

Las técnicas de desalación y sus costes

J. M^a Cámara Zapata*
M^a A. Melián Navarro*

Introducción

La desalación y la reutilización de aguas son dos sectores que pueden contribuir en un futuro cercano a la solución de muchos de los problemas derivados de la escasez de agua de calidad suficiente que se presentan en el mundo.

Aunque el uso del agua de mar para el aprovechamiento humano es, al menos como idea muy antiguo, su aplicación real data de mediados del siglo XX, al producirse un avance en la tecnología.

La desalación de aguas es una técnica no convencional para incrementar las disponibilidades de este bien escaso que consiste en tratar aguas saladas o salobres procedentes del mar o de acuíferos salinos, y quitándoles las sales, transformarlas en aguas aptas para abastecimiento a poblaciones o riegos.

La desalación de agua de mar para superar los problemas de déficit de abastecimiento humano se ha realizado en España desde finales de los años 60. Así, algunas zonas como Ceuta, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria con clara escasez de recursos hídricos optaron por estos tratamientos como los más idóneos, pues otros tales como el transporte de agua en barcos o el incremento artificial de precipitaciones se descartaron por inviables técnica o económicamente.

El proceso de desalación.

Concepto y métodos

Para paliar los déficits hídricos se prevé un claro empuje hacia la utilización de recursos hídricos no convencionales, adaptando y mejorando las tecnologías existentes. La desalación es una técnica muy



Procesos de destilación:

MED
MSF
CV

Procesos por membranas:

OI
ED
(para aguas salobres)

interesante para todas aquellas zonas donde se dan al mismo tiempo una escasez de agua de calidad y una abundancia de agua de mar y/o salobre.

La desalación es el proceso de separación de las sales de una disolución acuosa, con el fin de obtener agua de menor salinidad y por tanto de mayor calidad. No obstante, en el propio ciclo hidrológico del agua se produce el fenómeno de la desalación en el proceso de evaporación del agua, cuantificándose en 502.800 km³ de agua de los océanos y 65.200 km³ de los continentes (MIMAM, 2000).

Aunque los procesos de desalación en sentido estricto se iniciaron a finales del siglo XIX con el aprovechamiento del vapor

de las calderas de los pequeños barcos para su consumo humano, desde tiempos remotos algunos alquimistas desalaban agua de mar almacenada en vasijas de vidrio, utilizando la energía solar, mediante espejos que concentraban la radiación hasta aportar el calor requerido para la evaporación del agua.

Como vemos, los procesos de desalación más antiguos han estado vinculados al fenómeno de la evaporación de aguas de elevado contenido salino mediante la utilización de vapor de proceso o energía solar hasta los años 60, cuando tuvo lugar la aparición de membranas que permitían filtrar el agua y separar las sales.

Son varios los criterios que permiten establecer una clasificación de las diferentes técnicas o procesos de desalación, y uno de ellos consiste en considerar si el proceso implica un cambio de fase en el agua, o por el contrario, éste no se produce. Entre los primeros se encuentra la Destilación Multiefecto (MED), Destilación Flash Multietapa (MSF), y Compresión de Vapor (CV). Entre los segundos, Osmosis Inversa (OI) y Electrodiálisis (ED). A continuación mencionamos los procesos o fundamentos técnicos más habituales de las técnicas de desalación.

*Universidad Miguel Hernández. Escuela Politécnica Superior de Orihuela



Destilación Multiefecto, Multi-Effect-Distillation (MED)

Para comprender su funcionamiento es conveniente conocer cómo opera una planta de destilación con un sólo efecto en la que se emplean dos elementos básicos: evaporador y condensador. En el evaporador, el agua salada recibe energía en forma de calor, procedente de un fluido caliente, o de una caldera con llama alimentada por un combustible. Una parte del agua se evapora y pasa al condensador, por donde circula agua de refrigeración que absorbe calor del vapor, y en consecuencia, éste condensa. El flujo de agua de refrigeración necesario para condensar el vapor es muy superior al consumido para alimentar el evaporador, por lo que una parte del agua caliente que sale del condensador se devuelve al mar, lo que supone una importante pérdida de energía, y el resto se dirige al evaporador. Por otro lado, el empleo de agua a desalar como agua de refrigeración en el condensador supone una disminución del calor consumido por la planta desaladora.

Con el fin de reducir el consumo energético se conectan varios destiladores en serie, formando lo que se conoce como plantas MED. El resultado es una mejora del rendimiento energético a medida que se incrementa el número de efectos o destiladores simples conectados, debido a que se pueden realizar evaporaciones consecutivas a temperaturas decrecientes. Por razones técnicas y económicas, en plantas comerciales no se suelen conectar más de 15 efectos en serie.

En cada etapa la energía térmica requerida por el evaporador es aportada por la condensación del vapor producido en la etapa anterior. La temperatura superior de trabajo en estas plantas es del orden de los 70°C y se diseñan habitualmente con una capacidad de producción unitaria de 15.000 m³ día⁻¹. En la práctica, la fracción de agua destilada suele representar el 40% y la salmuera el 60%. El consumo específico de este tipo de plantas varía entre 150 y 200 kJ kg⁻¹.



Destilación súbita por efecto flash, también llamada destilación flash multietapa o Multi Stage Flash (MSF)

En este tipo de plantas desaladoras, la evaporación del agua del mar a una determinada temperatura tiene lugar mediante una expansión brusca del agua hasta una presión inferior a la presión de saturación correspondiente a la tempera-

tura del agua. Este proceso se denomina flash y al igual que en la desalación por destilación, para mejorar el rendimiento energético se acoplan en serie varias celdas en las que tienen lugar etapas consecutivas del proceso de desalación. Estas plantas se denominan MSF.

