

Energía nuclear para desalar agua de mar: Actualización de la documentación

Los resultados de estudios apoyados por el OIEA indican una diversidad de combinaciones y opciones para explotar los mares y océanos de la Tierra.

Por
Juergen Kupitz

La disponibilidad a escala mundial de agua potable excede con creces de las cantidades de agua que se necesitan y se utilizan, pero los recursos hídricos no se encuentran uniformemente distribuidos. Hay regiones donde escasea el agua y donde la población ya se encuentra a merced de abastecimientos insuficientes. El agua de mar es una fuente de abastecimiento prácticamente ilimitada. Cuando se desala, puede contribuir a resolver los problemas hídricos, cada vez mayores, dondequiera que se tenga acceso al mar pero, como todo proceso industrial, la desalación requiere energía.

Ahora bien, los recursos de energía fósil son limitados y su utilización cada vez más intensiva es causa de preocupaciones ecológicas, como por ejemplo, la amenaza de un cambio climático gradual de consecuencias trascendentales. Al mismo tiempo, la demanda mundial de energía aumenta constantemente, por lo que se necesitan soluciones apropiadas. La energía nuclear contribuye notablemente al actual suministro mundial de energía, y tiene posibilidades de hacerlo aún más. Sin embargo, lograrlo no es tarea fácil.

En el presente artículo se examinan los intereses nacionales y mundiales en la utilización de la energía nuclear en los procesos de desalación de agua de mar. Además, se informa sobre estudios recientes del OIEA que examinan las posibilidades actuales de desalación por medios nucleares.

Los primeros años

Ya en el decenio de 1960 se había considerado la posibilidad de combinar la utilización de la energía nuclear con el proceso industrial de suministrar agua potable mediante la desalación de agua de mar. Lo cierto es que en esos años ello estuvo caracterizado por un gran optimismo en cuanto a la utilización de la energía nuclear. Países, organizaciones e industrias nucleares emprendieron individualmente varios estudios. A solicitud de sus Estados Miembros, el OIEA realizó varios estudios técnicos y económicos entre 1964 y 1967, que fueron publicados en la Colección de Informes Técnicos (N^{os} 24, 51, 69 y 80).

En ese momento había gran interés en promover la utilización de la energía nuclear en diversas aplicaciones además de la generación de electricidad, por ejemplo, en la propulsión de buques, la calefacción urbana, el suministro de energía a lugares remotos, el suministro de vapor industrial y la desalación de agua de mar. También se perseguía la idea de crear grandes complejos agroindustriales y nucleares.

Por ser una época en que hubo gran apoyo público y político, esas aplicaciones de la energía nuclear no se detuvieron en la fase de estudio, sino que derivaron en prototipos y proyectos de demostración. En materia de desalación de agua de mar, la antigua Unión Soviética llevó a cabo el diseño y la construcción del complejo de Shevchenko (actualmente complejo de Aktau, en Kazajstán). El BN-350, un reactor rápido refrigerado por metal líquido, entró en operaciones en 1973, y a partir de esa fecha ha suministrado electricidad y calor para la producción de agua potable.

Lo que sucedió después de los esfuerzos y logros iniciales ahora es historia. Los adelantos registrados en la esfera nuclear se concentraron en grandes reactores de potencia para la generación de electricidad, por lo que el BN-350 sigue siendo el único reactor de potencia que se utiliza en el mundo para suministrar calor para la desalación a escala industrial. En el Japón se han instalado varias plantas potabilizadoras de agua de mar a pequeña escala en grandes centrales nucleares, para producir agua de alimentación y brindar diversos servicios. También se han instalado unas 16 plantas potabilizadoras pequeñas en rompehielos nucleares rusos y en otros buques de propulsión nuclear.

No se han iniciado más proyectos en que se combine la energía nuclear y la desalación de agua de mar. Sin embargo, se han logrado progresos importantes en las esferas de la energía nucleoelectrónica y de las tecnologías de desalación, y se han realizado varios estudios sobre esos temas.

Renovado interés

En la Conferencia General del OIEA celebrada en 1989 se expresó un renovado interés por la capacidad potencial de los reactores nucleares para la desalación de agua de mar. La Conferencia aprobó una resolución [GC(XXXIII)/RES/515] en la que se pedía al OIEA que evaluase las posibilidades técnicas y económicas de la desalación por medios nucleares.

