

**CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE
DESALACIÓN Y REUTILIZACIÓN**

**CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS PROCESOS DE
DESALACIÓN DEL AGUA DE MAR**

MURCIA
28 y 29 de Noviembre, 2000

Por:
Juan María Sánchez

1.- INTRODUCCIÓN

En la desalación de las aguas, tanto de mar como salobres, la energía consumida es uno de los capítulos que más importancia tienen a la hora de definir el proceso y de diseñarlo, sobre todo en estos tiempos en el que el costo de los productos petrolíferos está incrementándose, sin olvidar las consideraciones medioambientales que lógicamente van en la dirección de disminuir dicho consumo. No obstante, debido a la diversidad de procesos que existen y a que utilizan energías de muy diverso tipo, hace que la comparación entre ellos sea complicada y sujeta a un buen conocimiento de los ciclos térmicos y de producción de la energía eléctrica, como veremos a lo largo de esta exposición.

2.- PROCESOS DE DESALACIÓN

Existen más de diez procedimientos diferentes para desalar el agua de mar. Muchos de ellos son procesos utilizados en los comienzos de la desalación y que en la actualidad están en desuso. Otros son procedimientos que se han demostrado inviables como es el de "Congelación" y finalmente existen unos pocos que son los comercialmente utilizados tanto en el Mercado Internacional como en el Nacional. Basándonos en el último informe mundial del estado de la desalación, en la Figura-1 se han representado los procesos que mayor cuota de participación tienen tanto en España como globalmente en el mundo, medido como capacidad instalada de cada uno de ellos en valores porcentuales.

En dicha figura se puede ver que los procesos más ampliamente utilizados son el MSF, OI, MED y CV. y el consumo energético de estos va a ser el que compararemos a continuación.

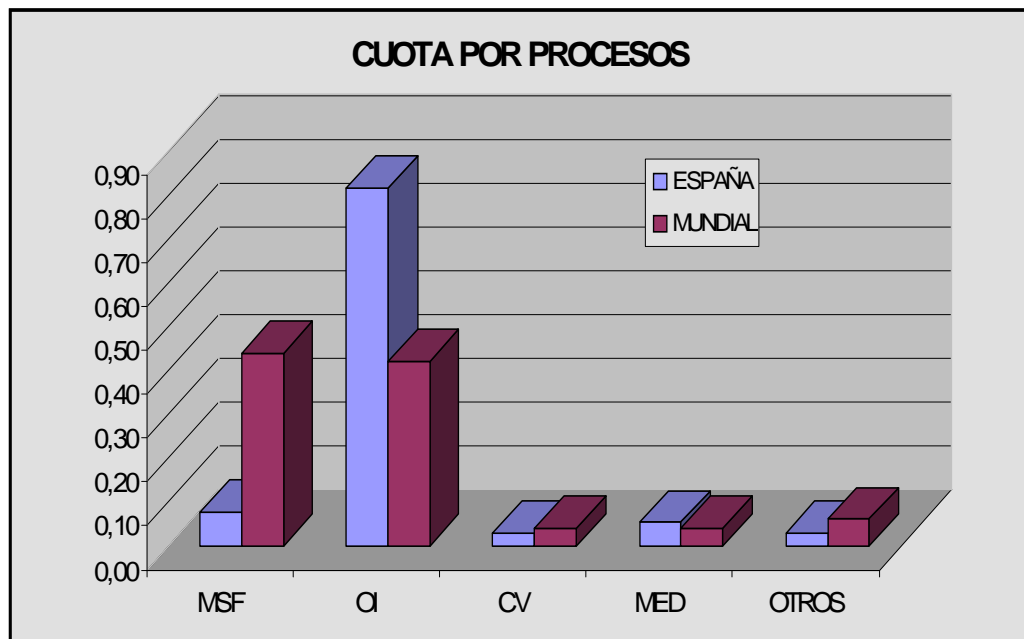


FIGURA-1

Los procesos indicados son los siguientes:

Procesos de destilación:	
✓ Evaporación instantánea multietapa (MSF)	
✓ Evaporación multiefecto	(MED)
✓ Compresión de vapor	(CV)
Proceso de membranas	
✓ Osmosis Inversa	(OI)

Cada uno de estos procesos necesita un tipo diferente de fuente energética y consume una cantidad distinta de cada una de ellas, así por ejemplo el MSF y el MED necesitan una fuente de calor para mantener el ciclo térmico y así obtener el agua desalada. En cambio los procesos de CV y OI consumen energía eléctrica.