Dado que la evaporación de agua del mar en cada etapa no tiene lugar mediante transferencia de calor, sino por flash, el evaporador de las celdas no es necesario y por tanto, éstas sólo están formadas por un condensador. El aporte de energía en forma de calor se produce en el primer efecto al igual que ocurre con las plantas MED. En la práctica, la temperatura de trabajo en la primera etapa de una planta MSF varía entre 115 y 120°C. Estas elevadas temperaturas obligan a realizar un

pretratamiento del agua de mar más complicado y costoso que el necesario en las plantas MED, lo que implica mayores costes de operación y mantenimiento.

En una planta MSF, la cantidad de agua de mar introducida debe ser entre cinco y diez veces mayor que la de agua destilada, lo que implica que la cantidad de agua que hay que bombear para conseguir una misma producción de destilado es mucho mayor en una planta MSF que en una MED. Por otro lado, el consumo específico de las plantas MSF es elevado, superando por término medio 200 kJ kg⁻¹.

Compresión de vapor (CV)

Se distingue entre la compresión térmica y la compresión mecánica de vapor. La primera es un proceso en el que se obtie-

ne agua destilada de un modo similar al de una planta MED, a partir de energía en forma de calor proporcionada por un compresor térmico (termocompresor), que consume una mezcla de vapor de media presión y del vapor generado en la última etapa a presión muy baja. El resultado de esta mezcla es aportado a la primera etapa de la planta, única que consume energía exterior. Lógicamente, los tipos de intercambiadores son idénticos a los de una planta MED y el consumo energético también es muy similar.

En la compresión mecánica de vapor se realiza una destilación con energía mecánica. El vapor se comprime ligeramente, produciendo un sobrecalentamiento de 5°C, aproximadamente. El vapor que alimenta al compresor proviene del agua sa-

- Las posibilidades de la desalación están en aumento
- El ejemplo de Lanzarote y Fuerteventura
- Los costes actuales todavía impiden su uso en el regadío

lada bruta situada en un intercambiador de calor. Después de la compresión, el vapor sobrecalentado condensa en el mismo intercambiador de calor, cediendo calor al agua bruta. Entre todos los procesos de destilación, las instalaciones de este tipo son las que presentan menor consumo específico, variando entre 100 y 150 kJ kg⁻¹. Sin embargo, este tipo de desalación presenta el inconveniente de la inexistencia de compresores volumétricos de vapor de baja presión de tamaño suficiente para una producción considerable.

Osmosis Inversa (OI)

Es un proceso de desalación que no implica cambio de estado y utiliza membranas. La ósmosis es un proceso natural que se da cuando un agua que procede de una solución de menor concentración atraviesa una membrana semipermeable y pasa a otra solución más concentrada, para igualar las concentraciones finales de ambas soluciones, vía la circulación natural de agua. La ósmosis inversa consistirá en la inversión del proceso natural descrito, lo cual puede realizarse aplicando una energía externa en forma de presión. Cuando se supera la presión osmótica de la disolución, circula agua hacia la disolución de menor concentración, obteniendo un agua de una pureza admisible, aunque no comparable a la de los procesos de destilación.

Este es un proceso que se recomienda especialmente para el tratamiento de aguas salobres. El permeado es función de la diferencia de presiones aplicada a la membrana, sus propiedades y la concentración del agua de partida. El bombeo proporciona la presión necesaria para permitir el paso del agua a través de la membrana. El rango de presiones es de 15 a 27 bar pa-



ra agua salobres y de 55 a 70 bar para aguas marinas (Urrutia, 2001).

El consumo energético en una planta de ósmosis inversa varía aunque suele ser inferior a 80 kJ kg⁻¹ y es netamente eléctrico, correspondiente a la energía consumida por los equipos de bombeo.

El agua debe ser pretratada para su desalación por OI y postratada para su adecuación. Con el pretratamiento, el agua se lleva a las condiciones óptimas físicas y químicas que eviten daños a las membranas. Incluye una acidificación del agua para evitar precipitados de sales en las membranas, y la eliminación de la actividad biológica y materiales coloidales que disminuirían el rendimiento de los módulos de OI. Con el postratamiento, el agua producto se estabiliza, se ajusta el pH y se previene el crecimiento de microorganismos.

Electrodialisis (ED)

Es otro sistema de desalación por membranas y sin cambio de fase. La ED utiliza un potencial eléctrico para conducir las sales disueltas selectivamente a través de la membrana. En una solución salina las sales disueltas tienen sus cargas eléctricas neutralizadas. Al hacer circular por ella una corriente eléctrica mediante dos electrodos, los iones cargados positivamente (cationes) se desplazarán hacia el electrodo negativo y los iones cargados negativamente (aniones) migrarán hacia el positivo. Por lo tanto y si de forma alternativa se intercalan pares de membranas que permiten de forma selectiva el paso de aniones y/o cationes respectivamente, se consigue la división del flujo de entrada en dos flujos que contienen dos soluciones, una diluida y la otra de concentrado.

Este proceso también requiere como el

Tabla 1. Cuadro comparativo de los procesos de desalación.

