

### 3.3. DESALACIÓN. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN.

#### ÍNDICE

3.3 DESALACIÓN.....	2
3.3.1 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EL DISEÑO Y APOYO A AL DIRECCIÓN DE OBRA .....	8
3.3.2 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	16
3.3.3 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN .....	22

## SERVICIO

### 3.3 DESALACIÓN

#### DESCRIPCIÓN

La desalación es un recurso no convencional que permite obtener agua dulce a partir de agua de mar o salobre. Es una fuente inagotable que proporciona agua con garantía de suministro en cantidad y calidad suficiente e independientemente de la climatología, siendo los usos más comunes el abastecimiento, la industria y la agricultura. Su empleo permite la mejora de las masas de agua y el desarrollo sostenible de aquellas zonas donde la escasez de agua es un factor limitante para el desarrollo.

La primera planta desaladora de Europa se construyó en España en el año 1965 y desde entonces se ha generado un fuerte desarrollo en gobernanza, innovación y tecnología en el ámbito de la desalación, lo que ha permitido a este país ser un referente mundial en esta materia, existiendo en la actualidad más de 900 plantas desaladoras en servicio cuya capacidad instalada supera los 4,5 millones de m<sup>3</sup>/día. Actualmente España no sólo es el primer país de Europa y tercero del mundo en capacidad instalada, sino que es pionero en la gestión de este recurso, incorporándolo en la planificación hidrológica, y en la optimización de los procedimientos de explotación de este tipo de instalaciones.



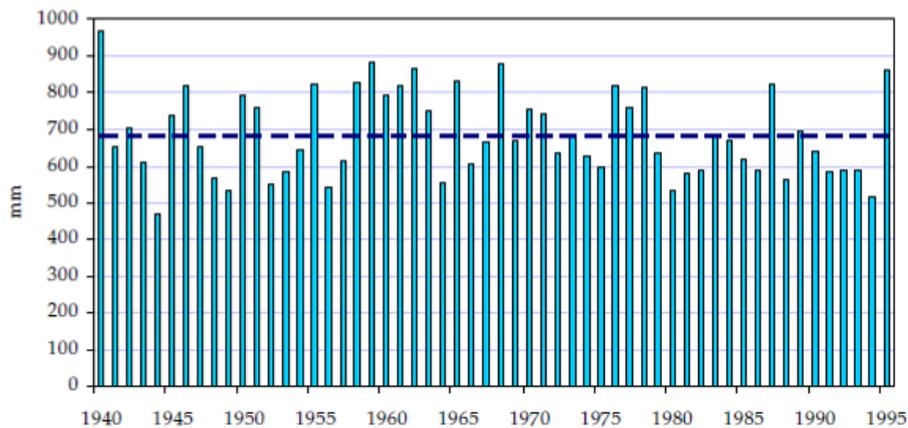
**Ilustración 1: Planta desaladora de 240.000 m<sup>3</sup>/día de capacidad en Torrevieja (Alicante).**

#### GOBERNANZA

España es un país caracterizado por una gran diversidad de ambientes, lo que conlleva muy distintos entornos hidrológicos y, en consecuencia, cuencas hidrográficas en situaciones muy heterogéneas en cuanto disponibilidad de recursos que, además, han de atender demandas muy dispares y en muchos casos claramente desequilibradas e insostenibles. Esta situación de escasez se ve agravada periódicamente por fenómenos recurrentes de sequía, lo que hace que sea necesario extremar la necesidad de adoptar medidas para combatir sus efectos y mitigar sus consecuencias.

España como país europeo mediterráneo presenta un régimen de precipitaciones muy variado, con una media superior a 2000 mm en algunas zonas (Galicia, cordillera Cantábrica, Pirineo Vasco Navarro, Sistema Central y Sierra de Ubrique) e inferior a

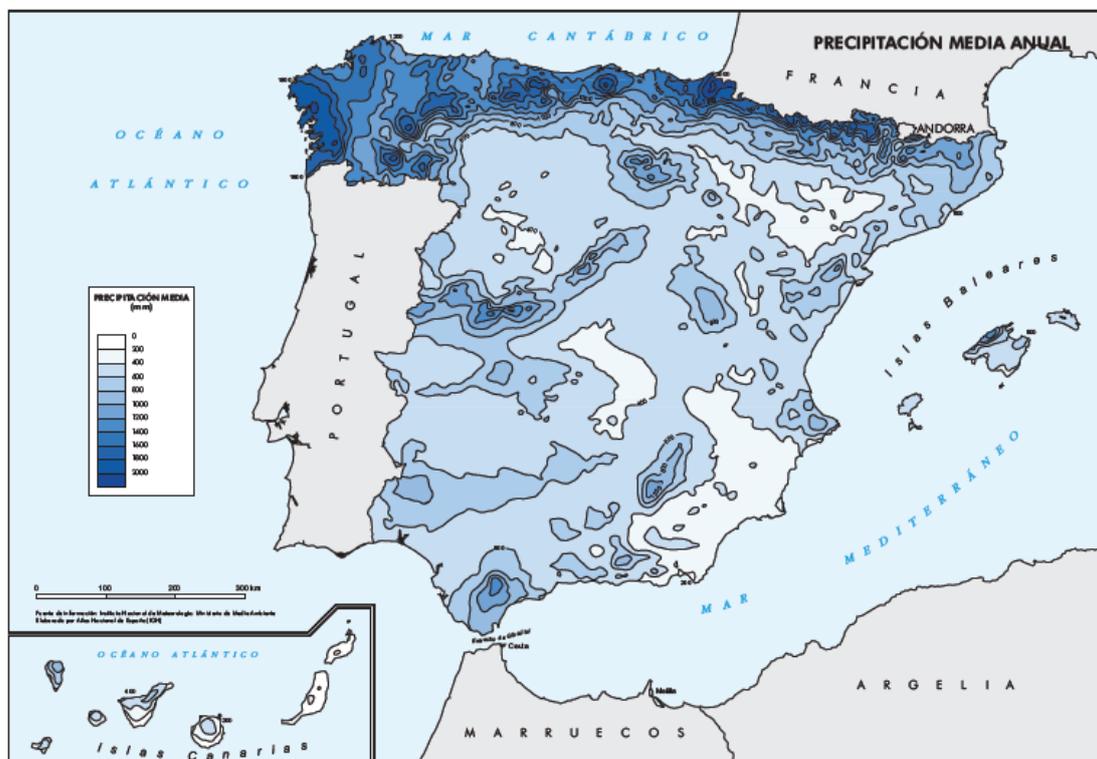
200 mm en otras áreas del sureste (Almería principalmente), siendo una de las más bajas de Europa. Sus ríos cuentan con tres principales vertientes: la atlántica, la mediterránea y la cantábrica.



