

Portada: En el último decenio los países donde la energía nuclear constituye una importante fuente de electricidad han podido disminuir drásticamente las emisiones atmosféricas de CO₂, uno de los gases de efecto de invernadero. Como se informa en la presente edición del *Boletín del OIEA*, los estudios muestran que las emisiones de CO₂ pueden disminuir aún más si se aumenta la participación de la energía nuclear en los mercados de electricidad en el mundo. Muchos países de Asia, América Latina y otras regiones se valen de una diversidad de servicios técnicos y consultivos que presta el OIEA para evaluar objetivamente sus opciones para la generación de electricidad. Las necesidades de energía son grandes; en Asia solamente —donde las tasas de crecimiento demográfico se encuentran entre las más elevadas del mundo— se requieren inversiones por valor de unos 500 000 millones de dólares en los sistemas de energía eléctrica para apuntalar las economías nacionales, y satisfacer la demanda de electricidad prevista durante el presente decenio. (*Diseño de portada: Sra. Hannelore Wilczek, OIEA.*)

Contraportada: Un trabajador sube paso a paso una torre de enfriamiento para obtener desde arriba una vista panorámica de la central nuclear Bugey ubicada en Francia, donde alrededor del 75% de toda la electricidad es generada con energía nuclear. (*Cortesía: Setboun/Rapho Agence de Presse, Paris.*)

INDICE

Crónicas Desarrollo de la energía nucleoelectrónica en Asia
por Chuanwen Hu y Georg Woite / 2

Cooperación regional en Asia y el Pacífico:
Planificación en materia de energía, electricidad y energía nucleoelectrónica
por J. Easey y P. Molina / 8

Las estrategias energéticas y la energía nucleoelectrónica en América Latina
y el Caribe: Un apoyo al desarrollo
por E. Bertel y P. Molina / 13

La energía nucleoelectrónica y su papel en la limitación de las emisiones
de dióxido de carbono
por J.F. van de Vate y L.L. Bennett / 20

Producción de electricidad y gestión de desechos: Comparando las opciones
por V. Tsyplenkov / 27

Informes temáticos Fortalecimiento de la seguridad nuclear y radiológica en los países
de la antigua Unión Soviética
por Morris Rosen / 34

Mejorar la seguridad de las centrales nucleares WWER:
Enfasis en la asistencia técnica en Europa central y oriental
por Wiktor Zyszkowski / 39

La próxima generación de centrales nucleares y las generaciones sucesivas:
Crecen las aspiraciones
por C.A. Goetzmann, L. Kabanov y J. Kupitz / 45

Informe especial Niveles globales de exposición a las radiaciones:
Resultados de los estudios internacionales más recientes
por Abel González / 49

Secciones fijas Resumen internacional de noticias/Datos estadísticos / 52

Keep abreast with IAEA publications (Publicaciones del OIEA) / 62

Bases de datos en línea / 64

Posts announced by the IAEA (Anuncio de puestos del OIEA) / 66

Conferencias y seminarios del OIEA/Programas coordinados de investigación / 68

Desarrollo de la energía nucleoelectrica en Asia

Las pujantes economías nacionales y las necesidades de electricidad impulsan los planes para la introducción o ampliación del uso de la energía nucleoelectrica

por
Chuanwen Hu
y Georg Woite

Asia, el continente de mayor población del mundo, ha alcanzado un importante crecimiento económico en los últimos decenios. En muchos países el rápido crecimiento demográfico y económico ha traído aparejada una enorme demanda de energía y electricidad, demanda que no podrá satisfacerse con la combinación de los combustibles fósiles y la energía hidráulica. Por tanto, se espera que la energía nucleoelectrica se convierta en una importante opción para satisfacer de manera sostenible las necesidades de electricidad de la región a largo plazo.

Por ejemplo, en el Japón y la República de Corea los acertados programas nucleares en curso representan ahora una gran participación en la generación total de electricidad. La República Popular China y la India, los dos países en desarrollo más grandes del mundo, siguen ejecutando activamente sus programas nacionales de energía nuclear. Algunos otros países asiáticos han anunciado su intención de incluir la energía nucleoelectrica en los planes energéticos a largo plazo.

En el presente artículo se examinan los más recientes acontecimientos en materia de energía de la región, y más concretamente la situación y las perspectivas de la energía nucleoelectrica. A la vez, se analizan sucintamente algunos aspectos del crecimiento demográfico y económico, la demanda de energía y las limitaciones ambientales y financieras del suministro de energía en Asia, y se considera la situación existente en distintos países en relación con el papel que puede desempeñar la energía nuclear.

Desarrollo económico y energético

Alrededor del 60% de la población mundial vive en Asia, donde el producto nacional bruto y el consumo per cápita de energía de la mayoría de los países alcanzan niveles bastante bajos. Asia meridional es una de las regiones con las tasas de crecimiento demográfico más elevadas del mundo, y se prevé que esta tendencia se mantenga hasta finales del presente siglo y posteriormente. La mayor parte de la población vive en zonas rurales y usa muy poco

la energía generada comercialmente. Sin embargo, la creciente urbanización y el mejoramiento de los niveles de vida en el futuro se traducirán en una mayor demanda de suministro energético con marcado énfasis en el uso de la energía comercial, sobre todo de electricidad. Las economías de rápido crecimiento de muchos países asiáticos propician el aumento de la demanda de energía. Esta situación ha empeorado el actual déficit energético de la región, y los cortes de energía y el racionamiento del suministro son habituales en las zonas municipales.