Fuente: Centro de Investigación del Rendimiento de Centrales Eléctricas, CIRCE (2001), IDA (2002 y elaboración propia)

Método	Proceso	Tipo energía	Separación	Tipo agua	Pretratamiento
Destilación Multiefecto MED	Evaporación	Térmica	Agua de sales	Marina	No
Destilación Multietapa MSF	Evaporación	Térmica	Agua de sales	Marina	No
Compresión vapor CV	Evaporación	Mecánica	Agua de sales	Marina	No
Osmosis Inversa OI	Filtración	Mecánica	Agua de sales	Marina-Salobre	Sí
Electrodialisis ED	Filtración	Eléctrica	Sales de agua	Salobre	Sí

Método	Capacidad de producción (m ³ día ⁻¹)	Calidad agua desalada (ppm)	Consumo energético específico (kJ kg ⁻¹)	T (°C) trabajo	Número etapas
MED	Media (< 20.000)	Alta (< 50)	Alto-Medio (150-200)	70	15
MSF	Alta (> 50.000)	Alta (< 50)	Alto (<200)	115-120	40
CV	Baja (< 5.000)	Alta (< 50)	Medio (100-150)	70	3
OI	Alta (> 50.000)	Media (300-500)	Bajo (<80)	-	-
ED	Media (< 30.000)	Media (<300)	Bajo (<30)	-	-



de la ósmosis inversa de un pretratamiento del agua de entrada para no dañar las membranas y alargar su vida útil. También este método está especialmente indicado para aguas salobres. El consumo eléctrico de este tipo de plantas es inferior a 30 kJ kg⁻¹.

Análisis comparativo de las diferentes técnicas de desalación

A continuación efectuamos un estudio comparativo de las diferentes técnicas y procesos empleados en desalación. Cada uno de ellos, en función de sus características propias y diferenciadoras, está más o menos adaptado a cada caso. Para seleccionar cuál es el más adecuado deben tenerse en cuenta varios factores como la salinidad del agua a tratar, la disponibilidad de mano de obra, o el precio de la energía térmica y eléctrica entre otros.

En primer lugar vamos a distinguir los procesos en función de las características físico-químicas, es decir si se produce separación del agua de las sales o de las sales del agua, así como de la energía empleada, térmica, eléctrica o mecánica.

Los procesos de destilación están destinados a aguas marinas, con contenidos elevados en sales, y los de membranas para aguas salobres. Del mismo modo, la calidad del agua producto obtenida por destilación es más elevada, entendida ésta en función de la concentración del agua resultante.

Los costes de la desalación guardan una relación directa con la inversión realizada en la planta, medida en función del coste inicial y el tiempo de amortización, así como con el coste de explotación, en función del consumo energético, sea éste térmico, combustibles fósiles o eléctrico, y de la mano de obra empleada en el proceso. En la **Tabla 1** se observan las características principales de los diferentes procesos.

El consumo energético en los procesos de desalación por destilación es indepen-

diente de la salinidad del agua a tratar. La energía térmica necesaria para obtener 1 kg de agua destilada no es función de la salinidad inicial del agua. Sin embargo en los procesos sin cambio de fase, se consume tanta más energía cuanto mayor es la salinidad del agua de partida. Por lo tanto, para aguas salobres cuya salinidad es muy inferior a la del agua de mar (35.000 ppm), los procesos de membranas, OI y ED, resultan más ventajosos.

Para el cálculo de los costes de una planta desaladora vamos a considerar que la inversión de la misma se amortizará en un plazo de 15 años, con una tasa de interés del 5 %. También ha de establecerse una diferencia entre la desalación de aguas marinas y aguas salobres, pues la instalación necesaria y los costes de operación son inferiores en el segundo caso, además de la existencia de soluciones tecnológicamente diferentes para ambos.

En lo que respecta a la necesidad de pretratar el agua a desalar, los procesos sin cambio de fase sí requieren de un minucioso pretratamiento para alargar la vida útil de las membranas, cuyo coste es elevado, pues representa en torno al 20% del total de la planta.

En cuanto a los costes de inversión, las plantas de destilación precisan una inversión inicial más elevada que las de OI y

ED, necesitan mayor superficie para su instalación y presentan algunos problemas para su ampliación. En cambio, las de membranas son más versátiles.

Por tanto, los costes de obtención de agua desalada dependerán del coste de la inversión inicial, el consumo energético, el mantenimiento de la instalación, el personal y la mano de obra, así como el empleo de otros aditivos o productos en cada uno de los posibles procesos o técnicas.

En la **Tabla 2** se muestran los costes de la desalación de aguas marinas y salobres utilizando desalación, es decir mediante procesos que implican un cambio de fase en el agua, y en la **Tabla 3** para la tecnología mediante membranas o sin cambio de fase. Para estimar el coste energético se considera un precio de la energía de entre 0,04 y 0,05 euros el kWh.

En lo que respecta a las plantas para tratamiento con técnicas de destilación, la energía térmica necesaria para el proceso se obtiene a través de combustibles fósiles, de ahí su elevado coste. El consumo eléctrico es minoritario en estas plantas, y se requiere para los grupos motobombas de circulación de agua.