**Ilustración 2: Precipitación media anual en España.**

El delicado balance hídrico de algunos territorios en el país es ahora más agudo, y los episodios de sequía se suceden, afectando más severamente al litoral mediterráneo que ya de por sí sufre problemas de escasez de agua.

Por otra parte, esta situación se verá agravada por el cambio climático, y será un importante factor a tener en cuenta en la planificación y gestión hidrológica. Los primeros estudios estiman unas disminuciones entre 10 y 20 % de las aportaciones medias de las cuencas españolas, incidiendo más negativamente en las ya de por sí regiones más vulnerables.



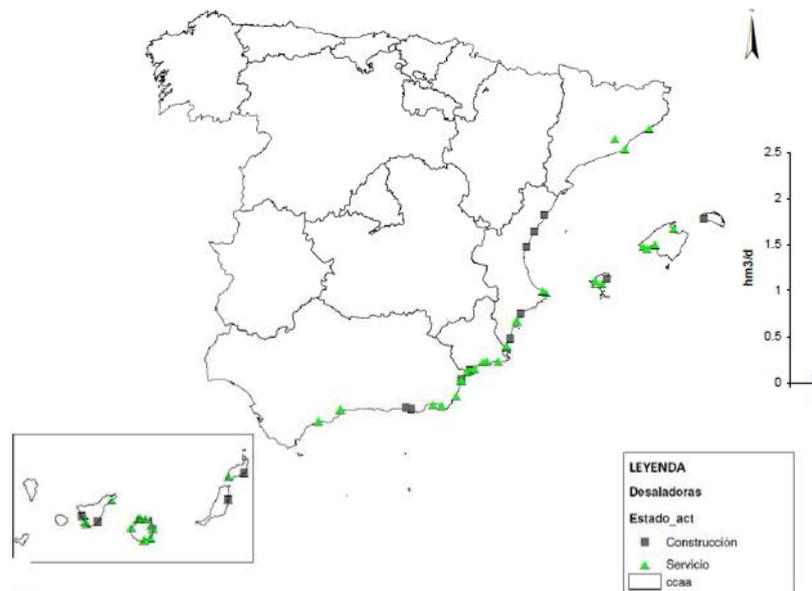
**Ilustración 3: Reparto geográfico de la precipitación media anual en España.**

Los recursos de carácter superficial en España se encuentran ya prácticamente regulados, por lo que no se prevé la construcción de un número significativo de nuevos embalses de regulación.

Los recursos subterráneos existentes en los acuíferos tienen, en muchos casos, unos grados de explotación elevados, produciéndose incluso en algunas cuencas, graves situaciones de insostenibilidad al ser las extracciones muy superiores a los recursos disponibles, por lo que tampoco se prevé un aumento significativo de las capacidades subterráneas.

Es evidente, por tanto, que no se vislumbra en el futuro un incremento significativo de los recursos disponibles por la vía convencional y que, por ello, en los territorios con balances más frágiles, debe jugar un papel significativo la utilización de otras fuentes de recursos, como la aplicación de aguas residuales depuradas y la desalación de aguas salobres o del mar. Este nuevo enfoque, ligado a la concienciación social, la mejora y modernización de instalaciones y conducciones para evitar pérdidas, y una gestión de la demanda más racional, son las técnicas que están siendo actualmente utilizadas para mejorar la gestión del agua.

Además de la reutilización, se está fomentando el uso de la desalación, cuya utilización ha aumentado de manera importante los últimos años en España. Esta técnica está permitiendo obtener recursos hídricos adicionales de manera garantizada para los distintos usos, liberando aguas superficiales y subterráneas principalmente en el litoral mediterráneo, recursos que actualmente se utilizan para cubrir actividades como abastecimiento o la agricultura, los cuales generan importantes presiones hídricas.



**Ilustración 4: Localización de las principales plantas desaladoras en España (arco mediterráneo e islas).**

La integración de las aguas procedentes de desalación en la gestión y planificación hidrológica es un aspecto fundamental ya que al generarse nuevos recursos de manera garantizada, estos permiten liberar otros que se encuentran en una situación de elevada presión hídrica, mejorando el estado de las masas de agua y evitando que ésta sea un factor limitante para el desarrollo.

## ALGUNOS EJEMPLOS DE CASO DE ÉXITO

España es un referente mundial en materia de desalación, no sólo es el primer país de Europa y tercero del mundo en capacidad instalada, sino que es pionero en la gestión de este recurso, incorporándolo en la planificación hidrológica, y en la optimización de los procedimientos de explotación de de este tipo de instalaciones. Todo ello ha sido posible gracias al esfuerzo colectivo realizado tanto por el Gobierno de España, en la promoción e implementación de políticas adecuadas en materia de planificación hidrológica, como por las empresas españolas que diseñan, construyen y operan las plantas desaladoras, así como los distintos centros de investigación y desarrollo que hay en nuestro país.

Todos los desarrollos tecnológicos asociados a la desalación han sido implantados en España gracias al sector de las empresas españolas, las cuales continúan aportando soluciones y abordando propuestas innovadoras que permiten aumentar el rendimiento de las plantas desaladoras en cada una de sus etapas, así como la optimización de la operación y mantenimiento de las mismas. Esta fortaleza de nuestras empresas ha permitido la exportación con éxito de nuestro conocimiento a otros países. Cabe señalar que las empresas españolas producen más de 3 millones de m<sup>3</sup>/día de agua desalada en todo el mundo.



