

LA DESALACIÓN DE AGUAS: SU ESTADO ACTUAL

Juan María Sánchez.
Ingeniero Industrial.
Miembro de AEDyR

BREVE INTRODUCCION HISTÓRICA

La desalación del agua es una aspiración del hombre que se remonta a los tiempos Bíblicos, donde se cuenta que Moisés convierte en potable una fuente de agua amarga, para que los Israelitas puedan beber en el desierto. Desde épocas pretéritas los hombres se han preguntado como hacer que el agua de mar fuese potable, sobre todo los marinos que sufrían la contradicción de pasar penalidades por la falta de agua, estando rodeados de ella. Son precisamente los barcos los primeros en utilizar la desalación del agua de mar para obtener agua potable durante las travesías, esto comportaba varias ventajas, por una parte la seguridad de suministro y, por otra, disponer de más espacio para el transporte de personas o mercancías, al no tener que ocuparlo con tanques de almacenamiento de agua. Con la navegación a vapor se incorporaron rudimentarios evaporadores a los navíos. Estos evaporadores no eran más que alambiques puestos en serie. En los años 50 estos evaporadores pasaron a tierra, para poder desalar agua en zonas costeras donde no era posible obtenerla por otros medios. Así dio comienzo la desalación tal y como ahora la entendemos.

Nuestro país se incorporó relativamente pronto a la utilización de la desalación. En el año 1966 se instaló la primera planta desaladora de agua de mar en España, en la Isla de Lanzarote. Esta fue una iniciativa privada de la empresa Termolanza, que tenía la gestión del suministro de energía eléctrica en la Isla y en el año 1968 ya había una empresa española con tecnología de desalación. La administración española vio que la desalación de las aguas de mar podría ser la solución de muchas de las carencias de recursos naturales que tenía nuestro país, por lo que desde comienzo de los años 70 empezó a instalar plantas. Al no disponer de

recursos energéticos propios obligó, tanto a la administración como a las empresas, a investigar en los procesos de desalación, para conseguir reducir los consumos energéticos y mejorar las tecnologías existentes. Todo ello ha tenido como consecuencia que España sea el quinto País del mundo en cuanto a capacidad de agua desalada y a que las empresas españolas del campo de la desalación sean pioneras, habiendo reducido de forma importante los costos de producción.

ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA

Procesos de desalación existen muchos, todos ellos basados en procesos naturales y desarrollados a partir de la observación de la naturaleza.

Por una parte está el proceso de Congelación. Se observó que el hielo de los icebergs es agua pura, ya que al congelarse el agua de mar solo lo hace esta, dejando las sales en el agua circundante. Así se concibió una planta de desalación mediante la congelación del agua de mar. La práctica demostró que no era viable desde el punto de vista económico, por lo que, en el mundo, no han habido más que dos plantas desaladoras con esta tecnología.

También se observó lo que hace el Sol, evapora el agua de mar que posteriormente, cuando se condensa en forma de lluvia o nieve, proporciona agua para los ríos y acuíferos. Así se concibieron los procesos de destilación. Estos procesos lo que hacen es evaporar una cantidad de agua de mar que luego se condensa obteniendo agua destilada, a la que se le añaden las sales que sean necesarias para hacerla apta para el consumo humano. De estos procesos existen muchas variantes, cada una intentando optimizar el consumo energético, los costos de instalación y, por tanto, los costos de producción del agua potable. Estos procesos fueron los que se utilizaron en los barcos y en las primeras plantas en tierra. Los más utilizados son Evaporación instantánea multietapa (M.S.F.), Evaporación multiefecto (M.E.D.) y Compresión mecánica de vapor (C.M.V.).

El fenómeno natural de la Osmosis, era conocido desde hace muchos años, pero la aplicación práctica para desalar agua de mar no fue posible hasta principios la década de los 80 en que apareció la primera membrana capaz de trabajar con esas concentraciones, dando lugar al proceso conocido como Osmosis Inversa (O.I.) ya que lo que se hace es el proceso inverso a la osmosis. A partir de estos años la mejora en las membranas, el mayor conocimiento de los pretratamientos, la aparición de nuevos equipos con mayor rendimiento y capaces de ahorrar energía, nos ha conducido a la situación actual.

