en Marruecos, muestra una disminución en la masa total del intercambiador de calor de hasta un 10% a igual rendimiento dinámico y fluido dinámico. Esto puede reducir los costes de inversión para los sistemas de refrigeración utilizados en plantas termosolares. La implementación del procedimiento de fabricación de un intercambiador de calor estructurado con hilos textiles por Fraunhofer ISE y Enxio todavía está en curso.

### Estrategias de gestión para el uso y tratamiento del agua

Las estrategias de gestión para el uso y tratamiento del agua, desarrolladas por Waterleau y Fraunhofer ISE, se basan en un estudio de la literatura y en conversaciones con operadores de plantas termosolares. Los modelos de simulación para el consumo general de agua de la planta termosolar se desarrollaron e implementaron en el *software* de simulación de sistemas ColSim de Fraunhofer ISE.

Se han definido subsistemas modulares de tratamiento de agua como una solución para el tratamiento y gestión del agua en la planta termosolar.

### Proceso de limpieza

El objetivo es reducir el consumo de agua en la limpieza de espejos en un 25%, mejorando el proceso de limpieza de espejos. Para la limpieza de los colectores solares, se han diseñado y construido diferentes prototipos de limpieza, basados en camiones para



Unidad todo terreno de tratamiento de agua de Waterleau. Esta unidad se utiliza para analizar los pasos necesarios en el tratamiento del agua de limpieza de espejos (Foto: Ron Gerards, Waterleau). | *All-rounder water treatment unit from Waterleau. This unit is used to analyse the steps needed for treating the mirror cleaning water (Photo: Ron Gerards, Waterleau).*

The magnetic gearbox has the potential to reduce the required fan drive size, which has a positive impact on the capital cost requirements of CSP plants. It has also the potential to reduce maintenance costs of the mechanical equipment.

### Wire surface heat exchanger

Compared to conventional solutions, the innovative wire surface heat exchanger concept offers a potential saving in material of 10% and a reduction in life cycle environmental impact, resulting in lower investment costs for cooling systems.

For the activities linked to the wire surface heat exchanger, a CFD comparison of the simulated performance of a wire structure heat exchanger with a reference air-cooled condenser of a CSP plant in Morocco shows a decrease in total mass of the heat exchanger of up to 10% at equal thermal and fluid dynamic performance. This can reduce investment costs for cooling systems used in CSP plants. The implementation of the manufacturing procedure of the textile wire structured heat exchanger by Fraunhofer ISE and Enxio is still ongoing.

### Management strategies for water treatment and use

Management strategies for water use and water treatment, developed by Waterleau and Fraunhofer ISE, are based on a literature study and discussions with CSP plant operators. Simulation models for overall CSP plant water consumption have been developed and implemented into the ColSim system simulation software from Fraunhofer ISE.

Modular water treatment sub-systems have been defined as a solution for CSP plant water treatment and management.

### Cleaning process

The aim is to reduce mirror cleaning water consumption by 25% by improving the cleaning process. For solar collector cleaning, different cleaning prototypes have been designed and constructed: truck-based for parabolic troughs and heliostats and a new cleaning robot for Fresnel collector applications. The cleaning equipment was developed and tested by SME partners ECILIMP and Soltigua. Furthermore, prototypes for collector reflectance monitoring have been installed by Fraunhofer ISE and the collection of data from the

colectores cilindro-parabólicos y helióstatos, y un nuevo robot de limpieza para colectores Fresnel. El equipo de limpieza fue desarrollado y probado por los socios pyme ECILIMP y Soltigua. Además, Fraunhofer ISE ha instalado prototipos para la monitorización de la reflectancia del colector y ha comenzado la recopilación de datos de los campos solares, que se utilizan para la medición y mapeo de las tasas de suciedad.

### Plataforma de prueba MinWaterCSP e instalación de prueba a gran escala

Kelvion Thermal Solutions y el socio marroquí IRESEN han puesto en marcha con éxito un equipo de prueba para realizar pruebas de incrustación en el sistema de refrigeración. Actualmente IRESEN está llevando a cabo experimentos con distintas composiciones de agua, representativas de las condiciones típicas de operación.

Además, los socios del proyecto MinWaterCSP Kelvion Thermal Solutions, Enxio y la Universidad de Stellenbosch están construyendo actualmente una novedosa instalación de prueba a gran escala para el sistema de refrigeración híbrido y el desarrollo del ventilador axial en Stellenbosch, Sudáfrica.

### Software de simulación

Fraunhofer ISE ha continuado desarrollando su *software* de simulación de plantas termosolares ColSim, incorporando varias metodologías de modelado mejoradas derivadas del proyecto MinWaterCSP. Los modelos simulan corrientes de agua en toda la planta termosolar lo que permite la cuantificación del consumo de agua, la calidad del agua, los procesos de tratamiento y la energía requerida para el tratamiento. El *software* de simulación ColSim actúa como punto de referencia para el rendimiento del ciclo de vida de las plantas termosolares y la evaluación de la huella hídrica.

### Impactos económicos, ambientales y sociales positivos en la industria termosolar y más allá

El impacto esperado del proyecto MinWaterCSP es reducir los costes de capital y operativos del sistema de refrigeración. La producción neta de energía podría mejorarse al mismo tiempo que se ahorra agua. Como resultado, las ubicaciones con un suministro de agua limitado pueden aspirar a beneficiarse de la tecnología termosolar, reduciendo su dependencia de los combustibles fósiles. Del mismo modo, se puede esperar una reducción en los efectos sobre el medio ambiente durante todo el ciclo de vida de una planta termosolar. Finalmente, el consorcio MinWaterCSP tiene como objetivo hacer la termosolar más atractiva para fines de inversión con el fin de impulsar el crecimiento del negocio de las plantas termosolares, así como crear nuevos puestos de trabajo.

solar fields has started, which is used for measurement and mapping of soiling rates.

### MinWaterCSP test rig and full-scale test facility

A test rig for cooling system fouling tests has been successfully commissioned by Kelvion Thermal Solutions and by Moroccan partner IRESEN. Experiments with water compositions, representing typical operating conditions, are presently being carried out by IRESEN.

In addition, MinWaterCSP project partners Kelvion Thermal Solutions, Enxio and Stellenbosch University are currently building an innovative full-scale test facility for the hybrid cooling system and the CSP cooling fan development in Stellenbosch, South Africa.

### Simulation software

Fraunhofer ISE has continued its development of their ColSim CSP plant simulation software, incorporating various improved modelling methodologies derived from the MinWaterCSP project. The models simulate water streams throughout the CSP plant enabling the quantification of water consumption, water quality, treatment processes and the energy required for treatment. The ColSim simulation software acts as a benchmark for CSP plant life cycle performance and water footprint assessments.

### Positive economic, environmental and societal impacts on the CSP industry and beyond

The expected impact of the MinWaterCSP project is to reduce cooling system capital and operating costs. Net power output could be improved while saving water. As a result, locations with a limited water supply can expect to benefit from CSP technology, reducing dependency on fossil fuels. Similarly, a reduction in environmental effects throughout the entire life cycle of a CSP plant can be expected. Finally, the MinWaterCSP consortium aims to make CSP more attractive for investment purposes to drive growth in the CSP plant business as well as create new jobs.



Plataforma de pruebas de incrustación, Green Energy Park en Marruecos. Foto cortesía de IRESEN / Enxio | Fouling test rig, Green Energy Park, Morocco. Photo courtesy of IRESEN/Enxio