**Ilustración 5: Presencia internacional de las empresas españolas de desalación.**

No es sencillo destacar ejemplos concretos, no obstante, a continuación se indican algunas plantas desaladoras cuyo diseño, construcción y explotación han contribuido al liderazgo de España en el sector de la desalación:



**Desaladora de Carboneras (España)**



**Desaladora de Moncofa (España)**



**Desaladora de Águilas (España)**



**Desaladora de Valdelentisco (España)**



**Desaladora de Qingdao (China)**



**Desaladora de Londres (UK)**



**Desaladora de Perth (Australia)**



**Desaladora de Chennai (India)**



**Desaladora de Fujairah (Emiratos Árabes)**



**Desaladora de Copiapó (Chile)**

### **MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Aguas de las Cuencas Mediterráneas (ACUAMED)	<a href="http://www.acuamed.com">www.acuamed.com</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)	<a href="http://www.aedyr.eu">www.aedyr.eu</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.attagua.com">www.attagua.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.3.1 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EL DISEÑO Y APOYO A LA DIRECCIÓN DE OBRA

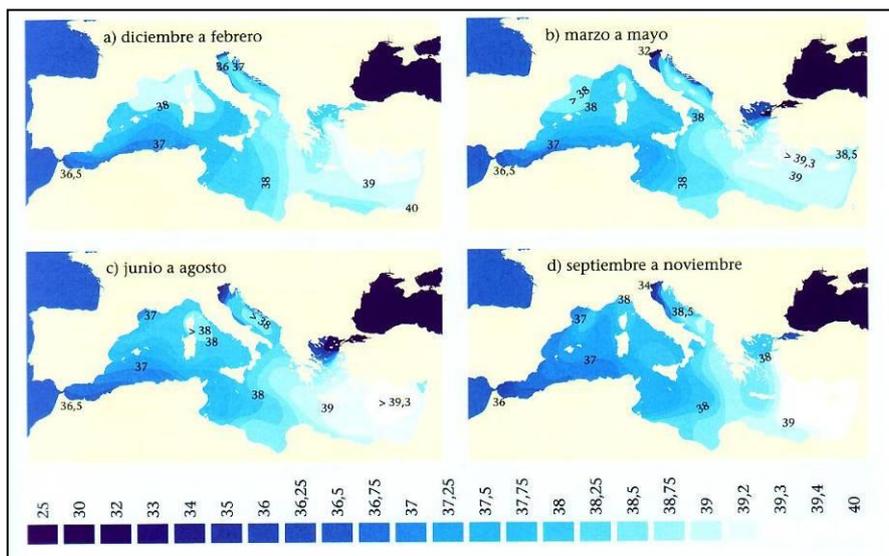
#### DESCRIPCIÓN

En el desarrollo de una planta desaladora intervienen aspectos generales y concretos, es decir, a nivel de planificación y de ingeniería. Si bien, la desalación tiene la ventaja de resolver problemas hídricos desde una perspectiva local, no debe prescindirse de un análisis global o regional que permita enfocar de la forma más adecuada la resolución de estos problemas, siendo España pionera en la integración de recursos no convencionales en la planificación.

En el diseño de una planta desaladora intervienen muchos aspectos, pero antes de proceder a redactar el proyecto es necesario realizar un análisis de necesidades que permitan determinar el dimensionamiento de la planta para un horizonte temporal adecuado.

A la hora de seleccionar el emplazamiento más idóneo hay que tener en cuenta distintos condicionantes como, entre otros: la localización de los centros de consumo (usuarios), la existencia de un suministro eléctrico adecuado, las posibles afecciones ambientales al medio terrestre y marino o los condicionantes geológicos/geotécnicos.

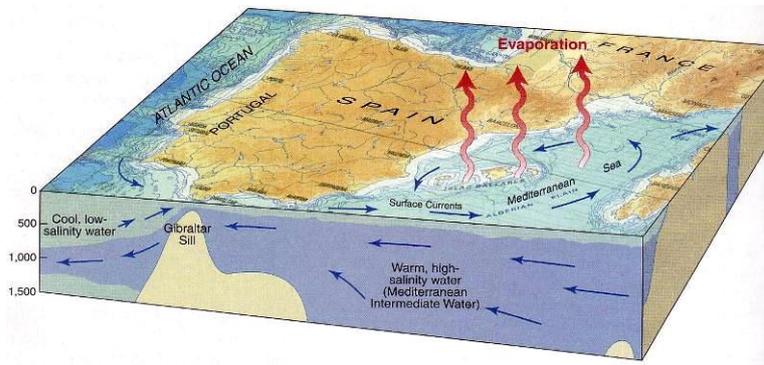
Cabe señalar que los estudios climáticos, marinos y de dinámica litoral son de suma importancia para determinar la toma y calidades del agua bruta y la dilución de la salmuera. Los parámetros que determinan las características del agua bruta y, por tanto, del proceso o línea de tratamiento que hay que diseñar son, a priori: la temperatura, el boro, la salinidad, la turbidez, el índice de atascamiento, la presencia de aceites y grasas, la materia en suspensión, el carbono orgánico total, el CO<sub>2</sub> libre y el pH. Una vez conocidos estos parámetros y los requeridos para el agua producto, se puede diseñar el proceso de la línea de tratamiento.



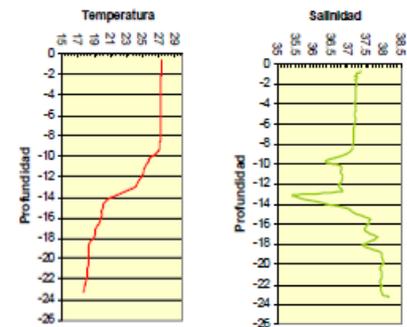
**Ilustración 6: Salinidad media del agua superficial (‰) en la cuenca mediterránea.**

En la toma de agua bruta y en la dilución de la salmuera intervienen los condicionantes existentes de dinámica litoral como: batimetría, las corrientes superficiales y

profundas, las mareas y el oleaje. Asimismo, hay que tener en consideración las afecciones que se puedan producir al medio marino.