En la Tabla-I se da la energía que necesita consumir cada proceso, para obtener un metro cúbico de agua.

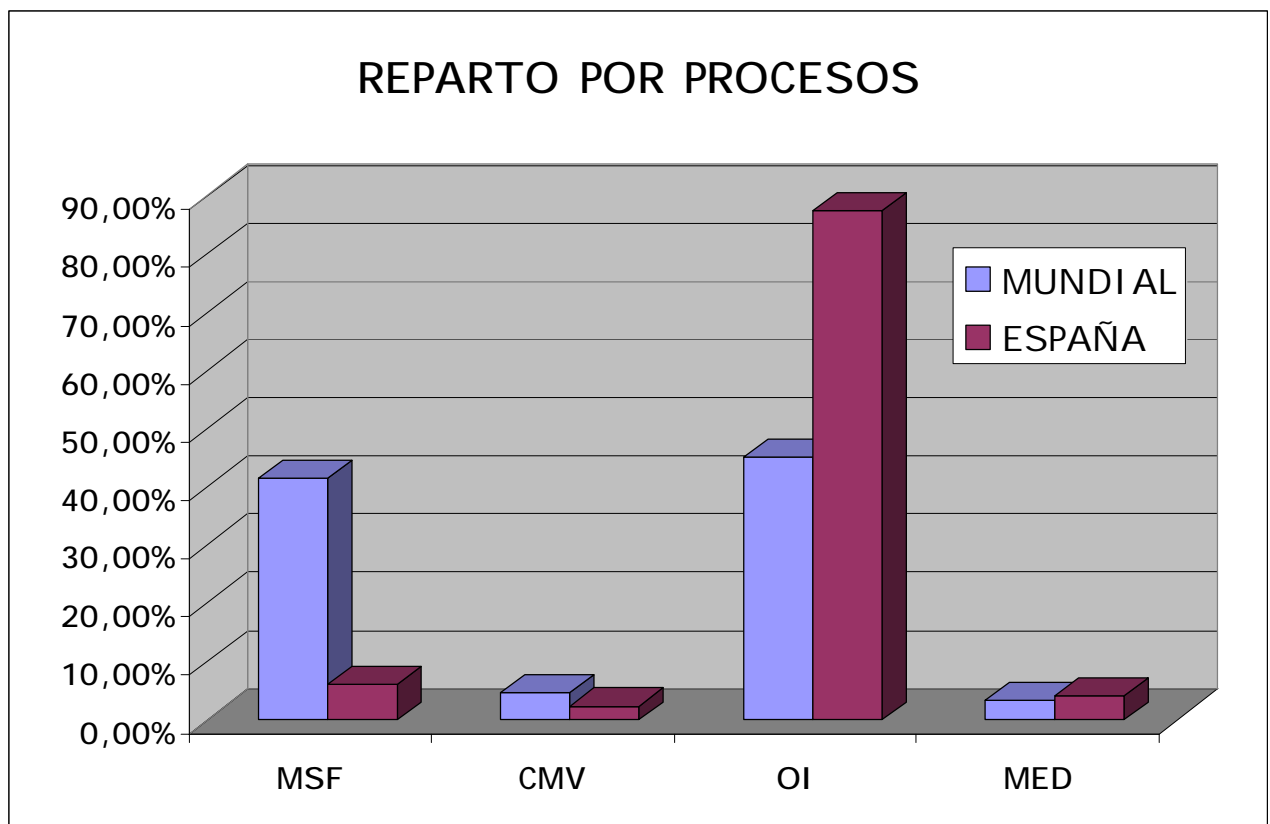
TABLA-I

PROCESO DE DESALACIÓN	TIPO DE PROCESO	ENERGIA NECESARIA	
		Kcal/m ³	Kwh/m ³
Evaporación instantánea multietapa (M.S.F.)	Destilación	55.556	6,25
Evaporación multiefecto (M.E.D.)	Destilación	55.556	1,64
Compresión mecánica de vapor (C.M.V.)	Destilación	*****	8,66
Osmosis Inversa (O.I.)	Membranas	*****	3,5