En la TABLA-I se muestran los consumos unitarios de cada tipo de energía y para cada proceso.

TABLA-I

		TIPO DE ENERGÍA	
		CALORÍFICA	ELÉCTRICA
		Kcall/m3	Kwh/m3
Evaporación multiefecto	MED	55.556	1,64
Evaporación instantánea multietapa	MSF	55.556	6,25
Osmosis Inversa	OI	*****	3,44
Compresión de vapor	CV	*****	8,68

Para que el costo de la energía calorífica a utilizar sea lo más bajo posible, se utiliza normalmente vapor de escape de una turbina de una Central Térmica, por lo que los procesos de desalación del tipo MSF y MED están siempre asociados a plantas duales de producción de electricidad y agua. Es aquí donde reside la dificultad de calcular y comparar el consumo energético de cada tipo de planta.

Con el fin de establecer un criterio que haga posible dicha comparación, vamos a calcular la cantidad de energía primaria que en forma de energía de combustible es necesario consumir para producir un metro cúbico de agua desalada para cada tipo de proceso. Aunque el criterio es sencillo, se complica mucho al existir procesos que toman vapor residual de una Central Térmica, como son los casos ya mencionados de la Evaporación instantánea multietapa (MSF) y del la Evaporación multiefecto (MED), ya que dependerá del Ciclo Térmico de la Central para que el calor utilizado, suponga un equivalente distinto en energía de combustible primario, como veremos a continuación.

A la vista de la TABLA-I, si hay que instalar un proceso que utilice energía calorífica, se instalará el proceso de Multiefecto (MED) con preferencia al de Evaporación instantánea multietapa (MSF), ya que ambos consumen la misma cantidad de calor por metro cúbico producido, pero en cambio el proceso de MED consume menos energía eléctrica que el de MSF. En consecuencia en nuestro estudio solamente se considerarán los procesos siguientes:

- ✓ Evaporación Multiefecto (MED)
- ✓ Compresión de Vapor (CV)
- ✓ Osmosis Inversa (OI)

A efecto de poder realizar los cálculos de consumo vamos a suponer en todos los casos que la producción de agua será de 50.000 m³/día. De acuerdo con esto los consumos eléctricos de cada proceso quedan reflejados en los cuadros siguientes.

TABLA II.- PLANTA DE EVAPORACIÓN POR MULTIEFECTO

DENOMINACIÓN	N° UNIDADES		POTENCIA UNIT (KW)		POTENC TOTAL (KW)	
	TOTAL	OPERAC.	INSTALADA	CONSUMID	INSTALADA	ABSORBID
BOMBAS DE AGUA DE MAR	4	3	600,00	561,00	2400	1.683,00
BOMBEO INTERMEDIO-1	4	3	100,00	82,63	400	247,89
BOMBEO INTERMEDIO-2	4	3	90,00	70,54	360	211,62
BOMBEO INTERMEDIO-3	4	3	70,00	59,46	280	178,38
BOMBEO INTERMEDIO-4	4	3	60,00	48,81	240	146,43
BOMBAS PURGA SALMUERA	4	3	270,00	256,41	1080	769,23
BOMBAS DE PRODUCTO	4	3	70,00	57,19	280	171,57
BOMBAS PRODUC. QUÍMICOS	8	6	0,37	0,03	2,96	0,18
TOTAL			1.260,37	1.136,07	5.042,96	3.408,30

CONSUMO ESPECIFICO (Kwh/m3)	1,64
------------------------------------	-------------

TABLA III.- PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

DENOMINACIÓN	N° UNIDADES		POTENCIA UNIT (KW)		POTENC TOTAL (KW)	
	TOTAL	OPERA	INSTALADA	CONSUMID	INSTALADA	ABSORBID
BOMBAS DE AGUA DE MAR	7	6	120,00	104,33	840	625,98
BOMBAS DOSIFI DESINFECTANTE	4	3	0,37	0,06	1,48	0,17
BOMBAS DOSIF ÁCIDO	4	3	0,37	0,05	1,48	0,14
BOMBAS DOSIF COAGULANTE	4	3	0,37	0,06	1,48	0,17
BOMBAS DOSIF BISULFITO	4	3	0,37	0,06	1,48	0,17
BOMBAS DOSIF DISPERSANTE	4	3	0,37	0,06	1,48	0,17
BOMBAS DE ALTA PRESIÓN	7	6	1.300,00	1.089,78	9100	6.538,70
TOTAL			1.421,85	1.194,38	9.947,40	7.165,49