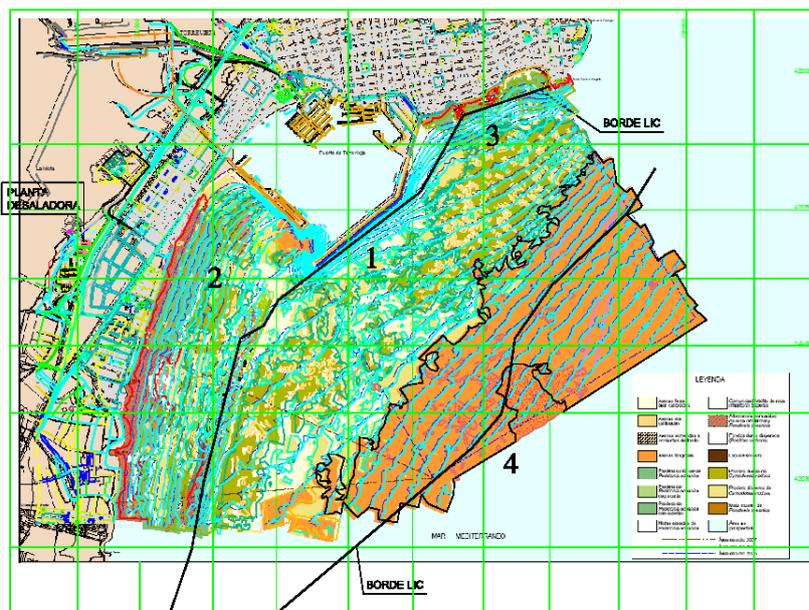


**Ilustración 7: Circulación a gran escala (superficial y profunda) en el Mediterráneo Occidental.**



**Ilustración 8: Ejemplo de variación de la temperatura y la salinidad con la profundidad.**

Desde el punto de vista del suministro eléctrico deben analizarse: la óptima tensión de alimentación, red de transporte y distribución eléctrica en la zona, potencia disponible en la red, calidad del servicio y sistema de tarifas eléctricas.

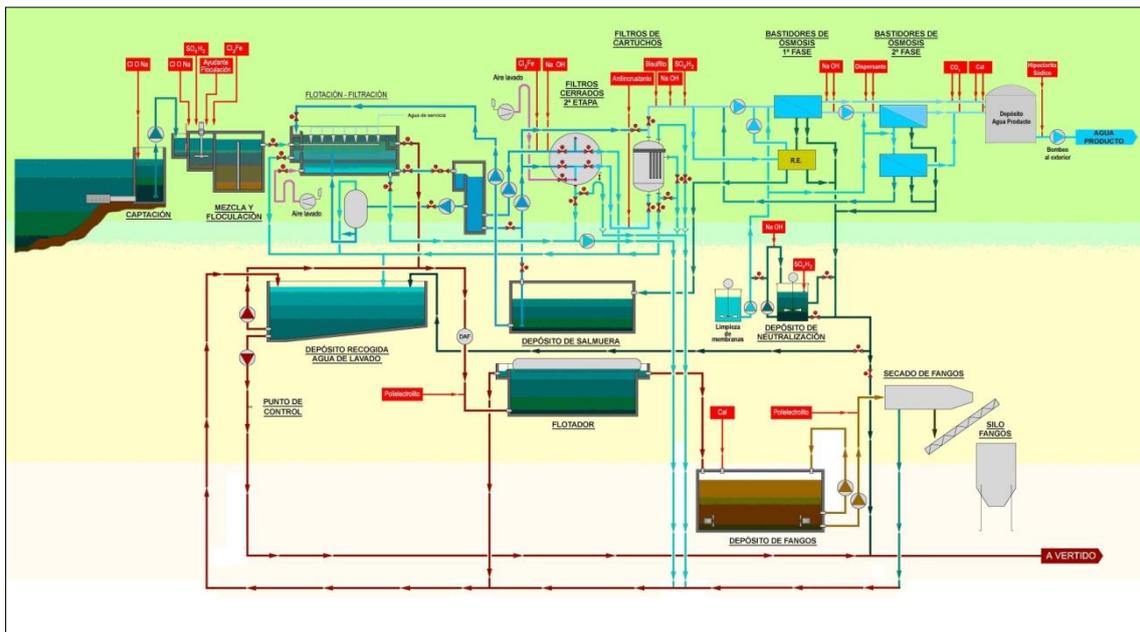


**Ilustración 9: Plano de la Biocenosis. La Zona-1 indica presencia de *Cimodocea* y la Zona-2 de *Posidonia*.**

Con toda la información previa y con los criterios de diseño definidos se estudian las distintas posibles ubicaciones de la planta desaladora, que conlleva tanto la obra de toma y vertido como la distribución y regulación del agua producto. La selección de la alternativa más adecuada se realiza mediante un análisis multicriterio, al menos, en los siguientes aspectos: análisis técnico, ambiental, energético, presupuestario de la fase de construcción y explotación, económico-financiero y del grado de aceptación y vinculación de los usuarios.

## TECNOLOGÍAS

En la actualidad existen diferentes procesos de desalación mediante: destilación, separación por membranas y congelación. No obstante, el proceso que mejor equilibra la calidad del agua producida con los costes de implantación y de explotación es el de separación por membranas mediante ósmosis inversa (R.O.), en el que España es referente mundial y al que han contribuido las empresas españolas del sector que han tenido notables éxitos tanto en el diseño como en la construcción y explotación de este tipo de plantas desaladoras. En este proceso intervienen distintas tecnologías asociadas a cada una de las etapas como: el pretratamiento, el proceso de ósmosis inversa para la desalación, la recuperación de energía por intercambio de presión y el postratamiento.