Fuente: El autor

Como puede observarse en la Tabla, los procesos de destilación M.S.F. y M.E., necesitan dos tipos de energía, una calorífica para calentar el agua de mar y evaporarla y otra eléctrica para mover las bombas involucradas en el proceso. El proceso de Compresión mecánica de vapor, aunque es de destilación, solo requiere energía eléctrica para el accionamiento de las bombas que mueven el agua y el compresor que lleva a cabo el proceso y por último la Osmosis Inversa que solo utiliza

energía eléctrica para mover las bombas que llevan el agua y realizan el proceso de separación. De todos ellos el que consume menos energía es la Osmosis Inversa, con clara ventaja sobre los demás. Por ello es el proceso que más se está utilizando en España y en el que las empresas españolas son pioneras en el mundo. Según los últimos datos de las plantas instaladas en el mundo, clasificadas por procesos, tenemos el gráfico siguiente:



Fuente: "Water desalination Report nº 16"

En el gráfico se observa que la evolución de la desalación en España ha seguido un camino diferente al resto de los Países. El motivo es que los Países que más plantas tienen instaladas son los del Golfo Pérsico, Arabia Saudita, Kuwait, Emiratos Árabes, Bahrein, etc., que disponen de recursos energéticos abundantes. Esto les ha llevado a instalar plantas desaladoras por procesos de destilación, M.S.F. fundamentalmente. No obstante, en la actualidad, ya están instalando plantas desaladoras por Osmosis Inversa. Este cambio es debido a que, tras la Guerra del

Golfo, la situación económica en estos Países ha cambiado y se ha empezado a poner precio al combustible consumido y, por tanto, a los productos como el agua desalada, que hasta ese momento había sido considerada cero. Esto se aprecia comparando datos de hace diez años, donde el tanto por ciento de participación en la capacidad mundial instalada del proceso de Osmosis Inversa era apenas de un 23%, mientras que en la actualidad es del 45%.

COSTOS DEL AGUA DESALADA

La mejora continua en los procesos de desalación, también ha tenido su paralelo sobre los costos de inversión, que lejos de aumentar se han ido reduciendo y optimizando. Esto último debido al esfuerzo competitivo de las empresas fabricantes de equipos y de las empresas constructoras de plantas. De forma que, a lo largo de estos casi cuarenta años de experiencia desaladora en España, se han ido reduciendo los costos de inversión, los consumos energéticos, los gastos de mantenimiento y las necesidades de personal de operación. Todo ello ha tenido como consecuencia una reducción muy importante en el costo del agua desalada, permitiendo que se pase de las 275 Pts. por mil litros de agua desalada que costaba en el año 1975, en pesetas de entonces, a los 0,52 € (86 Pts.) por esos mil litros de ahora. Una estructura típica de costos actuales del metro cúbico es la siguiente:

Ø Amortización de la inversión (capital + intereses):	0,258 €/m ³
Ø Costo de la energía:	0,165 €/m ³
Ø Costo de mano de obra:	0,007 €/m ³
Ø Costo de productos químicos:	0,062 €/m ³
Ø Costo de reposición de membranas y cartuchos:	0,015 €/m ³
Ø Costos de mantenimiento de equipos:	0,005 €/m ³
Ø Costos de administración y varios:	0,004 €/m ³

TOTAL..... 0,516 €/m³



Planta desaladora de Lanzarote-III (20.000 m³/d)
El autor

Estos costos son para una planta de tamaño grande, a partir de los 80.000 m³/día de producción. En una planta pequeña la influencia del factor de escala juega en contra, por ejemplo el costo de la mano de obra es mayor, ya que apenas hay variación del número de operadores con la producción de la planta.

La consecuencia más importante de la reducción de los costos de producción del agua desalada es que, mientras que en los años 70 la desalación solamente era viable en las zonas donde no era posible otra solución, en la actualidad es una fuente de agua más con la que

hay que contar a la hora de hacer una planificación hidrológica, no es una solución a la desesperada, es una solución más a considerar, con las ventajas de no depender de la climatología y de poder instalarse cerca de los centros de consumo. Hablamos lógicamente para las zonas de costa. Los consumos energéticos considerados a lo largo del artículo, así como los costos de producción son para el agua desalada puesta en una cota 100 respecto del mar.