Tabla 2. Costes de la desalación en procesos de destilación en euros m⁻³. Fuente: CIRCE (2001) y elaboración propia

Concepto	MED	MSF
Energía térmica	0,59 – 0,79	0,79 – 1,18
Energía eléctrica	0,05 – 0,07	0,13 – 0,14
Inversión	0,21 – 0,29	0,29 – 0,44
Mantenimiento y mano obra	0,04 – 0,07	0,05 – 0,07
Productos químicos	0,02 – 0,03	0,02 – 0,04
Total	0,91 – 1,25	1,28 – 1,87

Tabla 3. Costes de la desalación en procesos de membranas en euros m⁻³. Fuente: CIRCE (2001) y elaboración propia

Método	Ósmosis inversa		Electrodialísis
	Salinas	Salobres	Salobres
Energía eléctrica	0,13 – 0,27	0,04 – 0,12	0,06 – 0,12
Inversión	0,21 – 0,38	0,08 – 0,13	0,09 – 0,13
Mantenimiento y mano obra	0,05 – 0,10	0,03 – 0,08	0,03 – 0,07
Aditivos	0,02 – 0,05	0,01 – 0,03	0,01 – 0,02
Reposición membranas	0,01 – 0,04	0,01 – 0,02	0,01
Total	0,42 – 0,84	0,17 – 0,38	0,20 – 0,35

Tabla 4. Costes de la desalación en dólares m⁻³. Fuente: IDA (1999)

Concepto	MED	MSF	CV	OI
Energía (combustible)	0,30	0,40	-	-
Energía (electricidad)	0,11	0,20	0,60	0,25
Mano de obra	0,04	0,04	0,07	0,07
Productos químicos	0,04	0,05	0,04	0,05
Reposición membranas	0,00	0,00	0,00	0,02
Mantenimiento	0,03	0,03	0,002	0,03
Total	0,52	0,72	0,73	0,42

La inversión necesaria en este tipo de plantas ha ido descendiendo con el tiempo por la inclusión de materiales cada vez más resistentes a la corrosión. Los precios por m³ día⁻¹ de capacidad instalada, aunque dependen del tamaño de la planta, oscilan entre los 29 y 44 céntimos de euro por m³ en las tecnologías MSF y los 21-29 en la MED.

Como podemos apreciar a la vista de las Tablas 2 y 3, la técnica MED, tanto en consumo energético como en coste de la inversión base necesaria, es más económica.

La desalación de agua de mar por OI presenta unos costes menores que los de destilación. Las mejoras tecnológicas y los avances en fabricación de membranas han contribuido a la reducción de los costes de inversión. Consideramos la obsolescencia tecnológica más que la imposibilidad de operación de los equipos como el criterio para la amortización de los mismos. Se estima que sobre el total de la inversión, el coste de las membranas y del sistema de pretratamiento asciende al 40 %, el inmovilizado y conducciones el 25 %, los equipos de bombeo y eléctricos otro 25 %, y la instrumentación, control y otros, el 10 % restante (CIRCE, 2001).

La mano de obra tiene un peso importante en estas instalaciones. Si la capacidad instalada en la planta es considerable (>30.000 m³ día⁻¹) se requiere de una plantilla mínima de 20 personas para su gestión y mantenimiento acorde a una producción continuada y sin mermas. En estas plantas se hace necesario contemplar el coste de reposición de membranas que dependerá de las frecuencias de lavado y del mantenimiento y control de operaciones, siendo recomendable realizar una renovación cada siete años.

La desalación de aguas salobres presenta unos costes muy inferiores a los de aguas marinas, pues la calidad del agua de partida es mayor, pero sólo es rentable cuando se emplean procesos de membranas, ya que si se utilizan tecnologías evaporativas, el gasto energético y de in-

versión es idéntico al de desalación de agua de mar. Aunque la tecnología de ED no está tan extendida como la de OI en aguas salobres de baja salinidad, puede competir con ésta.

Según el IDA (1999) los costes energéticos de la desalación expresados en dólares m⁻³ son los que aparecen en la **Tabla 4**.

capacidad de producción actualmente instalada es de 33 millones de m³ día⁻¹ con más de 15.000 plantas desaladoras (IDA, 2003).

La capacidad de producción mundial ha evolucionado de forma exponencial en los últimos 30 años pasando de 1 millón de m³ día⁻¹ en el año 1969, a 9 millones de m³ día⁻¹ en el año 1982, a 18 millones en

Las técnicas de desalación están mejorando con reducción de costes y el incremento de la eficiencia de las plantas desaladoras

Tal y como queda reflejado, el consumo energético de la instalación es el factor más importante del coste operativo, representando el 60 % del coste total para la OI y más del 80 % en los procesos de destilación.

Las cifras de la desalación

El auge de estas técnicas es evidente, como así lo demuestra la evolución del número de plantas de desalación y su capacidad de producción instalada. Concretamente en 1991, el número de plantas en el mundo era de 8.886 con una producción de 15,58 millones de m³ día⁻¹, y pasó a ser a finales de 1993 de 9.900 con una producción de 19 millones de m³ día⁻¹, lo que supuso un incremento del 22% de la producción y del 11% en el número de instalaciones en dos años. La

el 1992 y a los 33 millones citados. Aproximadamente el 60 % de la capacidad total instalada corresponde a plantas que desalan agua de mar.

Con respecto a la distribución por zonas geográficas destaca el liderazgo de Oriente Medio, con Arabia Saudí, Emiratos Árabes y Kuwait, que concentran el 48 % de la capacidad de producción instalada y alrededor de 12,5 millones de m³ día⁻¹, de los cuales 10,1 millones de m³ día⁻¹ son de agua de mar, seguido de América del Norte con el 17 % del total de la capacidad de producción instalada y Europa y Asia con el 13 % cada una.