CONSUMO ESPECÍFICO (Kwh/m3)	3,44
------------------------------------	-------------

TABLA IV.- PLANTA DE COMPRESION DE VAPOR

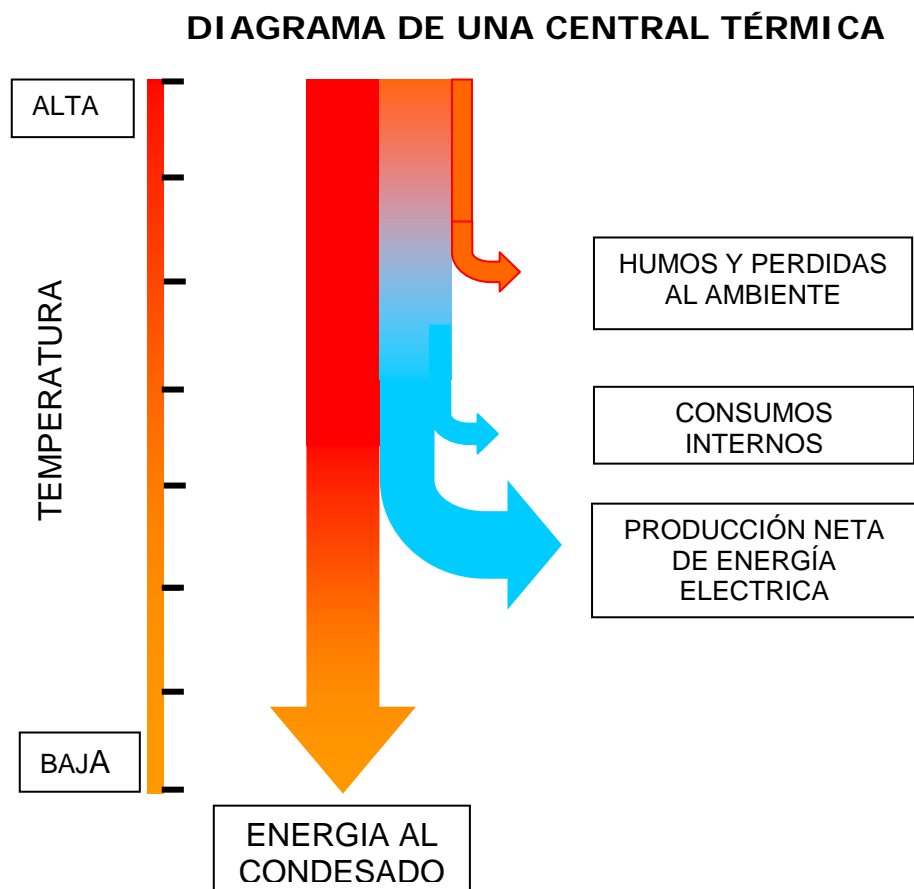
DENOMINACIÓN	N° UNIDADES		POTENCIA UNIT (KW)		POTENC TOTAL (KW)	
	TOTAL	OPERAC.	INSTALADA	CONSUMID	INSTALADA	ABSORBID
BOMBAS DE AGUA DE MAR	16	14	40,00	36,11	640	505,54
COMPRESOR	16	14	1.350,00	1.167,07	21600	16.338,98
BOMBAS DE PRODUCTO	16	14	20,00	14,77	320	206,78
BOMBAS DE RECIRCULACIÓN	16	14	60,00	48,81	960	683,34
BOMBAS DE PURGA	16	14	30,00	24,16	480	338,24
BOMBAS DOSIF DISPERSANTE	16	14	0,37	0,06	5,92	0,84
TOTAL			1.500,37	1.290,98	24.005,9	18.073,7

CONSUMO ESPECIFICO (Kwh/m3)	8,68
------------------------------------	-------------

El consumo de calor se ha calculado considerando el rendimiento más alto que en la actualidad puede alcanzarse comercialmente en plantas de este tipo.

