

## Energía nucleoelectrica: Mantener abierta la opción

*Aunque marcha con lentitud en algunos países, se observa un rápido desarrollo de la energía nucleoelectrica en los lugares donde es alta la demanda de electricidad*

por L.M. Davies  
y A.D. Boothroyd

La generación de electricidad a partir de la energía nucleoelectrica es una tecnología bien establecida. A finales de 1994 se explotaban o construían en total más de 480 centrales nucleares en más de 30 países. A lo largo de los 40 últimos años, el mundo ha acumulado una experiencia de más de 7200 años de funcionamiento con la energía nucleoelectrica, y las centrales han generado alrededor de 20 000 teravatio-hora de electricidad.

La creciente población mundial, el deseo universal de mejorar el nivel de vida y el mejoramiento de la situación económica motivarán, en suma, un aumento de la demanda mundial de energía. Los problemas se agravan por la necesidad de estudiar y posteriormente reducir las emisiones generadas por el quemado de combustibles fósiles. Esos factores entrañan inevitablemente un incremento de la demanda de electricidad. En el mundo en desarrollo, por ejemplo, la demanda de electricidad aumenta a un ritmo mayor que el consumo de energía o el producto nacional bruto.

La elección de las fuentes de energía eléctrica de un país dependerá de muchos factores, entre ellos, la capacidad existente, la disponibilidad y el costo del combustible, los recursos financieros y las circunstancias políticas. Muchos países adoptarán un enfoque que proporcione una combinación equilibrada de fuentes de combustible para protegerse de los "chocques" de los precios y el suministro. Las compañías generadoras también procurarán estabilizar la seguridad de los suministros y de los precios de la electricidad para sus clientes. La diversidad se considera un beneficio fundamental para estabilizar el suministro y el costo de la electricidad. En este contexto, la energía nucleoelectrica seguirá siendo una opción viable para generar electricidad en el futuro.

En el mundo industrializado, el ritmo de la demanda de nuevas centrales nucleares estará condicionado por diversos factores; a saber, la magnitud del exceso de capacidad de generación actual, la tasa de sustitución de viejas y relativamente ineficientes centrales convencionales destinadas al quemado de combustibles fósiles, y las exigencias de cumplir los acuerdos internacionales sobre el control de las emisiones. Sin embargo, en el mundo en desarrollo, la disponibilidad monetaria y de otros recursos puede ser el factor de control del ritmo de realización. La situación no es sencilla.

El Sr. Davies, del Reino Unido, es consultor de ingeniería nuclear y el Sr. Boothroyd fue funcionario de la División de Energía Nucleoelectrica del OIEA.

Actualmente, la demanda de energía parece haberse saturado en algunas regiones del mundo. No obstante, se piensa que ello obedece fundamentalmente a la recesión económica y a los cambios sociales operados en Europa central y oriental, y no a alguna tendencia subyacente a mediano o largo plazo en el uso de la energía. En el resto del mundo la demanda continúa creciendo inexorablemente y es ahí donde vive la mayor parte de la población mundial.

En resumen, durante el decenio pasado cambió el panorama global de la energía y la electricidad, y hoy se observa una mayor demanda en países que experimentan un crecimiento económico vigoroso. En septiembre de 1994, ese panorama cambiante y el lugar que en él ocupa la energía nucleoelectrica se examinaron en una conferencia internacional celebrada en la sede del OIEA en Viena, a la que asistieron alrededor de 150 participantes de 37 países y seis organizaciones internacionales. Recientemente el OIEA publicó las actas de la conferencia.\* En el presente artículo se examina una selección de temas presentados en la conferencia que influyen en el desarrollo futuro de la energía nucleoelectrica.

### Crecimiento nuclear nacional y regional

Como sucede hoy día, diversos factores podrían impedir el uso de la energía nucleoelectrica en años venideros. Esos factores se relacionan con cuestiones de aceptación pública, gestión de desechos radiactivos, seguridad, asuntos económicos, medio ambiente y responsabilidad civil.

En muchos países que ejecutan programas de energía nucleoelectrica se han abordado y superado muchos de esos factores. En informes nacionales y regionales presentados en la conferencia sobre Europa oriental, central y occidental, América del Norte y del Sur y Asia se comunicó que la energía nucleoelectrica es una fuente de electricidad bien establecida, económica e importante. Se espera que a largo plazo, la demanda continua de electricidad se traduzca en un mayor desarrollo nuclear, y en inversiones en otras opciones. En esas regiones, la energía nucleoelectrica se considera competitiva y ambientalmente ventajosa.