El Sr. Kupitz es Jefe de la Sección de Desarrollo de la Energía Nucleoelectrónica de la División de Energía Nucleoelectrónica del OIEA.

Desde entonces, este tema, bajo el título de "Plan para producir agua potable en forma económica", ha seguido figurando en el orden del día de cada Conferencia General, y en sucesivas resoluciones se ha encomendado al Organismo que prosiga realizando las actividades pertinentes.

Actualmente se reconoce a escala mundial la importancia de disponer de abastecimientos adecuados de agua potable inocua para las poblaciones en crecimiento, junto con la magnitud de los problemas con que se tropieza para satisfacer esa necesidad. Menos conocido es el hecho de que la desalación, que durante los años sesenta era una tecnología incipiente de categoría comparable en aquel momento a la de los reactores nucleares que producían energía eléctrica, se ha convertido en un proceso establecido y comercialmente disponible, con potencial para nuevos mejoramientos.

Los reactores nucleares que producen energía eléctrica también han madurado. Aunque se han convertido en una fuente de energía técnicamente probada y económicamente competitiva, que suministra cerca del 17% del consumo mundial de electricidad, en muchos países han enfrentado numerosos problemas de aceptación pública y política. Con pocas posibilidades de una mayor penetración en el mercado del suministro de electricidad si se comparan con las expectativas iniciales, ha resurgido el interés en otras aplicaciones, en particular la desalación de agua de mar.

Varios otros factores están impulsando la tecnología de la desalación nuclear, entre ellos la preocupación cada vez mayor por los efectos ecológicos del quemado de combustibles fósiles; el reconocimiento de los beneficios que reporta la diversificación de las fuentes de energía; el desarrollo de nuevos reactores de concepción avanzada en la gama de los reactores de pequeña y mediana potencia; y el interés en alcanzar una mayor eficiencia en los procesos de consumo de energía.

Desde que se renovaron las actividades del OIEA en materia de desalación nuclear, un número creciente de países y organizaciones internacionales han expresado su interés, participado en reuniones y brindado información y apoyo. Entre las actividades de asistencia y apoyo, en las que participan más de 20 países, figura la aportación de servicios de expertos así como de fondos por un total de 570 000 dólares de los Estados Unidos.

Exámenes y estudios recientes del OIEA

A raíz de la Conferencia General de 1989, el OIEA tomó medidas para actualizar su examen de la información disponible sobre las tecnologías de desalación y el acoplamiento de reactores nucleares a plantas de desalación. Los resultados aparecen en un documento técnico de 1990 (TECDOC-574), titulado *Use of Nuclear Reactors for Seawater Desalination*.

Tras examinar la situación, el OIEA preparó y publicó un informe en 1992 titulado *Evaluación técnica y económica de la producción de agua potable mediante la desalación de agua de mar utilizando energía nuclear y otros medios* (TECDOC-666). Este informe contenía una evaluación de las necesi-

dades de desalación basada en análisis recientes de los recursos mundiales de agua potable; información sobre los procesos de desalación y fuentes de energía más convenientes; y un examen de los sistemas de reactores nucleares propuestos por posibles suministradores. En el informe se evaluó específicamente la viabilidad económica de la desalación de agua de mar utilizando la energía nuclear en comparación con los combustibles fósiles. El estudio abarcó una amplia gama de dimensiones y tecnologías de centrales nucleares y centrales alimentadas con combustibles fósiles en combinación con diversos procesos de desalación. También se examinaron otros aspectos, como las cuestiones de índole ecológica e institucional. El OIEA continúa recopilando y analizando la información pertinente sobre los reactores nucleares adecuados, los procesos de desalación, los aspectos relativos al acoplamiento y la demanda de agua potable.

En 1991, en respuesta a una petición de asistencia presentada por cinco Estados de Africa del Norte (Argelia, Egipto, la Jamahiriya Árabe Libia, Marruecos y Túnez) se inició un estudio de viabilidad regional sobre desalación por medios nucleares. El estudio se presentó este año a los países participantes.

Arabia Saudita también ha pedido asistencia técnica al OIEA para realizar un estudio de viabilidad sobre desalación por medios nucleares. En 1993 se comenzó a trabajar en dicho estudio y se espera concluirlo en 1996.