En cuanto al número de plantas instaladas en los tres países de Oriente Medio es sólo del 22 % del total, lo que pone de manifiesto el gran tamaño y capacidad unitaria de las instalaciones en esta zona



Tabla 5. Evolución histórica de la desalación en España
Fuente: Martínez (2003)

geográfica, mientras que en EEUU es del 21 % con la consiguiente menor dimensión de las mismas.


Por tramos de capacidad, la distribución porcentual de plantas es la siguiente: un 25% corresponde al tramo de 100 a 2.000 m³ día⁻¹, llegando al 56% para plantas menores de 10.000 m³ día⁻¹, mientras que el tramo de 22.000 a 24.000 m³ día⁻¹ es del orden del 12% de la capacidad total. Actualmente las plantas que se construyen se sitúan entre 40.000 y 45.000 m³ día⁻¹.

España es el quinto país del mundo en capacidad total instalada con 1,3 millones de m³ día⁻¹ y el cuarto país, aunque el primero occidental, en desalación de agua de mar, con 0.9 millones de m³ día⁻¹ de capacidad instalada. En nuestro país la primera planta de desalación de agua de mar se instaló en el año en Lanzarote. Nuevas plantas desaladoras se ubicaron en las Islas Canarias en la misma década continuando con un crecimiento regular en las décadas de los 70 y 80, y sobre todo en los 90. **Tabla 5.**

Las dos técnicas más utilizadas en la actualidad corresponden a los procesos de OI y MSF, que aglutinan ambas un porcentaje en torno al 87% de la capacidad total instalada. En lo que se refiere al proceso de OI se dispone de unas 8.800 instalaciones, con una capacidad de 11 millones de m³ día⁻¹ (44%) de los que 2,8 millones de m³ día⁻¹ corresponden a desalación de agua de mar, un 18% aproximadamente del total de agua de mar desalada. El proceso MSF dispone de 1.200 instalaciones, su capacidad instalada es de 10,8 millones de m³ día⁻¹ (43%) de los cuales 10,5 millones corresponden a desalación de agua de mar, lo que supone un 70% del total de agua de mar desalada.

En los últimos diez años, la técnica de OI ha incrementado su capacidad de producción en siete millones de m³ día⁻¹, básicamente en los países occidentales donde el factor coste energético es prioritario para su desarrollo. En el mismo período, las plantas MSF han aumentado en

Año	Planta desaladora
1964	Primera planta MSF en Lanzarote
1970	Las Palmas I. 20.000 m ³ /día. Primer planta dual MSF
1972	Primera planta CV en Lanzarote (350 m ³ /día)
1976	Desaladora de aguas salobres por OI. Fuerteventura
1980	Las Palmas II. 18.000 m ³ /día de MSF
1984	Lanzarote. 500 m ³ /día. Primera planta OI de agua de mar
1986	Lanzarote II. 7.500 m ³ /día. Fibra hueca
1988	Maspalomas I. 20.000 m ³ /día. Primera planta EDR
1990	Las Palmas III. 36.000 m ³ /día. Primera planta OI con membranas de enrollamiento en espiral del mundo. Planta de mayor capacidad del mundo
1996	Decosol. 45.000 m ³ /día. OI de agua de mar con membranas de fibra hueca.
1996-98	Sureste. 25.000 m ³ /día. Primera planta OI de una sola etapa y con 7 membranas por tubo de presión
1999	Bahía de Palma. 45.000 m ³ /día. Primera gran planta con recuperación de energía con turbinas Pelton



ATARFIL líder en el mercado europeo de fabricación de geomembranas termoplásticas presenta su

Sistema de Cubrición Fija

ATARSUN

NUEVO!

El sistema ATARSUN está formado por una malla tejida de elevada resistencia que aloja en su interior un conjunto de cables o cintas para ser soportadas desde el perímetro de la obra. La malla cuenta con un muy alto porcentaje de sombreado, gran capacidad de evacuación de agua de lluvia y permite obtener una gran planeidad, así como una alta estabilidad frente al viento.

Panoles de malla de gran anchura (> 5m)

Sombreado superior al 97% con cualquier ángulo de inclinación




Alta permeabilidad al agua de lluvia

Adaptable a cualquier configuración de la obra en planta y a cualquier tipo de límite perimetral que tenga (paredes, voladizos...)

Gran planeidad y estabilidad frente al viento

Alta resistencia a la radiación UV y al envejecimiento por intemperie

Facilidad de montaje (nueva posibilidad de autormontaje por el viento)

Para Asistencia técnica y Presupuesto económico, consultenos:

ATARFIL S.L. Ctra. de Córdoba Km 429 - Complejo B Rey - 18230 ATARFE - GRANADA

Tel.: 902 439 200 Fax: 958 439 128

www.atarfil.com

comercial@atarfil.com

regadíos

3,3 millones de $\text{m}^3 \text{ día}^{-1}$, y este incremento se localiza en los países de Oriente Medio, lo cual no deja de ser muy lógico pues las disponibilidades energéticas son elevadas en estos países, no siendo decisivo el factor de coste energético para la instalación de estas plantas.

España se sitúa a la cabeza de Europa con una aportación anual al ciclo hidrológico de unos $220 \text{ hm}^3 \text{ día}^{-1}$ procedente de la desalación de agua de mar y salobre, aproximadamente un 30 % del conjunto instalado en Europa (MIMAM, 2000). La distribución por usos de las aguas desaladas marinas y salobres en España aparece en la **Tabla 6**.