3.- CICLOS TÉRMICOS DE PRODUCCIÓN

Sea cual sea el tipo de ciclo Térmico utilizado en una Central de producción de energía eléctrica, siempre existirá un “Foco caliente”

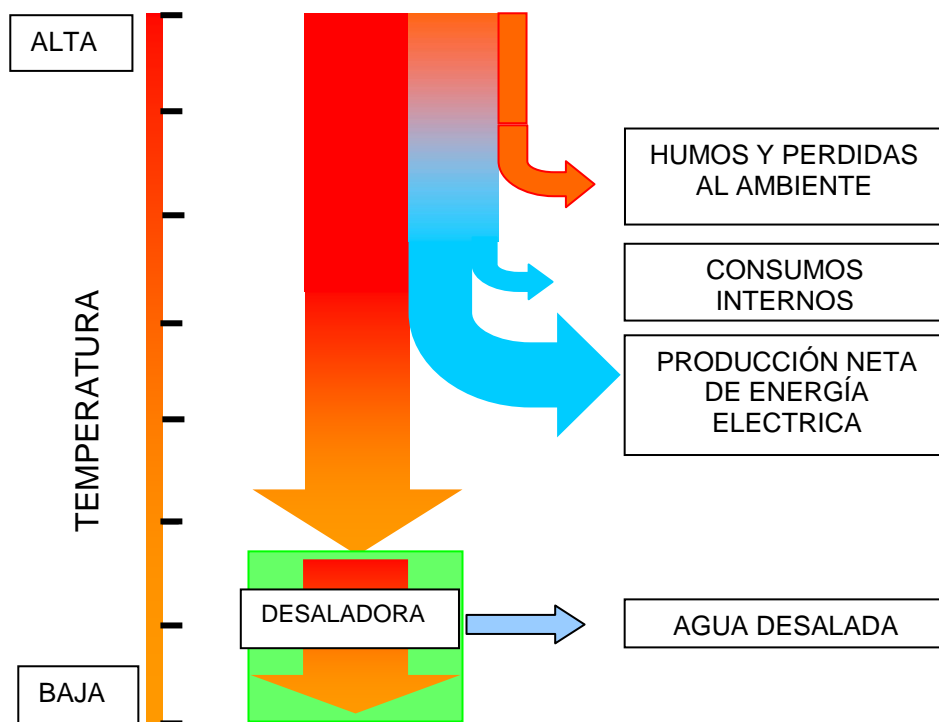


que es donde se quema el combustible primario y es el punto de mayor temperatura del ciclo y un “Foco frío” que es donde se envía el

calor residual y es el punto de menor temperatura del ciclo. El paso de una cantidad de energía entre ambos niveles de temperatura (desde el Foco caliente al Foco frío) es lo que permite que una parte de esa cantidad de energía aportada como energía primaria, se transforme en energía eléctrica en las bornas del alternador.

Si con el objeto de hacer una planta dual de producción de energía eléctrica y agua intentamos aprovechar el calor residual que

DIAGRAMA DE UNA PLANTA DUAL



se pierde en el condensador de la Central, es necesario elevar la temperatura del "Foco frío" del ciclo térmico de producción de electricidad para poder incrustar otro ciclo térmico que es el de producción de agua, ya que el "Foco frío" del ciclo termodinámico de producción del agua es el mismo que el que tiene el ciclo

termodinámico de la Central eléctrica, pues no hay otro más frío, ya que si hubiese también lo utilizaría.