En respuesta a una resolución de la Conferencia General de 1993, se está llevando a cabo otro trabajo sobre instalaciones de demostración de la desalación nuclear. Como primer paso, se está realizando un estudio para determinar, definir y caracterizar un conjunto de opciones prácticas, del cual se podría escoger una o más instalaciones de demostración. El trabajo sobre este "programa de definición de opciones" comenzó en 1994, y se espera que concluya en 1996.

Esas actividades, estudios e informes no son esfuerzos aislados, y más bien se han realizado en forma combinada, siguiendo una secuencia lógica y complementándose entre sí. Ilustran las funciones del Organismo de facilitar el intercambio de información, así como la transferencia de conocimientos y experiencia. En esta forma, puede servir de catalizador, organizador o coordinador de proyectos de desalación nuclear, y de suministrador de asistencia técnica. No obstante, el OIEA no puede desempeñar un papel principal respecto de las aplicaciones prácticas de la desalación nuclear ni puede diseñar, construir, poseer ni explotar complejos de desalación por dichos medios.

Combinaciones, opciones y perspectivas

En el mundo existen diversas regiones y muchos lugares específicos en varios países donde la demanda de agua sobrepasa el abastecimiento, y donde la desalación de agua de mar constituye la única o la mejor opción de suministro de que se dispone. Sin embargo, no existen bases de datos confiables que permitan realizar estimaciones cuantitativas globales de los déficit de agua.

En los estudios del OIEA se ha hallado que las regiones de Africa del Norte y del Golfo se caracterizan por una escasez general de agua. Como aporte al estudio de viabilidad sobre la región de Africa del Norte, los países participantes de dicha región analizaron sus respectivas situaciones de demanda y abastecimiento de agua, así como las opciones disponibles para aumentar el abastecimiento. Localizaron varios emplazamientos específicos con demandas de desalación de agua de mar que oscilan entre 20 000 y 720 000 m³/día hasta el año 2005. De hecho, los países de la región ya han tenido que utilizar la energía producida mediante combustibles fósiles en la desalación para satisfacer su necesidad creciente de agua potable. Actualmente hay en la región una capacidad de desalación instalada del orden de un millón de metros cúbicos diarios. En Arabia Saudita, el abastecimiento de agua depende aún más de la desalación de agua de mar; la capacidad actualmente instalada es de unos cuatro millones de metros cúbicos diarios.

Aunque en esas regiones se necesitan un mejor conocimiento de la situación actual y previsiones más exactas de la evolución de la demanda y el suministro, es indudable que se requerirán cantidades crecientes de desalación para complementar los

recursos hídricos superficiales y los subterráneos, que son cada vez menores.

Debido al costo relativamente elevado de la desalación de agua de mar, sin tener en cuenta la fuente de energía utilizada, actualmente esta opción sólo es adecuada para el suministro de agua potable destinada al uso personal, doméstico e industrial. En cuanto a la generalización del riego agrícola, los costos son todavía demasiado elevados. Se espera que esta limitación persista durante varios decenios por lo menos. Entre los procesos de desalación disponibles, se han seleccionado tres para su estudio, a saber, el RO (ósmosis inversa), el MED (destilación de efecto múltiple), y el MSF (destilación por evaporación instantánea en etapas múltiples).

Se ha comprobado que no existe ningún impedimento técnico para utilizar reactores nucleares como fuente de energía para la desalación de agua de mar. Los reactores nucleares podrían suministrar electricidad o calor, o ambas cosas, según se requiera, en los procesos de desalación. En cuanto a la seguridad nuclear, se aplicarían los mismos principios, criterios y medidas que en cualquier central nuclear. Un requisito adicional es que el agua producida tendría que estar debidamente protegida contra todo tipo de contaminación concebible.

Más países se interesan en la desalación del agua de los océanos del mundo.



