

# LABORATORIO DE DESALACIÓN SOLAR DE AGUA



## OBJETIVOS:

Desarrollo y optimización de procesos de desalación y separación térmica de aguas mediante energía solar

## ÁMBITO:

Aguas salobres, agua de mar y aguas de desecho industrial conteniendo compuestos de alto valor añadido

## ÁREA TEMÁTICA:

Energías renovables y ahorro energético

## TIPO DE SERVICIOS:

Investigación, Desarrollo e Innovación

## FUNCIONES:

- Desarrollar procesos térmicos de desalación de gran capacidad con especial énfasis en destilación multiefecto (LT-MED, TVC-MED, ABS-MED)
- Desarrollar procesos térmicos de desalación de pequeña capacidad con especial énfasis en destilación por membranas (MD) y ósmosis directa (FO)
- Desarrollar procesos de cogeneración de electricidad y agua mediante energía solar (CSP+D)
- Desarrollar procesos de separación térmica para concentración de salmueras (ZLD)
- Tratar aguas de desecho industriales para recuperación de compuestos de alto valor añadido
- Realizar el modelado dinámico, optimización y aplicación de estrategias de control avanzado en procesos de desalación solar

## UBICACIÓN:

Plataforma Solar de Almería (PSA). Ctra. de Senés km. 4,5 - 04200 Tabernas (Almería).

[www.psa.es](http://www.psa.es)

## CONSTA DE:

### 2) Laboratorio de investigación en desalación de aguas mediante destilación multiefecto alimentada por energía solar térmica (MED)

Su objetivo es el estudio de los distintos procesos de destilación térmica multiefecto (baja y media temperatura) alimentados por energía solar térmica. Consta de:

- √ *Banco de ensayo de captadores solares estáticos para destilación solar de baja temperatura.* Su objetivo es el estudio del comportamiento de captadores solares estáticos de gran apertura en su acoplamiento con sistemas de destilación térmica para temperaturas de proceso entre 60-90°C.

Está compuesto por 60 captadores, con área total de apertura de 606 m<sup>2</sup> y potencia térmica de 323 kWt en condiciones nominales, repartidos en 4 lazos con 14 captadores en cada lazo (dos filas por lazo conectadas en serie con 7 captadores en serie por fila) y un lazo adicional más pequeño con 4 captadores conectados en paralelo. Cada lazo tiene su propio sistema de llenado/vaciado en 2 depósitos de agua donde dicho fluido caloportador se almacena al finalizar la operación y cuando se alcanzan las condiciones límite de operación (>100°C). Dispone de una torre de refrigeración por aire que permite la disipación completa de la energía térmica procedente del campo solar, de gran utilidad para la realización de ensayos de eficiencia a diferentes niveles de temperatura. Los 5 lazos de captadores se encuentran conectados a un sistema de almacenamiento térmico, mediante un intercambiador de calor, que consta de dos tanques de agua interconectados entre sí con un volumen de almacenamiento total de 40 m<sup>3</sup>.

Su flexibilidad permite la operación de cada lazo de forma independiente y al estar dotados de forma individual de un intercambiador de calor, pueden acoplarse a cualquier sistema de desalación térmica a baja temperatura que quiera ensayarse en la instalación.

- √ *Planta de destilación solar multiefecto (MED).* Planta piloto de destilación constituida por 14 etapas o efectos, en disposición vertical y con alimentación directa (forward-feed) de agua salada en la primera celda. Para una alimentación nominal de agua salada de 8 m<sup>3</sup>/h la producción de agua destilada es de 3 m<sup>3</sup>/h con un consumo térmico de 190 kWt y un factor de rendimiento mayor de 9 (<64 kWh/m<sup>3</sup> de destilado). La concentración salina del destilado se sitúa en torno a 5 ppm. El aporte energético se realiza a través del campo de captadores solares anteriormente descrito.
- √ *Campo de captadores cilindroparábolicos de pequeña apertura para aplicaciones de media temperatura.* Su objetivo es la caracterización y estudio de la viabilidad de un campo de captadores cilindroparábolicos de pequeña apertura para su uso en aplicaciones de destilación térmica de media temperatura (<200°C) de propósito específico o en aplicaciones de poligeneración (electricidad, agua desalada, refrigeración y calor de proceso).

Está compuesto por 8 captadores distribuidos en 4 lazos conectados en paralelo con 2 concentradores en serie en cada uno de los lazos. Puede generar 125 kW de energía térmica y calentar el aceite (fluido caloportador) hasta una temperatura de 220°C.

Este campo se encuentra en la actualidad alimentado energéticamente a una bomba de absorción de doble efecto acoplada a la planta MED (ABS-MED).

- √ *Bomba de calor por absorción (LiBr-H<sub>2</sub>O) de doble efecto.* Se encuentra acoplada al último efecto de la planta MED anteriormente descrita. El vapor saturado de baja presión (35°C, 56 mbar) generado en el último efecto es recuperado por el evaporador de la bomba de calor, energía térmica que de otro modo sería disipada al medio ambiente, reduciendo a la mitad el consumo térmico requerido por el proceso convencional MED de baja temperatura. Para su funcionamiento necesita vapor saturado a 180°C (10 bar) que puede ser suministrado por el campo de captadores solares cilindroparabólicos anteriormente descrito o mediante una caldera de gas propano que garantiza la operación continua de la bomba de calor en periodos de ausencia de la radiación solar.

El vapor se introduce en la torre MED a través de 4 inyectores de vapor simulando el comportamiento de dicha planta en operación lo que permite, además, utilizar este equipo para la evaluación de inyectores de vapor y de prototipo de condensadores.