Si bien el volumen actual de agua desalada en términos absolutos no es elevado respecto de la cifra total de recursos hídricos, sí es significativo en cuanto a que en algunas zonas de nuestro Estado contribuye con un alto porcentaje a cubrir sus necesidades urbanas. Concretamente en Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria, el agua desalada supone el 97, 90 y 16 % respectivamente de sus consumos urbanos totales. Como es previsible, la distribución del volumen de desalación actual por ámbitos de planificación se centra principalmente en Canarias, Zona del Segura y Zona Sur y Baleares.

Además están en marcha algunas obras que ampliarán a corto plazo las cifras citadas anteriormente, como en la Mancomunidad de Canales de Taibilla (planta con capacidad de $40 \text{ hm}^3 \text{ día}^{-1}$) para abastecer la cuenca del Segura y Júcar, y en El Campo de Cartagena ($20 \text{ hm}^3 \text{ día}^{-1}$), ambas para desalinizar aguas marinas.

La capacidad de desalación en España, así como en proyecto distinguiendo según la procedencia de agua y el uso previsto se detalla en la **tabla 7**.

Las primeras tecnologías que se implantaron fueron las de destilación para las que los consumos energéticos eran muy elevados, de ahí los altos costes del agua



desalada ($1,20 \text{ euros m}^{-3}$). Otras tecnologías más eficientes como la OI, con un consumo menor unido al descenso del coste de la energía, han rebajado el coste del agua desalada hasta cifras inferiores a los $0,60 \text{ euros m}^{-3}$.

Según el MIMAM (2000), en España los costes de las instalaciones de desalación incluyendo los de amortización de la inversión, arrojan unas cifras de $0,60 \text{ euros m}^{-3}$. Estas cantidades, aún siendo todavía elevadas para ser asumidas por el regadío (lo cual evidentemente no es posible ya que la capacidad de pago de los cultivos lo hace inviable), si empiezan a ser asequibles para el abastecimiento urbano cuando otras alternativas no son viables.

Los costes de desalación de agua para OI guardan una relación decreciente en función de la capacidad productiva de la planta, con algunas salvedades. Así pues, la componente fundamental del coste es la relativa a la operación y mantenimiento, y de ésta entre el 50 y el 70% corresponde al consumo energético. No obstante, superados unos ciertos niveles de producción que oscilan entre 20 y $25 \text{ hm}^3 \text{ día}^{-1}$ ($55.000\text{--}68.000 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$) que son factibles desde el punto de vista técnico, las plantas desaladoras presentan ciertos problemas tales como el de la captación, si se realiza mediante pozo, y el de retorno al

mar de las salmueras, pues para evitar impactos ambientales negativos será necesario un mayor coste de los emisarios, en base sobre todo a la longitud, para diluir el vertido. Todo esto hace que habitualmente la dimensión productiva de las plantas oscile en el tramo de los 10.000 a $65.000 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$.

No obstante, a lo anterior habría que añadir que los costes estimados son de producción en planta y por ello se hace necesario sumar los derivados del transporte hasta el área de consumo para obtener los totales, sean estas áreas de consumo las balsas en el caso de regadío, los depósitos industriales en el caso de industrias o los depósitos municipales, en el caso de abastecimiento a poblaciones. Los costes totales serán los que resulten de agregar a los de producción, los de captación de recursos y transporte a zonas de consumo y destino, así como los de evacuación de salmueras. En definitiva, la suma de los costes de producción, mantenimiento y distribución, dependientes de la distancia al mar y de la cota de consumo.

Conclusiones

La disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente es un requisito imprescindible para el desarrollo humano, tanto desde el punto de vista económico, en lo que se refiere a la agricultura, industria y servicios, como de desarrollo demográfico.

Las tecnologías para la recuperación de recursos hídricos no convencionales es-

Tabla 6. Distribución por usos de aguas desaladas marinas y salobres en España. Fuente: MIMAM (2000)

Procedencia	Usos	Caudal ($\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$)
Agua de mar	Urbano	89
	Agrícola	5
Agua salobre	Urbano y turístico	29
	Industrial	40
	Agrícola	58



Tabla 7. Capacidad de desalación en España. Total instalada (año 2000) y en proyecto (periodo 2000-2003).
Fuente: Martínez (2003)

Procedencia	Usos	Instalada (2000)	Proyectos (2000-2003)
Agua de mar	Abastecimiento	148,7 hm ³ año ⁻¹	107,4 hm ³ año ⁻¹
	Agricultura	18,9 hm ³ año ⁻¹	94,5 hm ³ año ⁻¹
	Industria	3,9 hm ³ año ⁻¹	
	Subtotal	171,5 hm³ año⁻¹	201,9 hm³ año⁻¹
Agua salobres	Abastecimiento	75,4 hm ³ año ⁻¹	25 hm ³ año ⁻¹
	Agricultura	78,9 hm ³ año ⁻¹	20 hm ³ año ⁻¹
	Industria	66, hm ³ año ⁻¹	34 hm ³ año ⁻¹
	Subtotal	220,3 hm³ año⁻¹	79 hm³ año⁻¹
Total		391,8 hm³ año⁻¹	280,9 hm³ año⁻¹

tán llamadas a desempeñar un papel cada vez más destacado en el futuro, dada la escasez del agua en el mundo, y los problemas que ello supone. De este modo se obtendría un agua de calidad, necesaria para seguir creciendo e incrementar el desarrollo, a partir de un excedente, agua de mar y/o salobre.