\* *The Nuclear Power Option* (Proc. Intern. Conf. Vienna, 1994), IAEA, Vienna (1995).

El ritmo y los calendarios del crecimiento nuclear variarán de un país a otro. A nivel mundial, cabe esperar que la energía nucleoelectrónica continúe creciendo al nivel actual de tres a ocho gigavatios (GWe) anuales, aunque se prevén aumentos de 10 GWe anuales y más a principios del próximo siglo.

En el nivel nacional, según informes presentados en la conferencia, las perspectivas de crecimiento están generalmente vinculadas a factores económicos y energéticos. En China y la India, donde la demanda de energía supera al suministro, la limitada disponibilidad de capital y otros recursos ha contribuido a restringir el desarrollo nuclear pese a que su crecimiento se considera urgente. Asimismo, Rusia, Ucrania y otros países de Europa oriental tienen necesidad apremiante y persistente de mejorar y acrecentar su capacidad de generación, pero tropiezan con graves dificultades. En América Latina, los países generalmente tienen necesidades de electricidad bien definidas, pero hay escasez de recursos. En Francia, el Japón y la República de Corea, los programas nucleares son sólidos. En América del Norte, donde la capacidad de generación de las compañías eléctricas es actualmente excesiva, la expansión de la energía nucleoelectrónica, así como de otras fuentes, depende en gran medida del ritmo de la demanda de electricidad.

### Gestión y comportamiento de las centrales

Uno de los temas principales de la conferencia fue la gestión y el comportamiento de las centrales nucleoelectrificadas.

En muchos países se han extraído lecciones de los problemas que se encararon durante la construcción y explotación de las centrales. Se han mejorado los procedimientos en materia de equipo, explotación y mantenimiento, así como los programas de capacitación. En algunos países se ha reconocido que es necesario mejorar las capacidades de gestión de los proyectos y que ello reviste especial importancia, particularmente en los países que pasan de una economía centralmente planificada a una economía de mercado.

El aumento de la cooperación y comunicación entre los explotadores de las centrales nucleares ha traído como resultado un mejor comportamiento. La Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN) informó que ha aumentado la disponibilidad operacional de las centrales, en tanto ha disminuido el número y la gravedad de los incidentes notificables. En un informe de la Nuclear Electric del Reino Unido se comunicó una notable mejoría del comportamiento de sus reactores por gas avanzados en el último cuatrienio, con un aumento de los factores de carga del 40% al 79%. Al aplicar un enfoque amplio a la cultura de la seguridad, la Nuclear Electric ha podido aprovechar las experiencias que se adquieren de una amplia diversidad de industrias. Mediante programas de investigación, por ejemplo, se ha realizado un estudio sobre los factores relacionados con la gestión y la organización, que ocasionaron los accidentes graves recientemente ocurridos en las industrias nuclear, química, del transporte, espacial y petrolera, a fin de determinar

los aspectos organizativos que prevendrían tales accidentes. Durante los cinco últimos años, esos estudios junto con otros programas nacionales e internacionales, han propiciado un considerable progreso en los esfuerzos orientados a mejorar la cultura de la seguridad y, en consecuencia, el comportamiento seguro de las centrales.

En varios informes se subrayó la importancia de facilitar el acceso a las centrales para que el personal internacional realice exámenes de la seguridad, y de publicar información sobre el comportamiento en el Sistema de Información sobre Reactores de Potencia del OIEA (PRIS), especialmente desde el punto de vista de la percepción del público. En un informe se analizó el buen historial de producción de las centrales WWER-440/230, hecho éste que contrastó con las preocupaciones expresadas por la seguridad de dichas centrales. El rendimiento del modelo sucesor, WWER-440/213, ha sido en general mejor, mientras que el de las centrales más grandes, WWER-1000 no ha sido tan bueno como se esperaba.