Prácticamente cualquier tipo de reactor nuclear podría suministrar la energía necesaria para la desalación. Se ha recopilado información técnica, y en muchos casos también económica, sobre unos 20 conceptos de reactores de posibles vendedores. Esos conceptos corresponden a diferentes etapas del diseño y son mayormente reactores de pequeña y mediana potencia. La cantidad de energía, ya sea en forma de calor o de electricidad, o ambos, que pueden suministrar los reactores nucleares en esta gama de potencia suele ser más que suficiente incluso para plantas potabilizadoras muy grandes de agua de mar. Por ejemplo, una planta potabilizadora con una capacidad de un millón de metros cúbicos diarios puede abastecer a una concentración urbana de tres a cuatro millones de personas con suficiente agua potable para uso doméstico. Una planta potabilizadora de esa índole que utilice el proceso RO requeriría una central nuclear con una potencia instalada de unos 300 megavatios eléctricos. Esa misma concentración urbana requeriría igualmente entre 4000 y 6000 megavatios eléctricos de potencia instalada para satisfacer su correspondiente necesidad de electricidad. Por tanto, las centrales nucleares del extremo superior de la gama de reactores de pequeña y mediana potencia y, como es lógico, las centrales nucleares de gran tamaño, sólo serían opciones adecuadas cuando se destinen a suministrar electricidad a los consumidores además de producir energía para la desalación de agua de mar. En consecuencia, no hay razón alguna para que los reactores nucleares no puedan satisfacer simultáneamente ambas necesidades y aprovechar las ventajas económicas que se derivan de las centrales nucleares de grandes dimensiones.

En el estudio de viabilidad para la región de África del Norte se dio por sentado que los reactores nucleares se integrarían al sistema de la red eléctrica, y que el tamaño de los reactores sólo se vería limitado por el de la red, es decir, no mayor del 10% de la capacidad interconectada. Con esta hipótesis, las opciones consideradas estaban en la gama de la pequeña y la mediana potencia, salvo en Egipto, donde se pueden utilizar incluso reactores de grandes dimensiones.

Con la metodología aplicada y las hipótesis adoptadas, la evaluación económica que figura en el estudio genérico del OIEA de 1992 ha demostrado que la utilización de los reactores nucleares como alternativa a las centrales alimentadas con combustible fósil sería, en general, económicamente competitiva en el caso de las unidades de dimensiones intermedias o grandes que suministran electricidad solamente, o electricidad y calor, y que están integradas al sistema de la red eléctrica. Por lo general, los costos del agua producida estarían entre 0,7 y 1,1 dólares por metro cúbico. Las combinaciones con centrales que sólo generan calor tienen costos considerablemente superiores para la producción de agua.

La evaluación económica realizada dentro del marco del estudio de viabilidad para la región de África del Norte confirmó los resultados iniciales. En esa evaluación se utilizaron los datos económicos proporcionados por los posibles vendedores, y no los valores paramétricos adoptados en el estudio genérico.

Los resultados obtenidos en esas evaluaciones se consideran adecuados para determinar la viabilidad económica. Sin embargo, antes de realizar las inversiones se necesitarían precios estables como los que aparecen en las licitaciones oficiales.

Los estudios realizados han indicado que existen muchísimas combinaciones posibles entre los numerosos conceptos de reactores diferentes, los diversos procesos de desalación y los diferentes esquemas de combinación. Se espera que el programa de definición de opciones actualmente en curso determine los enfoques más prácticos y los requisitos de demostración conexos.

Las cuestiones de índole institucional relacionadas con la desalación por medios nucleares son en esencia las que corresponden a cualquier proyecto nucleoelectrónico. En particular, el desarrollo de una infraestructura local adecuada representa un desafío para cualquier país que inicie un programa nuclear. La experiencia ha demostrado que es posible hacerlo, si bien entraña grandes esfuerzos sostenidos durante un período relativamente largo.

El estudio de viabilidad para la región de África del Norte demostró que es posible realizar esa clase de estudio en cooperación con los países a nivel regional. También demostró que hay ventajas mutuas si se aplica un enfoque común y se realizan esfuerzos mancomunados. Al parecer, varios temas son de interés especial para la cooperación regional, entre ellos la creación de bases de datos y las actividades relacionadas con la transferencia de tecnología; la seguridad nuclear; la infraestructura reguladora; la participación local y el desarrollo de recursos humanos.

La labor realizada en el marco del programa de desalación nuclear del OIEA durante los cinco últimos años ha demostrado lo que se puede alcanzar mediante enfoques de cooperación acompañados de una activa participación nacional, y el apoyo técnico y financiero conexo.

Hasta ahora todos los resultados indican que la aplicación de la energía nuclear para desalar agua de mar es una opción realista. El desafío futuro es demostrar su utilización mediante un desarrollo eficiente y aplicaciones prácticas.