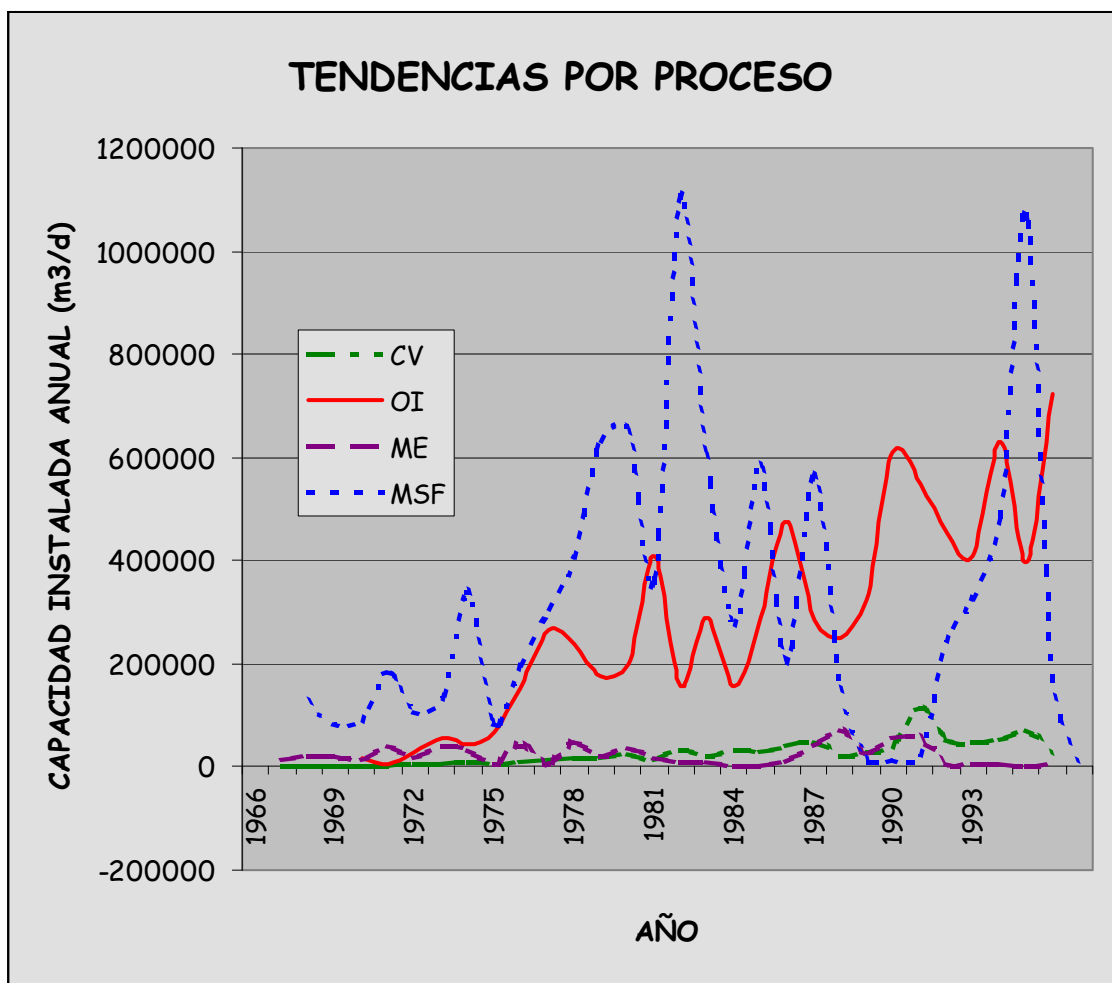
Al introducir el ciclo termodinámico de la planta desaladora, si en bornas del alternador queremos obtener la misma cantidad de energía eléctrica, es necesario aumentar en "la cantidad de energía" que pase desde el foco caliente al frío. Esto es debido a dos causas, una es que al introducir la planta desaladora es necesario elevar la temperatura del foco frío del ciclo de producción de energía eléctrica, lo que hace que este sea menos eficiente, disminuyendo el rendimiento, por otro lado se aumentan los consumos internos de energía eléctrica, debido al consumo de la propia planta desaladora, por todas estas causas es necesario consumir más combustible primario para obtener la misma cantidad de energía eléctrica en la red.

Para calcular este diferencial de combustible es necesario realizar los balances para todos los casos, cuyo desarrollo no vamos a exponer aquí ya que es complejo y árido. Lógicamente este diferencial no es independiente del rendimiento del ciclo térmico de que partimos, pero una vez llevados a cabo los cálculos para distintas situaciones el resultado es el mostrado en la TABLA-V.

TABLA-V	
Plantas de Evaporación por Multiefecto	
* Ciclo convencional.....	13,40 termias/m ³
* Ciclo combinado.....	9,66 termias/m ³
Plantas conectadas a la red eléctrica	
* Osmosis Inversa.....	8,69 termias/m ³
* Compresión de vapor.....	21,22 termias/m ³

4.- CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de las necesidades de energía primaria para producir un metro cúbico de agua desalada, el proceso que menos necesita es el de Osmosis Inversa. Esta es la causa por la que en nuestro País así como en otros de similares características (no disponer de recursos energéticos naturales), las plantas de desalación de agua de mar son por Osmosis Inversa. La diferencia es tan importante que incluso países que si disponen de recursos energéticos también comiencen a instalar este tipo de plantas, esto es especialmente claro si se representa en un gráfico los metros cúbicos instalados anualmente de cada tipo de proceso.



Esto no significa que el resto de procesos no tengan aplicación o que vayan a desaparecer, pues existen otras razones que pueden aconsejar su instalación (p.e. si existe una fuente energética de costo cero). Para cada caso concreto se debe realizar un análisis minucioso de todas las alternativas que existen antes de tomar una decisión sobre el tipo de proceso.