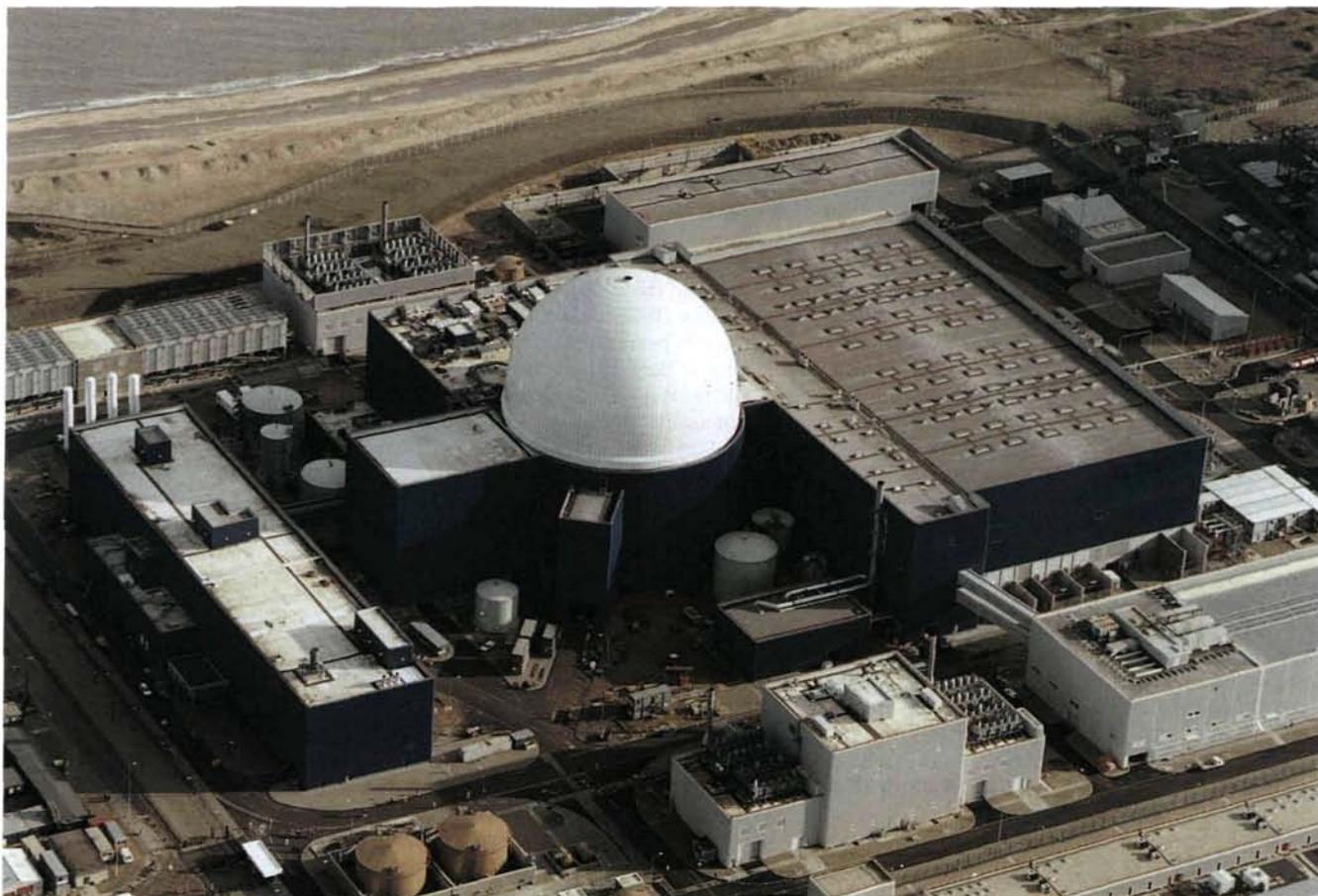
### Cuestiones económicas y conexas

Respecto de la viabilidad económica de la energía nucleoelectrificada, estudios realizados por el OIEA, la Agencia para la Energía Nuclear (AEN), la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y la Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Energía Eléctrica (UNIPED), demuestran que los costos de la generación de electricidad en las centrales nucleares son bastante competitivos con los de las centrales alimentadas con carbón y gas. Sin embargo, el margen económico en favor de la generación nuclear ha disminuido en los últimos años debido fundamentalmente al aumento de los costos de explotación y mantenimiento de las centrales nucleares, por lo menos en varios países.

Los costos proyectados de las centrales que podrían entrar en funcionamiento alrededor del año 2000 o poco después indican que la energía nucleoelectrificada deberá ser capaz de continuar compitiendo con las centrales de combustibles fósiles. La forma de saber si la opción nuclear es la más barata variará de un país a otro, y en ello influirá en gran medida el precio de los combustibles fósiles, y los costos y duración de la construcción.