PLAN HIDROLOGICO NACIONAL

El Plan Hidrológico Nacional (PHN) previsto por el nuevo Gobierno de la Nación, contempla la instalación de veintidós plantas desaladoras y desalobradoras a lo largo de la costa levantina, con capacidad de producción total de 621 Hm³/año. Según el documento que recoge las Actuaciones Urgentes en las Cuencas Mediterráneas, el reparto de desaladoras por cuencas es el siguiente:

Ø Cuenca del Sur:	215 Hm ³ /año	6 desaladoras
Ø Cuenca del Segura:	266 Hm ³ /año	10 desaladoras
Ø Cuenca del Jucar:	70 Hm ³ /año	4 desaladoras
Ø Cuencas de Cataluña:	70 Hm ³ /año	2 desaladoras
TOTAL.....	621 Hm³/año	22 desaladoras

Las inversiones estimadas en desalación en dicho PHN es la siguiente por cuencas:

Ø Cuenca del Sur:	296 Millones de €
Ø Cuenca del Segura:	461 Millones de €
Ø Cuenca del Jucar:	159 Millones de €
Ø Cuencas de Cataluña:	201 Millones de €
TOTAL.....	1.117 Millones de €

Estos recursos hídricos aportados por la desalación serán utilizados en la franja costera hasta la cota 100 o 150, que es donde se agrupa la mayor parte de la población y del turismo. En consecuencia estos recursos, que actualmente proceden de fuentes del interior de las Cuencas, serán liberados para su uso en el interior. Además, con los planes de reutilización previstos, el agua residual será depurada y tratada para ser reutilizada de nuevo, logrando que el agua sea usada varias veces, antes de volver al mar a través de los acuíferos.

IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

Mucho se ha hablado en los últimos tiempos tanto en la prensa, como en radio y T.V., de los impactos medioambientales de las plantas desaladoras, en la mayoría de los casos de forma poco documentada y sesgada. Lo primero que hay que decir es que las desaladoras no producen emisiones de gases a la atmósfera, por tanto, las desaladoras no emiten CO₂. El CO₂ achacable a la desalación es el emitido como consecuencia de la producción de la energía eléctrica que precisan para su funcionamiento, es decir, como cualquier industria, domicilio o tren de alta velocidad que consume electricidad. Esto que se presenta como si fuese un mal, es una ventaja ya que todas las mejoras que se lleven a cabo en la reducción de emisiones de CO₂ en la producción de energía eléctrica, son mejoras de las que inmediatamente se aprovecha la desalación, al igual que los demás consumidores de energía eléctrica. En este aspecto, la desalación ya ha realizado esfuerzos, y muy importantes, reduciendo el consumo de energía necesaria en la producción de agua, y se seguirá haciendo, pero ahora corresponde a otros sectores optimizar sus emisiones y sus consumos. Unos datos ayudarán a entender el problema. Según datos del Ministerio de Economía en el año 2002 (últimos datos estadísticos disponibles) el consumo de combustibles fósiles en España fue de 74.267 Ktep, cuyos consumidores fueron:

Ø Producción de electricidad:	17%
Ø Residencial:	13%
Ø Industria:	24%
Ø Transporte:	46%

Fuente: Ministerio de Economía (D.G.P.E.M.)

Según esta estructura los consumidores de energía eléctrica son responsables del 17% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Por otra parte, según datos de UNESA en su Informe Avance para el 2003, el consumo total de energía eléctrica en el año 2003 fue de 228.104 Gwh y el incremento de consumo respecto al

año anterior fue del 6%. Todas las plantas desaladoras previstas en el PHN



Planta desaladora de la Costa del Sol (58.000 m³/d) Cortesía de Decosol

consumirán, cuando estén construidas y operando, aproximadamente 2.173 Gwh/año lo que representa el 0,95% sobre el consumo habido en el año 2003, es decir, las desaladoras serían responsables del 0,16% de las emisiones de CO₂ de España. Parece exagerado estigmatizar a

las desaladoras por sus emisiones de CO₂ cuando con ellas se resolverán las carencias de agua de más de once millones de personas.

