



TECNOLOGÍA HÍBRIDA DE DESALACIÓN AVANZADA SOLAR-GAS BASADA EN COLECTORES SOLARES ESTÁTICOS: EL PROYECTO AQUASOL



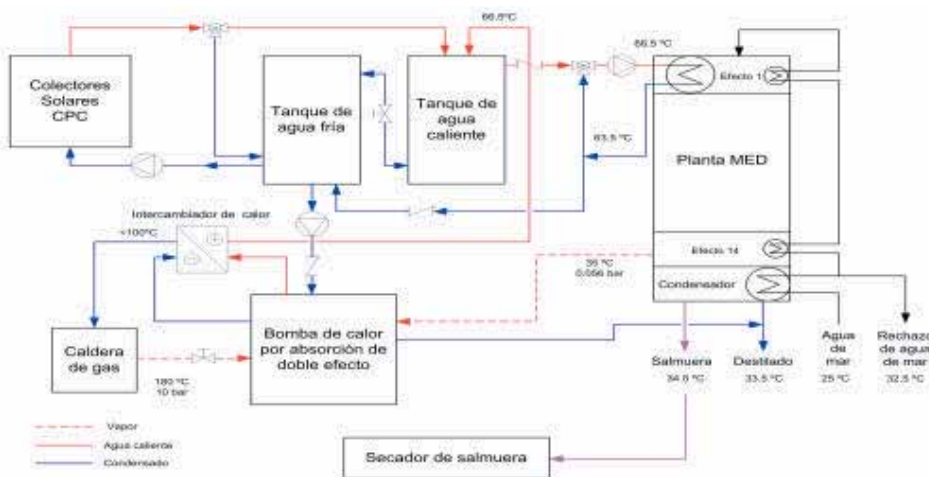
La desalación industrial de agua de mar se plantea como una de las posibles soluciones para paliar el estrés hídrico que sufren muchas regiones del planeta. En el marco mundial actual, con la creciente inestabilidad en los precios del mercado del petróleo y las exigencias medioambientales derivadas del cumplimiento del Protocolo de Kyoto, la sostenibilidad de dicha solución pasa ineludiblemente por una mejora de la eficiencia de los procesos tecnológicos involucrados, así como por el uso de fuentes energéticas renovables, como por ejemplo la energía solar.

Se espera que los desarrollos tecnológicos específicos aquí propuestos (nuevos diseños de colector

CPC, bomba de absorción, hibridación con gas natural y recuperación de la sal) consigan reducir los elevados costes actuales que tiene el proceso de Destilación Multi-Efecto (MED) con energía solar. El resultado esperado sería una tecnología MED mejorada con posibilidades de mercado y potencialmente adecuada para ser implantada en el área mediterránea de nuestro país.

El **Proyecto AQUASOL** ("Enhanced Zero Discharge Seawater Desalination using Hybrid Solar Technology") es un proyecto combinado de investigación y demostración financiado parcialmente por la Comisión Europea y cuyas actividades se iniciaron en marzo de 2002. La duración del proyecto es de cuatro años. En la Tabla se muestran los participantes en el mismo.

ORGANIZACIÓN	PAÍS
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)	España
Instalaciones Inabensa S.A.	España
Caja Rural Intermediterránea CAJAMAR	España
Comunidad de Regantes Las Cuatro Vegas de Almería	España
Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI)	Portugal
AO SOL, Energias Renováveis, Lda.	Portugal
Hellenic Saltworks S.A.	Grecia
National Technical University of Athens	Grecia
WEIR Entropie S.A.	Francia



DETALLES DEL SISTEMA

El diseño final del sistema híbrido de desalación desarrollado está constituido por:

- Una planta de destilación multi-efecto dotada de 14 celdas en disposición vertical, con una producción nominal de destilado de 3 m³/h.
- Un campo de colectores solares estáticos de tipo CPC (Concentrador Parabólico Compuesto) con una superficie total de 500 m².
- Un sistema de almacenamiento térmico basado en agua, constituido por dos tanques de con una capacidad individual de 12 m³.
- Una bomba de calor por absorción (LiBr-H₂O) de doble efecto.
- Una caldera de gas de tipo piro-tubular.
- Un secador solar avanzado para el tratamiento posterior de la salmuera.