**Ilustración 10: Esquema de funcionamiento de la planta desaladora de Torrevieja (ósmosis inversa).**

El pretratamiento depende de la calidad del agua de mar captada, pudiendo incluir tres fases: pretratamiento físico-químico, físico y químico. Mediante el pretratamiento físico-químico se retiene una gran parte de los sólidos en suspensión presentes en el agua de mar, reduciendo la capacidad de colmatación del sistema de filtración posterior y por consiguiente el número de lavados necesarios. El pretratamiento físico, en combinación con el químico, sirve para garantizar que el agua de mar reúna las condiciones óptimas antes de su llegada a las membranas de ósmosis inversa, tanto desde el punto de vista de las propiedades físicas como químicas. Este pretratamiento suele realizarse mediante filtros de arena y de carbón activo. Para asegurar un adecuado equipamiento de la instalación ante cualquier eventualidad que pudiera surgir con el agua bruta a tratar se suele instalar un pretratamiento químico que incluye dosificaciones de: ácido sulfúrico para reducir el pH, hipoclorito sódico como desinfectante, coagulantes para coagular los coloides presentes en el agua de mar, coadyuvantes de floculación, dispersantes para evitar el atasco de las membranas y bisulfito sódico para eliminar tanto el cloro libre residual como oxidantes.



**Ilustración 11: Módulo de filtro abierto.**



**Ilustración 12: Filtros cerrados.**

El proceso de ósmosis inversa tiene una conversión del 45%, es decir, que para obtener 45 partes de agua desalada es necesario tomar 100 de agua bruta. Además de la tipología y características de las membranas, es importante destacar los avances existentes actualmente encaminados a reducir el consumo energético en el sistema de alta presión mediante la instalación de sistemas de recuperación de la energía del agua rechazo como los Intercambiadores Cerámicos de Presión. Este tipo de soluciones permiten reducir de forma apreciable el consumo de energía eléctrica frente al uso clásico de la turbina Pelton.

Las membranas deben ser capaces de soportar las presiones diferenciales y sus características (superficie activa, material, etc.) se deben de adecuar al tipo de agua a tratar. El diseño del bastidor de membranas debe garantizar un reparto hidráulico correcto dentro del sistema.



**Ilustración 13: Edificio de ósmosis.**



**Ilustración 14: Bastidor de membranas.**



**Ilustración 15: Intercambiadores de presión.**

Las características del agua obtenida en la planta como producto de las membranas de ósmosis inversa pueden conocerse en la fase de diseño mediante simulaciones informáticas. En función del uso que vaya a tener el agua desalada será necesario proceder a su remineralización. En el caso de agua para abastecimiento normalmente hay que proceder a conferir estabilidad química al agua mediante la adición de CO<sub>2</sub> y

cal. Si el agua producto es para agricultura hay que analizar el tipo de cultivo para determinar el acondicionamiento final del agua.



**Ilustración 16: Remineralización. Silos de cal y saturadores de mezcla.**

Cabe destacar que para el control del proceso de desalación y facilitar las labores de explotación de las instalaciones es importante disponer de equipos de control y automatismo.

La gran mayoría de las plantas desaladoras en España, comparten tecnología, pero algunas de ellas destacan por su innovación en algunos de estos procesos, como:

- Pretratamiento a baja velocidad con sistema de filtros abiertos y filtros presurizados.
- Sistemas de alta presión y recuperadores de energía mediante intercambiadores de presión o cámaras fijas.
- Procesos de ósmosis inversa para desalación, con membranas semipermeables de alto rendimiento, por mejoras en la tecnología de arrollamiento.
- Separación de permeados para, a diferencia de los convencionales, obtener permeado por ambos lados.
- Mejora de la calidad del producto por la eliminación del boro.
- Optimización de los sistemas de captación y vertido mixto (difusores)

## **INFRAESTRUCTURAS**

Las Infraestructuras directamente implicadas en esta actividad son las desaladoras de agua de mar y las desalobradoras, con las correspondientes obras de regulación, transporte y distribución. Una infraestructura tipo consta de:

- Obra de toma y vertido, con sus correspondientes conducciones.
- Edificio de procesos, donde el principal es la ósmosis inversa para la producción de agua dulce.
- Depósitos de regulación y conducciones de distribución del agua desalada hasta los usuarios.
- Obras de suministro eléctrico.

El aspecto más importante a dilucidar en el estudio de un planta desaladora es su emplazamiento y, ligado a él, sus sistema de captación y vertido. Ambos están muy condicionados, no sólo por sus aspectos técnicos y económicos, sino también por sus posibles afecciones medioambientales. En el caso de la obra de toma, para determinar la tipología más adecuada (pozos, toma abierta, etc.) hay que analizar aspectos como: la batimetría, geología/geotecnia, identificación de los focos que puedan alterar la

calidad del agua de mar (emisarios, aliviaderos de pluviales y redes de saneamiento, desembocadura de cauces, etc.), calidad y nivel de protección de los fondos marinos (presencia de praderas de *Posidonia oceanica*) e información sobre el medio tectónico y sobre la presencia de fauna gregaria o proliferación súbita de organismos (medusas, mareas de algas, etc.).



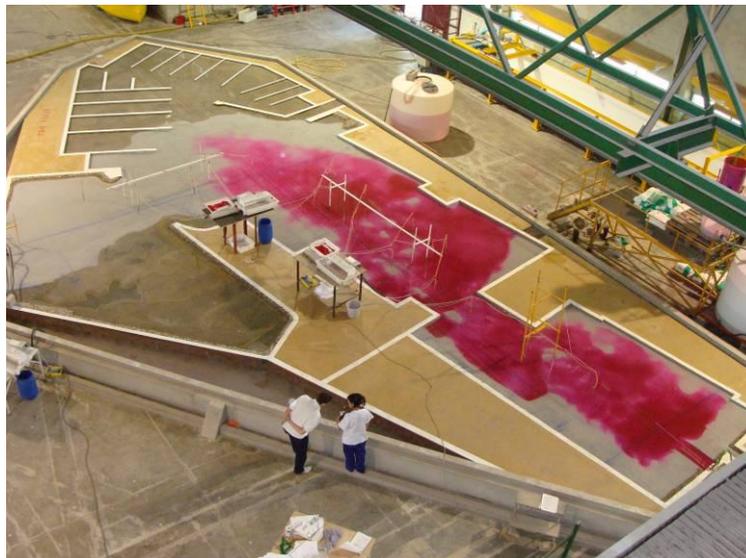
**Ilustración 17: Toma abierta de la desaladora de Carboneras (España).**



**Ilustración 18: Emisario de bocas difusoras de la desaladora del Bajo Almanzora (España).**

Para el vertido es importante analizar la afección y dilución de la salmuera. La dilución de la salmuera en la columna de agua se ve favorecida por la agitación del oleaje y por las corrientes costeras. Existen para ello distintos programas informáticos y también se pueden realizar modelos reducidos.