- √ *Banco de ensayos CSP+D.* Su objetivo es el estudio de la integración entre plantas termosolares de producción eléctrica (CSP) y plantas de destilación térmica para la generación conjunta de electricidad y agua dulce (CSP+D). Está compuesta por dos generadores de vapor (250 kW y 500 kW) alimentados por aceite térmico procedente de un campo de captadores cilindroparabólicos como los empleados en plantas termosolares convencionales. Los generadores pueden producir vapor a diferentes presiones, lo que permite recrear cualquier extracción intermedia típica o de vapor exhausto disponible en una turbina de una central termosolar. Los vapores de alta y baja presión se pueden emplear respectivamente como el vapor motriz y el vapor arrastrado que alimentan a un tren de cuatro eyectores de vapor acoplados a la planta MED, simulando su comportamiento trabajando en termocompresión (TVC-MED). Los eyectores de vapor pueden trabajar en un amplio rango de condiciones de presión para el vapor motriz (40-6 bar; 4-2 bar) y vapor de arrastre (0,074-0,16 bar) lo que permite su uso para la caracterización de estos dispositivos.

### **3) Laboratorio de investigación en desalación de agua mediante membranas**

Su objetivo es la caracterización y optimización de distintos sistemas de destilación solar con tecnologías de membranas. Consta de:

- √ *Plataforma de ensayo para aplicaciones de destilación con membranas.* Está compuesta por dos campos solares de captadores planos (20 m<sup>2</sup> (7 kWt) y 40 m<sup>2</sup> (14 kWt)) conectados con 2 depósitos de agua de 1.500 l que ejercen funciones de regulación térmica y almacenamiento energético. Dichos campos pueden conectarse a varios bancos de ensayo simultáneamente mediante un sistema intermedio de distribución y están completamente instrumentados y monitorizados (temperatura y caudal). Un circuito de agua independiente permite su uso como refrigerador térmico de las unidades de desalación o como suministrador de agua salada simulada, pudiendo trabajar tanto en circuito abierto como cerrado. La instalación opera con módulos de destilación por membranas (comerciales y pre-comerciales).



- √ *Banco de ensayo para la caracterización de procesos de destilación por membranas isobáricos en diferentes configuraciones.* Módulo que permite la destilación solar mediante las configuraciones de direct-contact, air-gap o permeate-gap. El área efectiva de membrana es de 250 cm<sup>2</sup>. Consta de dos circuitos hidráulicos separados: uno para el lado caliente conectado a un tanque de 80 l de capacidad equipado con un calentador eléctrico que permite llegar a 90°C y otro para el lado frío con un enfriador que permite llegar hasta los 20°C.
- √ *Banco de ensayo para caracterización de procesos de destilación por membranas planas.* Permite realizar ensayos básicos y de viabilidad de procesos de destilación por membranas de tipo placa y marco. Se caracteriza por: un formato de celda con distribución de flujo representativa para su extrapolación a módulos de escala industrial, permitir una configuración de canal ajustable a todas las variantes (PGMD, AGMD, DCMD, VMD, VAGMD), una precisión de 0,5°C, una fuerza impulsora controlable basada en diferencia de temperatura, un sistema de control automático y amplia selección de parámetros ajustables mediante panel PLC y un formato A4 práctico para el ensayo de nuevos materiales para membranas y lámina condensadora.
- √ *Banco de ensayo de ósmosis directa (FO) y ósmosis retardada por presión (PRO) con doble etapa.* Consta de dos celdas de tipo placa y marco para ósmosis directa que pueden conectarse en serie o en paralelo, existiendo una bomba para la solución extractiva (draw solution). El circuito se puede modificar para trabajar en modo de ósmosis retardada por presión. Las celdas tienen un área efectiva de membrana de 10 cm<sup>2</sup> y canales hidráulicos en zig-zag de 4 mm de ancho y 2 mm de profundidad. El sistema utiliza 1 contenedor para la solución extractiva y 2 para las soluciones de alimentación de cada celda, pudiéndose controlar los cambios en el caudal de las celdas de ambas soluciones. Los contenedores poseen un sistema de dosificación automático para mantener constantes las salinidades.
- √ *Plataforma de ensayo para el estudio de combinaciones de ósmosis directa y ósmosis inversa.* Posee 3 unidades distintas que pueden acoplarse entre ellas de diferente forma: ósmosis directa, ósmosis inversa y microfiltración.

La unidad de ósmosis directa utiliza membranas de 4" de triacetato de celulosa con 11 hojas de 1,5 m<sup>2</sup> cada una y un flujo nominal es de 3,6 m<sup>3</sup>/h.

La unidad de ósmosis inversa emplea 4 tubos de presión, que pueden ser conectados en serie o paralelo, cada uno de ellos conteniendo 4 membranas. El flujo nominal es de 3 m<sup>3</sup>/h y el sistema de bombeo puede trabajar a diferentes presiones con un máximo de 80 bar. Puede emplear membranas de SWRO, BWRO y NF.

La unidad de microfiltración permite un flujo nominal de 3 m<sup>3</sup>/h.

La instalación está completamente monitorizada con sensores de presión, conductividad y caudalímetros, y su diseño flexible permite la interconexión de las diferentes unidades así la unidad FO puede usarse como pretratamiento de la unidad RO, la unidad NF puede emplearse en combinación con la unidad FO o incluso la unidad FO puede emplearse en modo PRO utilizando el sistema de bombeo de la unidad RO.