

Desalación del agua de mar por medio de calor nuclear

por Nenad Raišić

En muchas partes del mundo escasea cada vez más el agua dulce poco costosa. Dejando aparte las regiones áridas, con sus problemas crónicos de penuria de agua, las dificultades son particularmente graves en las grandes áreas urbanas que crecen a un ritmo mayor que aquél al que es posible ampliar el abastecimiento de agua recurriendo a los recursos hídricos naturales cercanos. En realidad, para buen número de grandes áreas metropolitanas, el único modo de evitar el transporte costoso de agua dulce a grandes distancias desde fuentes naturales lejanas es la desalación del agua de mar.

Actualmente la desalación es la única fuente importante no tradicional con significación económica de abastecimiento de agua. Para la explotación en gran escala es la única posibilidad técnicamente viable. El total de la capacidad mundial de desalación es aproximadamente de 2 100 000m³ diarios, lo que en realidad no supone más que una aportación insignificante a los recursos acuáticos tradicionales. La tasa de crecimiento de la capacidad de desalación en los últimos diez años ha sido del 18% anual, y es casi seguro que la tasa futura de crecimiento será muy superior. El Cuadro 1 muestra la ubicación de las plantas de desalación existentes. La única planta de desalación nuclear del mundo está en

El Dr. Raišić es funcionario superior de la División de Energía Nucleoeléctrica y Reactores.

Cuadro 1: Plantas de desalación según su ubicación (1975)

Región	Número de plantas	Capacidad (metros cúbicos diarios)
Estados Unidos de América y sus territorios	372	352 000
Otras en América del Norte	41	48 000
Caribe	39	128 000
América del Sur	24	24 000
Gran Bretaña e Irlanda	69	64 000
Europa	149	272 000
África	104	228 000
Oriente Medio	153	584 000
Asia	68	272 000
Australia y el Pacífico	10	8 000
Unión Soviética	7	120 000
Total	1036	2 100 000

Fuente: Referencia [1].

Shevchenko, (Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas). Utilizando el vapor de una central nuclear, produce 120 000m³ diarios de agua desalada.

Digno de mención es el proyecto de desalación que está iniciando para los próximos seis años el Gobierno de Arabia Saudita, con una capacidad total de 2 millones de metros cúbicos diarios de agua dulce. También se están elaborando otros proyectos de desalación en el Oriente Medio.

El principal inconveniente del agua desalada es su elevado costo. La desalación no puede competir con los recursos tradicionales de agua dulce más que cuando el agua ha de transportarse a grandes distancias. En efecto, el transporte de agua hasta varios centenares de kilómetros suele ser menos caro que la desalación.

No todos los usuarios pueden permitirse un agua cara. Esto es particularmente cierto en el caso de la agricultura y de la industria, actividades en las que los consumidores nunca podrán pagar más por el agua que sus competidores en el mercado mundial. Por lo tanto, el principal mercado para las plantas de desalación es el que ofrecen las aglomeraciones urbanas, donde el costo del agua es menos importante que en la agricultura o en la industria. Los usuarios urbanos consideran que el agua cara es preferible a la falta de la misma o a las restricciones en su consumo. Aproximadamente el 80% de la capacidad de desalación mundial actual se utiliza para abastecer áreas urbanas, y el restante 20% con fines militares e industriales. La Fig. 1 muestra el empleo dado a las plantas de desalación vendidas entre 1951 y 1974.

Una parte importante del costo del agua desalada es el costo de la energía necesaria para el proceso. Actualmente se emplea casi exclusivamente el petróleo como fuente de energía de las plantas de desalación y, a los actuales precios del petróleo, el porcentaje del costo total del agua desalada atribuible a ese combustible se aproxima al 70%. En pocos procesos industriales tiene la energía un papel tan preponderante.

En consecuencia, es de suponer que la desalación solo llegará a ser una solución duradera para los problemas de abastecimiento de agua a grandes áreas metropolitanas, cuando los costosos combustibles fósiles puedan reemplazarse por otra fuente de energía fácilmente asequible y más barata. La energía nuclear puede en principio cumplir esta condición.

En la desalación nuclear se había pensado ya tiempo atrás, pero antes del súbito aumento de los precios del petróleo la energía de origen nuclear no podía competir con aquél por su baratura. A pesar de los numerosos estudios realizados, solo en el caso de la planta construida en la Unión Soviética se optó por la desalación nuclear.