Asimismo, son igualmente relevantes los procesos constructivos de estas infraestructuras.



**Ilustración 19: Modelo reducido del vertido de la desaladora de Mutxamel (España).**

Los edificios más destacados de una planta son: edificio de bombeo de agua de mar, edificio de ósmosis, sala de control y personal, edificio de servicios eléctricos, transformadores y laboratorio, galería de filtros, edificio de reactivos y edificio de cal.



**Ilustración 20: Edificio de ósmosis de la planta desaladora de Torre Vieja (España).**

Cabe señalar que el diseño de la planta debe realizarse de tal manera que se tenga accesibilidad interior y exterior a los distintos elementos y equipos, a fin de facilitar su inspección, limpieza y mantenimiento. También, las características de los materiales empleados han de ser las adecuadas para un ambiente costero/litoral. Asimismo, es importante dotar a la planta desaladora de medidas de insonorización para que no afecte a su entorno.



**Ilustración 21: Galería de conducciones de una planta desaladora bajo el edificio de ósmosis.**

El diseño de las conducciones de transporte de agua y regulación son semejantes a las de cualquier otra infraestructura y vienen reflejadas en las fichas de “Transporte del agua: canales, conducciones y trasvases” y “Captación y regulación”.

El suministro eléctrico a una planta desaladora es un elemento cuya gestión es compleja, ya que, en gran medida, no depende directamente del promotor de la instalación. Por ello, hay que realizar un diseño adecuado de estas infraestructuras y establecer los centros de transformación necesarios. El diseño de la planta desaladora ha de realizarse de tal forma que el consumo energético sea el menor posible.

De todo lo comentado anteriormente se desprende que es muy importante tener experiencia en la construcción y explotación de plantas desaladoras para poder realizar un buen diseño de las mismas. Esta experiencia, adquirida por las empresas españolas, ha llevado a que siete de las veinte mejores empresas de desalación del mundo sean españolas.

## MÁS INFORMACIÓN:

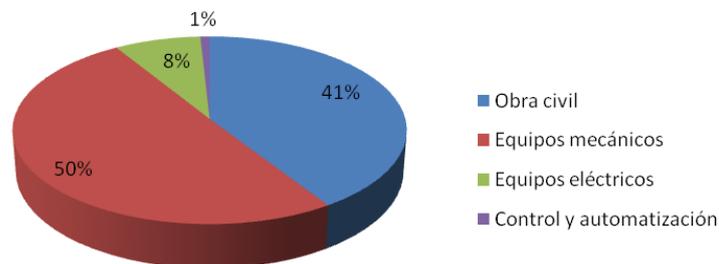
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Aguas de las Cuencas Mediterráneas (ACUAMED)	<a href="http://www.acuamed.com">www.acuamed.com</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)	<a href="http://www.aedyr.eu">www.aedyr.eu</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.attagua.com">www.attagua.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.3.2 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

#### DESCRIPCIÓN

Teniendo en consideración el reparto de la inversión de una planta desaladora, se podría decir que su construcción es una mezcla entre la obra civil y la industrial. La obra civil está básicamente compuesta por: la toma, el vertido, los distintos edificios que conforman la planta desaladora y la distribución del agua producto. La parte más industrial la conforman todos los equipos mecánicos y eléctricos necesarios.



**Ilustración 22: Ejemplo del reparto de la inversión de una planta desaladora.**

#### TECNOLOGÍAS

Las tecnologías empleadas en la construcción de plantas desaladoras son las utilizadas en obras civiles e industriales. No obstante, dada la relevancia y el gran número de equipos que hay que instalar, es importante que los mismos cumplan con los requisitos establecidos en el proyecto y en el pliego, por lo que se hace necesario tener un control de calidad exhaustivo que realice el seguimiento desde el mismo proceso de fabricación hasta la recepción en obra y colocación. Para ello ha de existir conformidad en el diseño, una adecuada fabricación y composición de materiales, y realizar los ensayos indicados en las normas en vigor de España y de la Unión Europea.

En el caso de las membranas es importante no sólo la verificación de la garantía de calidad del fabricante, sino también su mantenimiento desde la recepción en la obra hasta colocación definitiva en los bastidores para evitar su deterioro.

#### INFRAESTRUCTURAS

Las Infraestructuras directamente implicadas en esta actividad son las desaladoras de agua de mar y las desalobradoras, con las correspondientes obras de regulación, transporte y distribución. Una infraestructura tipo consta de:

- Obra de toma y vertido, con sus correspondientes conducciones.
- Edificio de procesos, donde el principal es la ósmosis inversa, para la producción de agua dulce.
- Depósitos de regulación y conducciones de distribución del agua desalada hasta los usuarios.
- Obras de suministro eléctrico.
- Otras

Uno de los trabajos más relevantes es la construcción de la obra de toma y vertido, sobre todo en la zona de transición entre la obra marítima y terrestre. Hay que tener en cuenta que estos trabajos son complejos y como tal debe de reflejarse en el plan de obra y en el programa de trabajos. El oleaje, las corrientes superficiales y profundas, y la climatología pueden afectar de forma importante al plazo de ejecución de estas infraestructuras.