Los procesos más extendidos a nivel mundial son los de OI y el MSF. El proceso MSF está indicado cuando la calidad del agua bruta no es buena, alta salinidad (35.000 ppm), y cuando el consumo energético no es una restricción. En España la tecnología más favorable de las descritas es la OI en base al coste de obtención del agua, a su adaptabilidad, facilidad de aplicación y fiabilidad de la operación. Es un hecho constatado la dependencia que presenta el coste de producción del agua desalada del precio de la energía.

El contenido salino de las aguas salobres es mucho menor que el de las aguas marinas, y los costes de desalación son menores, empleándose de forma extensiva las tecnologías de membranas, tanto de OI como ED. La OI por su mayor versatilidad ha experimentado un mayor desarrollo.

Las técnicas de desalación están mejorando continuamente, con la consiguiente reducción de costes y el incremento de la eficiencia de las plantas desaladoras. Por ello, lo que en el momento actual puede ser inviable, en un futuro próximo podría estar implantado en la industria.

Dada la situación actual del mercado energético, las plantas de OI para la desalación de aguas marinas son la opción más económica frente a las técnicas evaporativas. En las aguas salobres, la elección de OI o ED dependerá de la calidad del agua aportada entre otros factores.

La desalación de agua de mar, como recurso hídrico no convencional, está llevando a desempeñar un papel destacado en

el suministro urbano de agua en las poblaciones costeras, dada la escasez de la misma y a pesar de sus costes, aunque cada vez más competitivos por el desarrollo de las técnicas. En los sectores de ocio, con capacidad de pago más elevada es una alternativa con posibilidades. No obstante para el regadío, el coste de desalación no puede ser asumido salvo en situaciones de extrema escasez y en cultivos de alta rentabilidad.

Bibliografía

- Cámara, J.M., Melián, M.A. (2003). El riego con recursos hídricos no convencionales. En: XXI Congreso Nacional de Riegos. Sinopsis de los trabajos, pp. 81-83 (257). Mérida-Badajoz
- Centro de Investigación del Rendimiento de Centrales Eléctricas (CIRCE). (2001). La desalación como alternativa al Plan Hidrológico Nacional. Gobierno de Aragón. Presidencia.
- Embid, A. (2000). Reutilización y desalación de aguas. Aspectos jurídicos. En: La Reforma de la Ley de Aguas (Ley 46/1999). Seminario de Derecho del Agua. Universidad de Zaragoza, pp. 113-158.
- Fariñas, M. (1999). Osmosis Inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones. McGraw-Hill. Madrid.
- International Desalation Association (IDA). (varios años). Informes Anuales.
- Latorre, M., Cámara, J.M., Melián, M.A., Puerto, H., Rocamora, M.C., Ruiz, A., Ferrández-

Villena, M. (2003). Calidad agronómica del agua desalada por osmosis inversa. En: XXI Congreso Nacional de Riegos. Sinopsis de los trabajos, pp. 91-93 (257). Mérida-Badajoz

Martínez, M.J. (2000). Procedimientos de EAI para proyectos de agua marina o salobre. I Congreso AEDyR. Murcia.

Martínez, D. (2003). Estudio de la viabilidad técnico-económica de la desalación de agua de mar por ósmosis inversa en España. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Murcia.

Medina, J.A. (2000). Desalación de aguas salobres y de mar. Osmosis inversa. Mundi-Prensa. Madrid.

Medina, J.A. (2000). Instalaciones de desalación para la agricultura, su futuro. I Congreso AEDyR. Murcia.

MIMAM. Ministerio de Medio Ambiente. (2000). Libro Blanco del Agua en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Rico, A., Olcina, J., Paños, V., Baños, C. (1998). Depuración, desalación y reutilización de aguas en España. Oikos Tau. Barcelona.

Urrutia, F. (2001). Evolución global de la capacidad instaladora de plantas desaladoras. Noticias de la AEDYR. Asociación Española de Desalación y Reutilización, N° 1, Marzo, pp. 2-5.

Zarza, E. (2002). Desalación. Encuentro medioambiental almeriense: en busca de soluciones. Ponencias marco.

Presentado el proyecto de ayudas para la renovación del parque de tractores

En el seno de la última Conferencia Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural celebrada el pasado 26 de julio y a la que asistieron los consejeros del ramo de las Comunidades Autónomas se acordaron los criterios y la distribución de 16.664.820 euros entre las Comunidades Autónomas, para el cumplimiento de programas agrícolas y ganaderos.

Uno de los temas abordados fue el proyecto de ayudas para la renovación del parque de tractores agrícolas, que en la actualidad se encuentra notablemente envejecido con una edad media superior a los 15 años.

Con objeto de estimular la sustitución de los tractores obsoletos por otros que aporten una mejora en la seguridad del trabajo, mayor eficiencia energética y una reducción en los costes de producción, se acordó establecer una ayuda base de 30 euros por cada CV del tractor antiguo, a la que se aplicaría un complemento por explotación prioritaria, para agricultores jóvenes y por explotación en zona desfavorecida.

Estas cantidades podrían ser complementadas por las Comunidades Autónomas hasta los límites establecidos por la normativa comunitaria.



Elena Espinosa y sus consejeros en un momento de la Conferencia Sectorial

Jornada de Puertas Abiertas en "El Socorro"

Demostración de Maquinaria para tratamientos Fitosanitarios en Viñedo



Pulverizador Balven modelo Radiant 1.500x4

Con la asistencia de numeroso público se celebró en el Centro de Transferencia Tecnológica Vitivinícola "El Socorro", en las cercanías de Colmenar de Oreja (Madrid), una jornada de puertas abiertas bajo el título "Demostración de Maquinaria para Tratamientos Fitosanitarios en Viñedo".