Estos subsistemas están interconectados tal y como se muestra en la Figura. El sistema opera con agua como fluido portador de calor, que es calentada a su paso por los colectores solares y transportada al sistema de almacenamiento. El agua caliente almacenada proporciona a la planta MED la energía térmica necesaria para su funcionamiento. Los dispositivos CPC tiene la mejor óptica posible para proporcionar energía térmica en un rango medio de temperaturas (60-90°C), puesto que son los únicos capaces de concentrar la radiación solar sin ayuda de ningún mecanismo de seguimiento. Esto se traduce en unos costes de instalación y man-

tenimiento menores que los que se obtienen con colectores cilindro-parabólicos que necesitan su correspondiente sistema de seguimiento solar y trabajan con aceite térmico. En ausencia de radiación solar suficiente, la caldera de gas alimenta a la bomba de calor por absorción, la cual junto con el vapor de baja temperatura extraído del último efecto de la planta MED aumenta la temperatura de retorno del primer efecto. La incorporación de la bomba de calor de doble efecto permite aumentar la eficiencia energética del proceso de destilación. Para poder alcanzar los niveles de temperatura requeridos por el primer efecto de la planta MED, es necesario alimentar el generador de la bomba de la bomba con vapor saturado a 180°C, temperatura que no es posible obtener con los colectores estáticos, pero sí mediante una caldera de gas. Esta caldera es de tipo piro-tubular, con objeto de que la producción de vapor pueda adaptarse al régimen de carga variable de la bomba de calor. De ahí que se plantee un sistema híbrido solar-gas, cuya razón última es la de reducir los costes globales de amortización de la instalación al permitir una operación continua de 24 horas.

El tratamiento posterior de la salmuera producida para la obtención de sal se realiza utilizando un secadero solar avanzado para incrementar la concentración salina del efluente, que posteriormente es llevado a un proceso de salina convencional. Este tratamiento posterior se espera que mejore el proceso global no sólo desde el


punto de vista medioambiental, sino también del económico, puesto que permite valorizar lo que antes era un residuo como la salmuera. Se espera doblar la razón de producción de una salinera convencional. Se distinguen tres posibles modos de funcionamiento del sistema de desalación en función del origen de la energía suministrada a la unidad de destilación:

- ♦ **Modo sólo-solar:** el aporte energético al primer efecto de la planta de destilación procede exclusivamente de la energía térmica procedente del campo de colectores solares.
- ♦ **Modo sólo-fósil:** la bomba de calor de doble efecto es la encargada de suministrar la totalidad de la energía requerida por la planta de destilación.
- ♦ **Modo híbrido:** el aporte energético procede tanto de la bomba de calor como del campo solar. Se han considerado aquí dos filosofías de operación diferentes: en la primera de ellas la bomba de calor trabaja de manera continua las 24 horas de día con una contribución mínima del 30%, mientras que en la segunda se producen arranques o paradas de la bomba dependiendo de la disponibilidad del recurso solar.

El modo de funcionamiento híbrido tiene por objeto no sólo maximizar la utilización del recurso solar disponible, sino también demostrar las ventajas de la capacidad de carga variable de la bomba de calor frente al uso de la termocompresión en plantas de cogeneración de agua desalada y electricidad.

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA

La tecnología de Destilación Multi Efecto (MED) es aconsejable cuando la salinidad del mar es alta o variable, aspecto que puede dañar las membranas utilizadas en la Ósmosis Inversa. Además, se trata de una tecnología mucho más simple y robusta, con muchos menos costes de mantenimiento y operación, aunque requiera una mayor inversión inicial. Por otra parte, puesto que la destilación utiliza energía térmica, abre la posibilidad de incorporar de manera directa fuentes de energía renovable en el proceso. Las modificaciones tecnológicas desarrolladas en el proyecto Aquasol son tanto el uso de la energía solar como una mejora en el rendimiento energético del proceso de destilación, además de la reutilización posterior de la salmuera generada. Una estimación económica basada en un estudio preliminar de Cajamar apunta a que, en la situación tecnológica actual, la rentabilidad de una instalación de este tipo a escala real comenzaría a partir de unos 10.000 m³ diarios de producción, teniendo en cuenta un funcionamiento híbrido con un 50% de la energía de origen solar. Los beneficios para el medio ambiente vienen dados por la reducción en las emisiones de CO₂. El

uso de energía solar permitiría una reducción anual del orden de 14.000 toneladas de CO₂. Con las cotizaciones actuales de las bolsas de intercambio de derechos de emisión, este volumen se valora en 350.000 euros, lo que supondría un ahorro por metro cúbico de agua desalada de 0,1 euros frente a la tecnología MED convencional. La tecnología propuesta en este proyecto de investigación se considera especialmente interesante para toda la cuenca mediterránea. Se trata una zona densamente poblada, que ejerce un fuerte poder de atracción para el establecimiento de nuevos asentamientos de población, gracias a la intensa actividad económica que se desarrolla en la misma y por disfrutar de unas buenas condiciones de vida. Sin embargo, es una región deficitaria en recursos hídricos, con una oferta escasa por las especiales condiciones de aridez. El elevado número de horas de sol permite maximizar el funcionamiento con energía solar, minimizando el coste de funcionamiento de la planta. Además, la relativa sencillez de la tecnología facilita su utilización sin necesidad de disponer de personal altamente cualificado y reduce los costes de mantenimiento. También resulta interesante para zonas relativamente lejanas de las redes convencionales de suministro de energía. 

Vista de las instalaciones del prototipo de desaladora desarrollado en el proyecto Aquasol, en la Plataforma Solar de Almería.