**Ilustración 23: Transporte de las conducciones de toma de la desaladora del Campo de Dalias en Puerto de Almería (España).**



**Ilustración 24: Colocación de las conducciones en posición para fondearlas.**



**Ilustración 25: Colocación de la obra de toma de la desaladora de Carboneras (España).**



**Ilustración 26: Fondo de tramos marino del emisario e inmisario en la desaladora de Águilas.**

La construcción de los edificios de procesos comienza con la adecuación de la parcela y preparación del terreno. Los procesos constructivos son los comúnmente empleados en todo tipo de edificaciones. Cabe señalar la importancia de disponer equipos experimentados en la colocación y soldadura de tuberías ya que es un camino crítico para alcanzar los plazos de obra establecidos.



1-Comienzo de obras con el movimiento de tierras e inicio de la construcción de los edificios



2- Construcción de edificios e instalación de equipos



3-Acabado de edificios y colocación de equipos



4-Finalización de obra

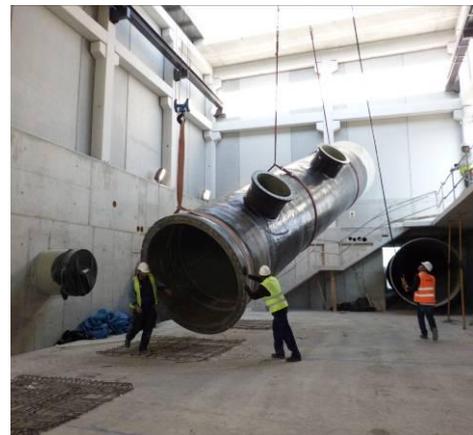
**Ilustración 27: Distintas fases en la construcción de los edificios de la planta desaladora de Torrevieja.**

La ejecución de las conducciones de transporte de agua y regulación es semejante a la de cualquier otra infraestructura y viene reflejada en las fichas correspondientes al transporte de agua y a la captación de aguas.

Además de lo expuesto, durante la ejecución de las obras han de cumplirse con los requisitos comunes a cualquier obra civil, como: plan de aseguramiento de la calidad, programa de seguridad y salud, cumplimiento de los requerimientos de la Declaración de Impacto Ambiental, etc. Es igualmente importante contar con todos los permisos y autorizaciones de todas las administraciones competentes, así como disponer de los seguros apropiados para la construcción de este tipo de instalaciones.



**Ilustración 28: Vista del Edificio de Ósmosis durante su construcción.**



**Ilustración 29: Introducción en el edificio de las tuberías.**

Asimismo, durante la ejecución de las obras han de seguirse los protocolos y medidas establecidas en el Plan de Vigilancia Ambiental del proyecto, cuidando la afección a las praderas oceánicas con las obras de construcción del emisario e inmisario (utilizar barreras antiturbidez como medida correctora, etc.).



**Ilustración 30: Retención de sólidos en suspensión mediante barreras antiturbidez.**

Una vez finalizadas las obras, se procede a comenzar la fase de pruebas de la instalación. Esta fase comprenderá los ajustes finales previos a la puesta en marcha de la planta y puesta en servicio, y ajustes de cada uno de los procesos que compone la instalación. El objetivo final es:

- Verificar que los distintos accesorios y equipos que concurren en cada línea de producción de agua desalada o en sistemas comunes a las líneas están montados y conectados correctamente y funcionan simultáneamente y en modo automático.
- Asegurar la operatividad del conjunto de las líneas de producción, de manera que se comprueben periódicamente los parámetros globales de producción de la planta, tanto en calidad como en cantidad de agua.

Han de establecerse los protocolos de actuación necesarios en caso de fallo. Las pruebas normalmente suelen darse por válidas cuando se ha conseguido el funcionamiento continuado y simultáneo de todos los bastidores de manera automática durante dos semanas.

La amplia experiencia de las empresas españolas en la construcción de plantas desaladoras ha permitido no sólo que los plazos de construcción sean menores, sino que los ajustes de los procesos que se realizan durante la fase de pruebas sean mínimos.

**MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Aguas de las Cuencas Mediterráneas (ACUAMED)	<a href="http://www.acuamed.com">www.acuamed.com</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)	<a href="http://www.aedyr.eu">www.aedyr.eu</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>

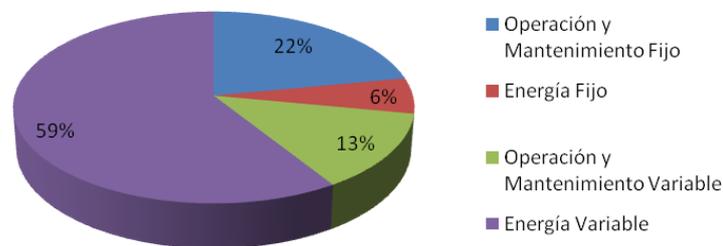
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.attagua.com">www.attagua.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>

## SERVICIO

### 3.3.3 DESALACIÓN: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

#### DESCRIPCIÓN

Las instalaciones de desalación de agua de mar son obras hidráulicas en las que la explotación se caracteriza por la combinación de dos aspectos fundamentales: el tratamiento de aguas, y la operación y mantenimiento de importantes equipos electromecánicos durante su larga vida útil, lo que implica un significativo consumo energético. Hay que tener en cuenta que al fin y al cabo la desalación consiste en prestar un servicio, proporcionar agua desalada, y como tal es un proceso de producción. Por todo ello, son claves las labores de operación y mantenimiento que han de realizarse de forma eficaz para alargar la vida útil de las infraestructuras y equipos.



**Ilustración 31: Distribución de los costes de explotación de una planta desaladora.**

Una de las claves del éxito actual y proyección futura de esta tecnología, ha sido la capacidad de garantizar la producción y la reducción de los costes operativos. Las empresas españolas, líderes mundiales en desalación por ósmosis inversa, contribuyen a este desarrollo gracias a su capacidad e innovación para asegurar la fiabilidad y flexibilidad de las instalaciones diseñadas y construidas y, en este aspecto, juega un papel fundamental la operación y mantenimiento de dichas instalaciones.