Para que la opción nuclear sea competitiva, es indispensable una buena gestión de los proyectos nucleares durante la construcción y la explotación. Los nuevos diseños de centrales nucleares, basados en las experiencias adquiridas de las centrales existentes, deberán traducirse en centrales cuya construcción sea más sencilla y barata, al tiempo que se mantienen altos niveles de seguridad. El mejoramiento del comportamiento del combustible, incluido el quemado más alto, junto con las tendencias hacia la disminución de los precios del uranio y de los servicios del ciclo del combustible, coadyuvarán a estabilizar o disminuir los costos del ciclo del combustible nuclear.

Además de ser económicamente competitivas, las centrales nucleares reportan beneficios desde el punto de vista ecológico, ya que no emiten gases de efecto de invernadero ni otros nocivos contaminantes del aire como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.



**Sizewell "B",  
la central nuclear  
más reciente  
del Reino Unido.**

Así pues, la energía nucleoelectrica puede desempeñar un papel destacado en las estrategias destinadas a limitar o reducir los niveles del efecto de invernadero que causan las emisiones de gas.

**Garantía de calidad.** La gestión en materia de calidad en las organizaciones de la energía nucleoelectrica y los suministradores de equipo varía ampliamente en toda la industria. A menudo los esfuerzos realizados para producir sistemas documentados y verificar el cumplimiento de los mismos han reportado pocos beneficios respecto de la calidad. Hace tiempo que el OIEA y varias organizaciones regionales reconocieron los problemas. En estos momentos están surgiendo soluciones de un gran pragmatismo que se avienen, y en muchos casos se adelantan a los acontecimientos que tienen lugar en el más amplio ámbito industrial. Se habló sobre la evolución de la gestión en materia de calidad, que ha pasado a ser una "cultura" que promueve un mejor comportamiento de todo el personal, y no sólo la producción de documentación sobre la "calidad". La gestión en materia de calidad basada en los resultados, que se centra en los procesos, proporciona un enfoque alentador a la garantía de calidad. Dicho enfoque se describe en un código del OIEA recientemente revisado y en guías auxiliares preparados para su publicación en 1995.

**Selección del emplazamiento y vida útil de la central.** Otros temas que recibieron gran atención en la conferencia fueron los relacionados con la selec-

ción del emplazamiento y la vida útil de explotación de las centrales nucleares. Varios participantes destacaron la importancia de mantener los emplazamientos existentes y aumentar hasta el máximo la vida útil de explotación de las centrales por razones económicas.

Al alargar la vida útil de las centrales existentes se reduce la demanda de otras nuevas y se aplaza la clausura y las consiguientes necesidades en materia de evacuación de desechos. Aunque al parecer no existe impedimento técnico alguno para la construcción de un gran número de centrales nuevas, el factor limitante podría estar asociado con la selección de los nuevos emplazamientos. Mientras se acerca el momento de decidir si se construyen o no nuevas centrales, la vida útil de las centrales tiene mucho que ver con la idea de mantener abierta la opción nuclear. El tiempo que funcionará una central nuclear es fundamentalmente una decisión económica del propietario, aunque los requisitos reguladores conexos tienen carácter obligatorio. En cuanto a la construcción de nuevas centrales, teniendo en cuenta el tiempo de preparación de 10 años que se requiere para la concesión de licencias, la construcción y la puesta en servicio, los participantes subrayaron que era importante adoptar las decisiones ahora a fin de satisfacer las necesidades de principios del próximo siglo.

**Actitudes del público.** Respecto de las actitudes del público hacia la energía nucleoelectrica, el Japón

y Francia encomiaron las ventajas del enfoque del "buen vecino" adoptado por las compañías eléctricas. Se recalcó la importancia de crear una "simbiosis" entre las centrales y la comunidad. Se fomenta la confianza cuando se escuchan los problemas que plantea la comunidad y se adopta un enfoque abierto respecto de la comunicación. Esa técnica también se emplea en otros países, especialmente en las comunidades cercanas a las centrales eléctricas. Se señaló que, durante la actual crisis de la economía nacional, el público ruso veía en la energía nucleoelectrica un "refugio de estabilidad".