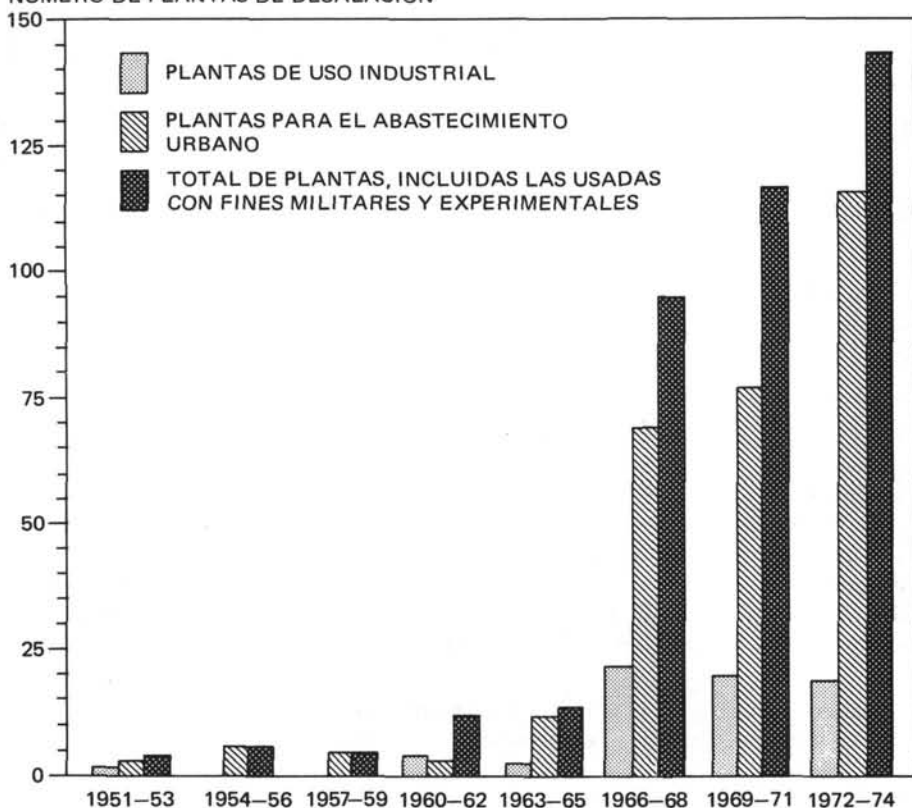
LOS REACTORES NUCLEARES COMO FUENTES DE CALOR

El calor producido por los reactores nucleares puede utilizarse para la producción de electricidad o emplearse directamente en procesos industriales. Según el tipo de reactor, el calor puede extraerse a diferentes temperaturas en forma de gas caliente, vapor o agua caliente. La utilización en procesos industriales de vapor a baja presión y temperatura es especialmente prometedora, pues los reactores nucleares existentes en el mercado pueden producir grandes cantidades de tal vapor a costo relativamente bajo.

La destilación es el procedimiento más frecuentemente utilizado en las plantas de desalación. El 90% del total de agua desalada se produce actualmente por destilación y el resto se produce por procedimientos que utilizan membranas, como la electrodialisis y la ósmosis inversa. En el procedimiento de destilación, las necesidades de calor en forma de vapor a baja temperatura y presión son de 45 a 65 kWh por metro cúbico (160 a 240 kJ por kilogramo) de agua producida.

Figura 1: Ventas mundiales de plantas de desalación instaladas en tierra firme, con un rendimiento igual o superior al millón de galones diarios