**Ilustración 32: Sala de control de una planta desaladora.**

La gestión de la operación y mantenimiento de una planta desaladora introduce aspectos del campo de producción industrial en un sector como el del ciclo integral del agua ofreciendo una continuidad en la producción, cumpliendo la calidad exigida en cada momento y a un coste competitivo con otras tecnologías.



**Ilustración 33: SCADA -Supervisión, Control y Adquisición de Datos- Software para controlar el proceso productivo de una planta desaladora.**

## TECNOLOGÍAS

Poder cumplir con los requisitos de disponibilidad, continuidad, calidad y coste operativo, que ha permitido la madurez y fiabilidad de la tecnología de ósmosis inversa, requiere un continuo esfuerzo e innovación en el ámbito de la operación y mantenimiento de las instalaciones. Los campos de actuación más significativos son:

- **Automatización:** El número de señales y flujo de información a gestionar requiere la utilización de sistemas con arquitecturas complejas, controles distribuidos y sistemas avanzados como son los controles adaptativos predictivos.
- **Mantenimiento avanzado:** El intensivo funcionamiento de maquinaria de altas prestaciones (p.e. bombas de alta presión) en un ambiente altamente agresivo y corrosivo requiere la aplicación de criterios de mantenimiento preventivos y predictivos en soportes totalmente automatizados (GMAO) para poder garantizar la eficiencia a lo largo de la vida útil de la instalación.
- **Captación y pretratamiento:** En la actualidad se ha incrementado el margen de variación de la calidad de agua bruta lo que permite ejecutar captaciones menos restrictivas, gracias a los altos rendimientos obtenidos en la operación de los pretratamientos, manteniendo la garantía de la calidad exigida en la entrada de las membranas de ósmosis inversa.
- **Membranas de ósmosis inversa:** La operación de estos elementos críticos en la producción implica establecer estrategias que maximizan su vida útil, minimizando los lavados químicos, de tal manera que se mantenga su permeabilidad, presión demandada y rechazo de sales. Estos tres factores garantizan la producción y calidad del agua producida optimizando los costes operativos, siendo clave el pretratamiento.
- **Recuperación de energía:** Las tecnologías de recuperación han evolucionado mucho en los últimos años, reduciendo el consumo específico significativamente. En pocos años se han instalado y operado diferentes tecnologías que han ido evolucionando la optimización de la recuperación de la energía de la salmuera de rechazo, pasando por las primeras turbinas Francis, Pelton o las actuales cámaras isobáricas. Los consumos en la etapa de ósmosis han pasado de los casi 8 kWh/m<sup>3</sup> de finales de 1970 a los 2,3 kWh/m<sup>3</sup> actuales.

- Evacuación de salmuera: Las dudas generadas inicialmente acerca del impacto del vertido de salmuera en el medio receptor se han disipado gracias a la aplicación de sistemas de difusión y dilución, y planes de control y seguimiento. Se ha podido demostrar durante la última década que las tecnologías aplicadas en la evacuación de salmuera no sólo no han tenido un impacto negativo en el medioambiente sino se han generado sinergias positivas como el vertido conjunto de salmuera y efluentes de EDARs (Planta Desaladora de El Prat) o la recuperación de espacios degradados (Planta Desaladora de Javea).



**Ilustración 34: Control de fanerógamas marinas en el plan de vigilancia ambiental.**

El liderazgo de las empresas españolas tanto a nivel nacional como internacional en todas estas actividades ha permitido la formación de un equipo de expertos a todos los niveles (gestión, producción, mantenimiento) que hace que dispongamos de una capacidad competitiva y exportadora de conocimiento única en el mercado.

## **INFRAESTRUCTURAS**

La rapidez en la introducción de nuevas tecnologías en el sector de la desalación ha obligado a una continua adaptación de las plantas existentes para continuar ofreciendo la fiabilidad esperada a los menores costes operativos posibles.

La explotación de una planta desaladora ha de basarse en métodos y procedimientos que permitan garantizar la cantidad, calidad y continuidad en el suministro de agua producto según los planes de productividad previstos. Estos procedimientos son: plan de funcionamiento, mantenimiento, gestión de calidad, gestión medioambiental y gestión de seguridad y salud.

Los trabajos de mantenimiento han de ser predictivos, preventivos, correctivos, legal, energético, ambiental y proactivo.

Para garantizar la calidad del agua producida por la planta desaladora, hay que realizar controles, en todas las etapas, que garanticen el cumplimiento de los requerimientos exigidos al agua producto en función del uso.

La reposición de los equipos depende de la producción de la planta y de la operación y mantenimiento que se realice, de ahí la importancia de realizar una buena explotación de la misma, conocimiento adquirido a través de la experiencia por la empresas españolas.

Hay que destacar la importancia de los planes de vigilancia ambiental para garantizar el cumplimiento de los requerimientos ambientales prestando especial atención al control de la salinidad en el medio receptor, control de sedimentos y organismos marinos, vigilancia estructural y seguimiento de dinámica del litoral, y control de la salmuera.



**Ilustración 35: Trabajos de mantenimiento (limpieza de filtros de la toma con aire).**

Asimismo, para mejorar la explotación de las plantas desaladoras es imprescindible realizar trabajos en I+D+i que permitan una mayor eficiencia energética del sistema, aspecto en el que las empresas españolas son un referente a nivel internacional.

**MÁS INFORMACIÓN:**

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	<a href="http://www.magrama.gob.es/es/agua">http://www.magrama.gob.es/es/agua</a>
Aguas de las Cuencas Mediterráneas (ACUAMED)	<a href="http://www.acuamed.com">www.acuamed.com</a>
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	<a href="http://www.aeas.es">www.aeas.es</a>
Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)	<a href="http://www.aedyr.eu">www.aedyr.eu</a>
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	<a href="http://www.asoaga.com">www.asoaga.com</a>
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	<a href="http://www.asagua.es">www.asagua.es</a>
Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua (ATTA)	<a href="http://www.attagua.com">www.attagua.com</a>
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	<a href="http://www.tecniberia.es">www.tecniberia.es</a>