Otro aspecto controvertido es el de la descarga de la salmuera procedente del proceso. En primer lugar decir que la salmuera es una consecuencia de la desalación, pues si tomamos agua de mar y le quitamos agua pura, dejaremos las sales en el otro lado. En la Osmosis Inversa de cada 100 m³ de agua de mar que se captan, se producen 50 m³ de agua potable quedando otros 50 m³ de agua con todas las sales, esta es la salmuera que, en este caso, tiene el doble de concentración que el agua de mar. Si el agua de mar normal tiene 39 gramos de sales en cada litro, la salmuera es agua que tiene 78 gramos de esas mismas sales por cada litro. Esta salmuera se envía de nuevo al mar. Hay que tener en cuenta que solo estamos devolviendo las mismas sales en cantidad y calidad que hemos extraído del mar, es decir, a efectos del mar no hemos hecho otra cosa que lo que hace el sol, evaporar/extraer agua pura dejando en el mar la sal. También hacer notar que el sol diariamente evapora muchísima más agua del mar que toda la que podemos extraer

con las desaladoras, eso de que *“vamos a convertir el mar en un mar muerto”*, es absoluta y totalmente falso. El sol, en una superficie marina de 9x9 Kilómetros, evapora 100.000 m³/día de agua. ¿Cuál es entonces el problema con la salmuera?. El problema está en que al tener una concentración doble que la del mar puede afectar a la vida marina en el punto de descarga. Por otra parte, la única vida que puede ser afectada es la flora y fauna bentónica, es decir, la que se encuentra fija en el fondo marino, pues las especies móviles siempre pueden desplazarse si es que la salmuera les molesta. Es el caso de la Poseidonia oceánica de la costa del levante español. Para solucionar estos problemas se han desarrollado varios programas de investigación y se ha llegado a la solución para evitar la afección a estas especies. Las empresas españolas, una vez más, han sido pioneras y están siendo consultadas para ver como estamos resolviendo el problema. La solución lógica pasa por instalar la desaladora y la descarga, en un punto donde no pueda haber afección. Hay suficientes parajes marinos donde la degradación natural o histórica ha eliminado cualquier rastro de vida del fondo marino. Pero en caso de no poder disponer la salmuera en una zona adecuada, se evita la afección con diversas técnicas, como es la de dar energía a la salmuera mediante toberas difusoras, de forma que se facilite su disolución rápida en el mar, logrando que a 100 metros del punto de descarga no haya un incremento sensible de salinidad. Otra técnica que se están utilizando es la dilución previa con agua de mar, antes de ser devuelta al mar. Lo que se puede afirmar es que en la actualidad la disposición de la salmuera ha dejado de ser un problema. Existen diversas soluciones, en función de las características particulares del medio, para no afectar medioambientalmente a la fauna y flora bentónica.

Aquí acaban todos los impactos medioambientales de las desaladoras, pues no emiten olores, ni ruidos molestos, ni impactan visualmente. Si tienen en cambio, un impacto medioambiental positivo que es la solución al suministro de agua de

calidad, pues el agua producida es un agua "a la carta", cumpliendo con los requisitos que el uso posterior le exija.

CONCLUSIONES

La desalación es una tecnología madura, fiable y segura, que nos permite obtener agua del mar a un precio adecuado para la gran mayoría de los usos. Por tanto, es una fuente más que hay que considerar en el suministro de agua de las zonas costeras. No tiene impactos ambientales que no puedan resolverse, están optimizadas en cuanto al consumo energético y es una tecnología que en España llevamos utilizando desde hace casi cuarenta años.

BIBLIOGRAFIA

- Ø Wangnick Consulting, *"Desalting Plants Inventory, Report n° 16"*
- Ø Unesa, *"La Industria eléctrica. Avance estadístico 2003"*
- Ø Ministerio de Medio Ambiente. Secretaria General para el Territorio y la Biodiversidad. *"Actuaciones urgentes propuestas por el Gobierno para las Cuencas Mediterráneas"*
- Ø Ministerio de Economía. Dirección General de Política energética y Minas. *"La energía en España. 2002"*
- Ø Sánchez, Juan M^a. *"El fenómeno de la Osmosis directa en la dispersión de salmuera en un lecho marino"*.III Congreso Nacional de AEDyR. Málaga, noviembre-2002
- Ø Ponencias de la Jornada científica sobre "Plantas desaladoras y vertido al medio marino" organizadas por Aguas de la Cuenca del Segura, La Fundación Instituto Euromediterráneo de Hidrotecnia, AEDyR y Caja Murcia. Celebradas en Murcia, Marzo-2003