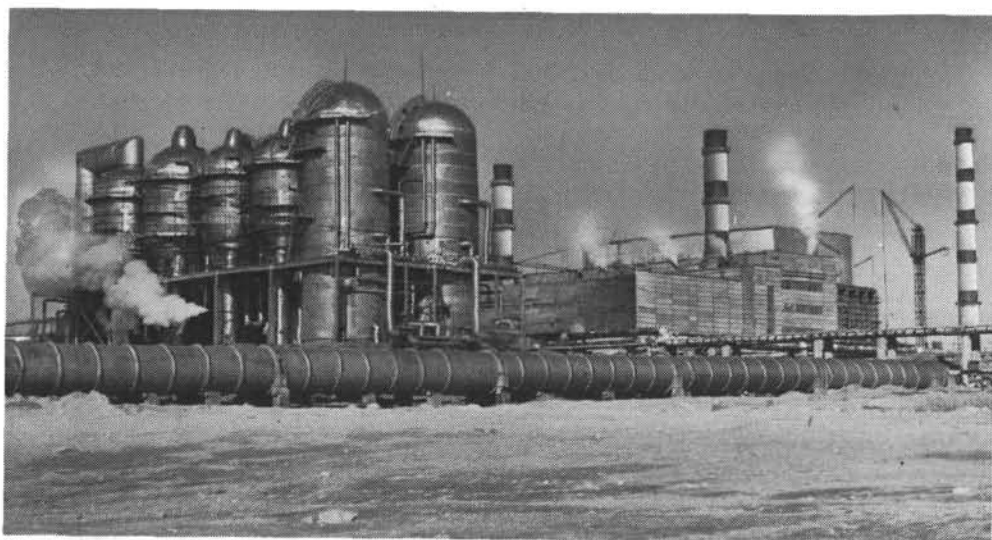
NUMERO DE PLANTAS DE DESALACION



Fuente: Referencia [1]

Hay dos modalidades de empleo de los reactores nucleares en desalación: pueden utilizarse con una sola finalidad (es decir, la producción de calor) o con doble finalidad (generación de electricidad y producción de calor). Tanto en un caso como en otro el reactor nuclear ha de cumplir varias condiciones: 1) debe existir en versiones de potencia adecuada para la doble finalidad de generación/desalación o solamente para la desalación; 2) la tecnología del tipo particular de reactor debe estar lo suficientemente perfeccionada para garantizar su funcionamiento fiable y en condiciones de seguridad; 3) las condiciones de producción de calor deben ser económicamente interesantes y competitivas con las de otras fuentes de energía disponibles.

El tamaño de las centrales nucleares a emplear para la desalación es de especial importancia. La menor central nuclear existente hoy día en el mercado es de 600 MW(e), o 1 900 MW(t). Si se utilizase con la única finalidad de producir agua dulce, una central de este tamaño podría generar el calor necesario para una planta capaz de producir de 700 000 a 800 000



Planta de destilación de la central nuclear de Shevchenko en la Unión Soviética.

metros cúbicos diarios de agua desalada, lo que sería suficiente para una ciudad de 1 500 000 habitantes. Pero las plantas de desalación existentes actualmente no tienen capacidad suficiente para utilizar todo el calor producido por un reactor de 1 900 MW(t). En consecuencia, se considera que sería más conveniente emplear reactores nucleares de 135 MW(t), 260 MW(t) o 1 100 MW(t) de potencia para plantas de desalación que produjesen 50 000, 100 000 o 400 000 metros cúbicos diarios de agua desalada, respectivamente.

Otra solución del problema de la desproporción de capacidades es utilizar con doble finalidad las centrales nucleares existentes en el mercado. En una central nuclear de doble finalidad, el vapor se extrae normalmente de la turbina después de haber experimentado una cierta expansión. En principio se puede fijar la proporción de producción agua/electricidad al decidir la temperatura y presión a que debe extraerse el vapor para el proceso desalador. La proporción de producción típica puede variar entre 120 l/kWh y 20 l/kWh. En todo caso es imposible evitar una reducción de la cantidad de electricidad que se produce. Esta reducción varía entre el 56%, para la proporción de 120 l/kWh, y el 10–20%, para la proporción de 20 l/kWh [2].

Las centrales nucleares de doble finalidad podrían ser una solución adecuada a los problemas de abastecimiento de agua en algunas áreas metropolitanas o áreas industriales áridas en rápida expansión. El tamaño de la planta de desalación puede adaptarse a la demanda existente y el excedente de potencia de la central nuclear puede utilizarse para generar electricidad.

En cambio para otras áreas metropolitanas, puede ser preferible que las primeras plantas de desalación utilicen centrales nucleares pequeñas, capaces de satisfacer las necesidades de agua a plazo corto y medio y de proporcionar al mismo tiempo experiencia suficiente para futuras actividades más amplias de desalación.

Los reactores nucleares pequeños, de potencias comprendidas entre 300 y 1 000 MW(t) [3], podrían ser los más indicados en los casos en que la red existente de abastecimiento haya de reforzarse a intervalos regulares con nuevas instalaciones de producción de agua.

La construcción de plantas de desalación de modesta capacidad quizá se justifique, pues el factor de escala en este género de instalaciones no repercute de manera significativa en los gastos fijos de producción.

La producción de agua es proporcional a la superficie de transmisión de calor de la instalación de evaporadores, y la explotación de pequeñas centrales puede tener ventajas desde el punto de vista de la seguridad y disponibilidad.

Aparte de la capacidad, un alto grado de seguridad y de disponibilidad son también aspectos de capital importancia al juzgar la aptitud de los reactores nucleares para la desalación.