Asimismo, se tomó nota de que en los Estados Unidos de América se suele subestimar el apoyo del público, lo que hace que las autoridades y otros interesados vacilen en hablar claramente y adoptar medidas energéticas en apoyo de la energía nuclear. Se están aplicando nuevos enfoques para que la industria comprenda mejor los temores del público.

### **Cuestiones relacionadas con los desechos y la seguridad nuclear**

En todas las intervenciones dedicadas a la gestión del combustible gastado y los desechos radiactivos se subrayó que la seguridad era la consideración primordial. Francia describió el establecimiento de un inventario completo de todos los desechos radiactivos del país y comunicó que las noticias sobre tal actividad en los medios de comunicación habían sido en general favorables, lo que demostraba nuevamente el valor de la franqueza para ganarse la confianza del público. Varios oradores observaron que existían soluciones técnicas para la evacuación de desechos; ahora bien, para que el público aceptara la opción nucleoelectrica, era fundamental lograr a corto plazo un mayor progreso en la determinación de los emplazamientos, y demostrar el funcionamiento fiable de las instalaciones operacionales para la evacuación de desechos radiactivos.

En la sesión dedicada a la seguridad se abordaron temas relacionados con los métodos de evaluación de la seguridad y la puesta en práctica de una cultura de la seguridad. Algunos oradores destacaron la necesidad de tener en cuenta la rentabilidad al mejorar la seguridad, opinión ésta no compartida por los encargados de la reglamentación. Se expresó preocupación sobre una característica de seguridad que se ha propuesto aplicar a algunas centrales nuevas, a saber, que ningún accidente debe exigir planes de emergencia fuera del emplazamiento, pues ello causaría muchas dificultades, si se pretende aplicarlo retroactivamente a las centrales existentes. Hubo acuerdo y apoyo general y decidido en cuanto a la necesidad de continuar demostrando el funcionamiento seguro y productivo de las centrales actuales, lo cual contribuiría a mantener la confianza del público.

**Responsabilidad nuclear.** A partir de los debates en torno a una memoria conjunta del OIEA y la AEN, existe desacuerdo entre Oriente y Occidente sobre la cuestión de la responsabilidad por los accidentes. Los participantes de los países de Europa oriental expresaron en general, el criterio de que la responsabilidad debía seguir recayendo en los sumi-

nistradores, en caso de funcionamiento defectuoso del equipo, mientras que los de los países occidentales manifestaron apoyo general al concepto de responsabilidad limitada y atribuyen la responsabilidad al explotador de la central.

**Recursos humanos y capacitación.** Se expresó con cierta preocupación la necesidad de atraer y capacitar más personal cualificado. Se tomó nota nuevamente de las percepciones del público respecto de las perspectivas nucleares, las cuales se consideraron en general como un factor que crea falta de interés en los estudios relacionados con las cuestiones nucleares en los niveles de la enseñanza secundaria y universitaria. La reducción y diversificación de los institutos de investigación y desarrollo nucleares también han dado lugar a una grave disminución del personal cualificado disponible, que tomará muchos años reponer. Se instó a los gobiernos a tomar medidas en breve para garantizar que se dé marcha atrás a esta tendencia si desean preservar la opción nucleoelectrica.

### **Panorama combinado**

Se aprecia un aumento de la demanda de energía nucleoelectrica y del interés en ella, pero no es homogéneo. En sus palabras de clausura, el Dr. Boris Semenov, Director General Adjunto del OIEA, Jefe del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares, destacó que en la conferencia se había logrado consenso respecto de la viabilidad continuada de la opción nucleoelectrica, y que en muchos países, era la opción preferida por ser una tecnología probada, económicamente competitiva y ambientalmente benigna. Ahora bien, señaló varios requisitos previos para la expansión del desarrollo nuclear, entre ellos, el funcionamiento seguro y fiable de las centrales nucleares existentes; la necesidad de encontrar soluciones convincentes a los problemas de almacenamiento y evacuación de desechos; y un proceso predecible de concesión de licencias. Esos requisitos, junto con una política nacional de apoyo y coherente, son necesarios para conseguir una mayor aceptación pública de la energía nucleoelectrica que, según dijo, constituye probablemente el requisito previo más importante.

El Dr. Semenov concluyó apuntando que estas tareas no pueden realizarse todas inmediatamente. No obstante, debe tomarse medidas cuanto antes para preservar la opción nucleoelectrica con el mejor ánimo de satisfacer las necesidades del mundo en materia de electricidad y medio ambiente.