En el Centro "El Socorro", perteneciente a la Comunidad de Madrid, están en marcha una serie de ensayos y experiencias encaminadas a obtener resultados aplicables a la moderna viticultura (conducción de la vid, poda, riego, variedades, tratamientos fitosanitarios, mantenimiento del suelo), con el fin de transferir nuevas técnicas de cultivo entre los viticultores madrileños, que pueden extenderse al resto de la viticultura española.

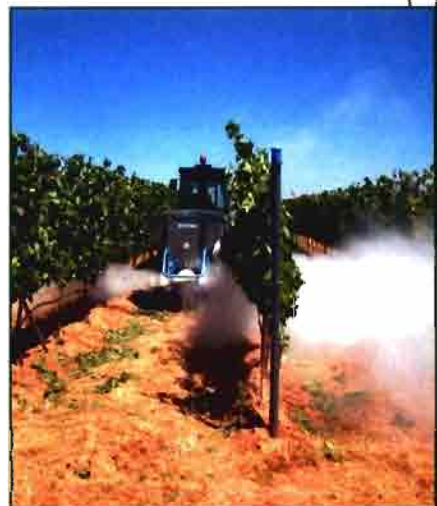
La dirección técnica de los ensayos se realiza en colaboración con la E.T.S.I. Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, un equipo especializado dirigido por el profesor J.R.Lissarrague.

La jornada se inició con una conferencia del Profesor Luis Marquez, de la Universidad Politécnica de Madrid, sobre "Fundamentos de la aplicación de productos fitosanitarios", y otra pronunciada por el Profesor Emilio Gil, de la Universidad Politécnica de Cataluña.

A continuación tuvo lugar la Demostración de Maquinaria de Aplicación de Fitosanitarios, en la que participaron equipos de las firmas Balven, Berthoud, Fede S.L, Hardi, Multyeme S.L. y Tecnomia (esta última no pudo asistir).

La maquinaria de tratamiento era traccionada por tractores de las marcas Deutz-Fahr, New Holland, John Deere y Same.

En la Demostración trabajaron tanto equipos de pulverización o atomización como de espolvoreo.



Espolvoreador Mulleyme DTSA 600



KUHN: Despliegue de novedades en su 175 Aniversario



Algo de historia

Fundada por Joseph Kuhn en 1828, la empresa comenzó su actividad como fabricante de básculas de pesaje industriales, pero fue en 1864 cuando comenzó su actividad en la fabricación de maquinaria agrícola, que se prolongará ininterrumpidamente hasta la II Guerra Mundial. Es en este momento cuando el grupo Bucher Guyer se hace cargo de la empresa y le aporta su expansión internacional que aún no ha tocado techo. Con más de 50.000 agricultores que compran sus máquinas cada año y 430 millones de euros de facturación, el potencial de crecimiento es alto...

Un grupo, una marca

Al ser la marca más conocida a nivel mundial, con unos valores identificadores claros de robustez, confianza, calidad y servicio, desde el año 2000, Kuhn ha pasado de ser una marca "paraguas" a marca única de todos los productos del Grupo.



alcanzar los 800 millones de euros facturados en 2014. ¿Las claves? Reducir costes aumentar la flexibilidad y la apertura a nuevos mercados y compatibilizar productos con otras empresas. Un reto importante si como prevé la filial española eso significa pasar de una cuota de mercado del 5 al 10%.

Nuevos productos para todos los campos

La jornada del 175 aniversario de Kuhn contó con la presentación de los nuevos productos, que abarca una gama amplísima de facetas productivas:

- En lo referente a maquinaria para tratamiento de forrajes se presentaron las segadoras-desbrozadoras MultiLonguer, la trituradora de lindes TB 181, la segadora rotativa GMD 902, segadoras acondicionadoras con distintas anchuras de trabajo (FC 303 GC, FC313 TG, FC 313 F, y FC 883), el rastrillo henificador GF 6601 MH y el rastrillo hilerador GA 6522, GA 8221 y GA 15021.
- Para el tratamiento del suelo se presentaron equipos como la grada de discos Discover XM, las fresadoras EL 62 y EL 142, el arado Varimaster 180-6 NSH y la grada rotativa HR 303 M.

- En siembra aparecen equipos como la sembradora de laboreo mínimo Fastliner 4000, la sembradora neumática Venta LC Achura, la monogranero de precisión Máxima o el equipo combinado sembradora-grada CS 6003 R.
- En equipos ganaderos no faltaron el empajador Primor 5060 y la mezcladora autopropulsada SP 14.

En definitiva, Kuhn enfila su bicentenario no solo no olvidando su historia pasada sino además trabajando fuerte en todos los campos para asegurarse el futuro.



El equipo directivo de KUHN en un momento del acto

po. Y su objetivo final es transformar Kuhn en un negocio global, con clientes que se identifiquen con sus productos en todos sus mercados. Van en buen camino ya que el grupo cuenta con más de 2.400 empleados repartidos en sus seis fábricas (cuatro en Europa y dos en EEUU), su centro logístico de Saverne y su reciente filial española de Daganzo de Arriba (Madrid).

Objetivos

En los próximos diez años vienen enmarcados en el plan CAP10, según el cual se prevé