Es necesaria una seguridad superior a la normal para que la planta pueda estar situada cerca de un área metropolitana y se reduzcan así al mínimo los gastos de transporte del agua.

Un alto grado de disponibilidad significa que el reactor deberá ser capaz de funcionar continuamente durante largos períodos sin paradas forzosas.

ASPECTOS ECONOMICOS DE LA DESALACION NUCLEAR

Al evaluar el costo del agua producida por las plantas de desalación nuclear se tropieza con varias dificultades. En primer lugar, como en cualquier planta industrial de doble finalidad, el reparto de los costos entre dos o más productos es un tanto arbitrario y, en segundo lugar, en esta época de escalada de los precios de las materias primas y de los productos industriales, todo cálculo de los costos de producción de agua queda rápidamente anticuado.

No obstante, dado que la energía es el principal elemento de costo en la producción de agua desalada, puede realizarse una comparación entre la desalación nuclear y la tradicional.

Los costos de producción de vapor industrial en reactores nucleares de finalidad única y de doble finalidad han sido estudiados recientemente en el Oak Ridge National Laboratory (Estados Unidos de América) [4, 5]. En base a esos datos, en el Cuadro 2 se comparan los costos de producción de vapor por métodos nucleares y tradicionales. Hay que señalar que los costos se expresan en dólares de los Estados Unidos de principios de 1976, y que se ha

Cuadro 2: Costos previstos de producción de vapor primario en centrales nucleares y tradicionales

	Dólares por millón de kJ
Central alimentada con fueloil residual fueloil a 11–14 \$/barril	2,51–3,20
Carbón de bajo contenido de azufre del oeste de los Estados Unidos 74–183 centavos/10 ⁶ BTU puesto en Houston	1,89–3,13
Central nuclear de doble finalidad de 3 750 MW(t) con 2 reactores de agua a presión	1,71
Planta de finalidad única de 313 MW(t), con un solo reactor	2,84

Cuadro 3: Costo estimado en energía del agua de las plantas de desalación

	Dólares por metro cúbico de agua destilada
Caldera tradicional alimentada con fueloil residual a 11—14 \$/barril	0,56—0,71
Planta nuclear de finalidad única (313 MW(t)), un reactor	0,63
Central nuclear de doble finalidad, 3 750 MW(t), 2 reactores (vapor primario)	0,38
Central nuclear de doble finalidad, 3 750 MW(t), 2 reactores (vapor de salida saturado a 115°C).	0,25

supuesto un tipo de interés fijo del 13,9% para el financiamiento de las inversiones que requieren las centrales nucleares.

El costo menor es el del vapor producido en una gran central nuclear de doble finalidad. Si el vapor para calentar la salmuera se toma a la salida de la turbina los costos pueden ser todavía menores, quizás hasta un 50%.

El Organismo Internacional de Energía Atómica viene estudiando la viabilidad de la desalación nuclear desde los años sesenta y ha publicado una guía para evaluar el costo en capital y en energía del agua de las plantas de desalación nuclear [6].

El costo en energía del agua de desalación para diferentes fuentes energéticas se indica en el Cuadro 3. Se ha supuesto que el rendimiento de la planta sería de 4,5 kg de agua/1 000 kJ de calor producido. Esta estimación muestra la clara ventaja de la utilización del calor nuclear con fines de desalación. El costo inferior corresponde a las plantas nucleares de doble finalidad utilizando el vapor de salida.

Una serie de Estados Miembros del OIEA han expresado su interés por la desalación nuclear. Los Gobiernos de Egipto, Israel, Irán y Kuwait están examinando la posibilidad de construir plantas de desalación nuclear experimentales o de producción y otros países siguen de cerca los adelantos en esta esfera.

Referencias

- [1] 1973—1975 Saline Water Conversion Summary Report; U.S. Department of Interior, Office of Saline Water
- [2] Empleo de la energía tradicional y de la energía nuclear para la desalinización del agua; OIEA, Colección de Informes Técnicos N° 24
- [3] IAEA Catalogue of Small and Medium Size Reactors; Viena 1975
- [4] Meeting on Small Nuclear Reactors for Industrial Energy; Oak Ridge National Laboratory, 1975
- [5] O.H. Klepper; Small Nuclear Reactors for Industrial Energy, ORNL; Memoria presentada a la Industrial Power Conference, Memphis, 1976
- [6] Guide to the Costing of Water from Nuclear Desalination Plants, OIEA, Colección de Informes Técnicos N° 80, ediciones de 1967 y 1973.