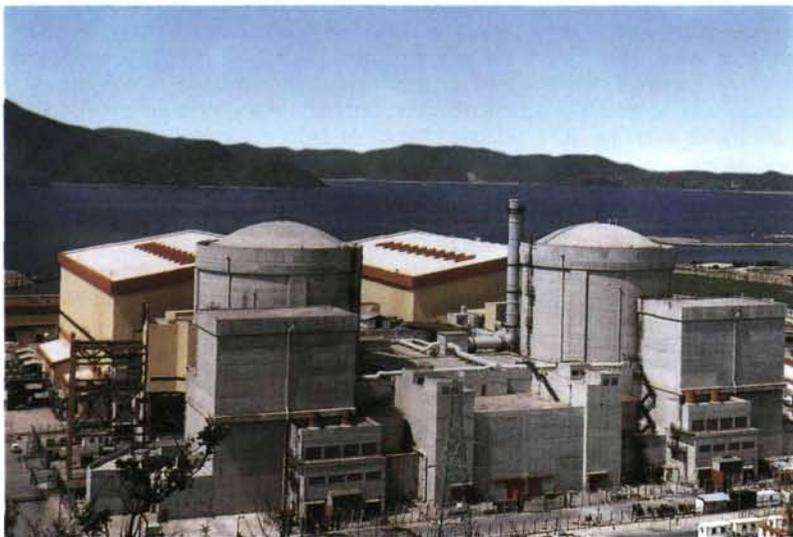
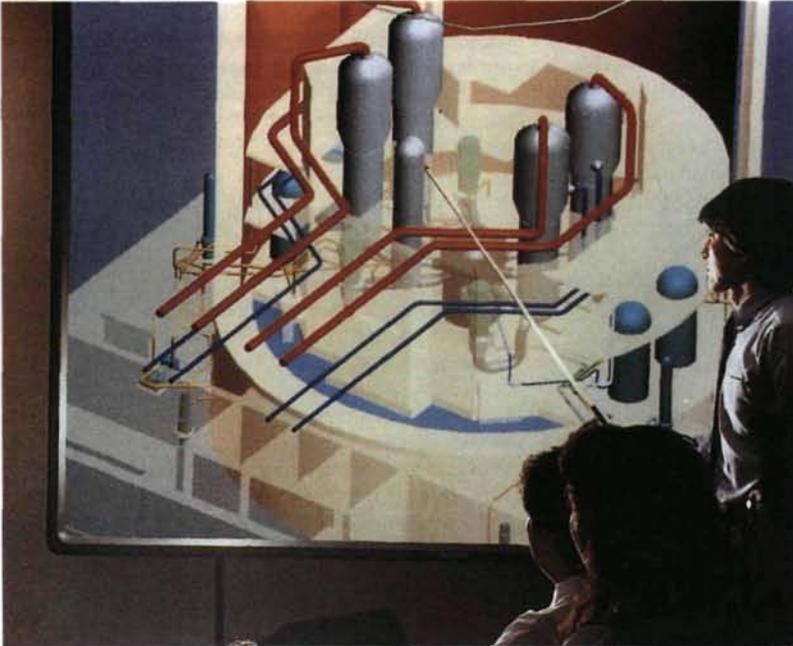
El consumo per cápita de electricidad en la mayoría de los países asiáticos es muy inferior al de los países industrializados. En comparación con los más de 10 000 kWh per cápita al año que se consumen en los Estados Unidos, Suecia y el Canadá, en 1989 el consumo per cápita anual de electricidad de la India y China fue sólo de 305 kWh y 515 kWh respectivamente. Es preciso ampliar cuanto antes el sistema eléctrico a fin de apuntalar las economías nacionales.

En China, para sostener el rápido crecimiento económico del país (más del 10% anual) durante el último decenio, se ha incrementado en más del doble la potencia total instalada de generación eléctrica, llegando a 150 gigavatios (GWe) en 1991. Pese a este rápido aumento, el suministro de electricidad no ha llegado a satisfacer la demanda en las zonas costeras de China que experimentan un rápido desarrollo. Se prevé disponer anualmente de una nueva potencia de generación de 12 a 15 GWe hasta finales del presente siglo, fecha en que la capacidad total de generación de electricidad del país alcanzará unos 260 GWe.

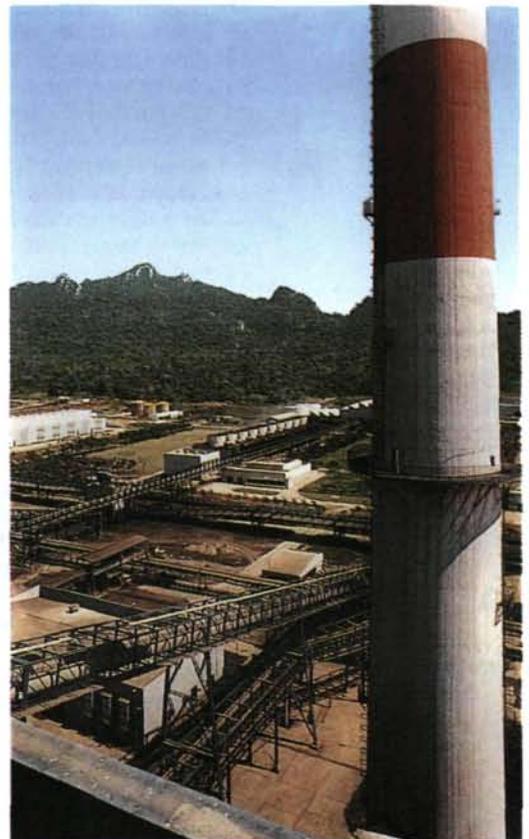
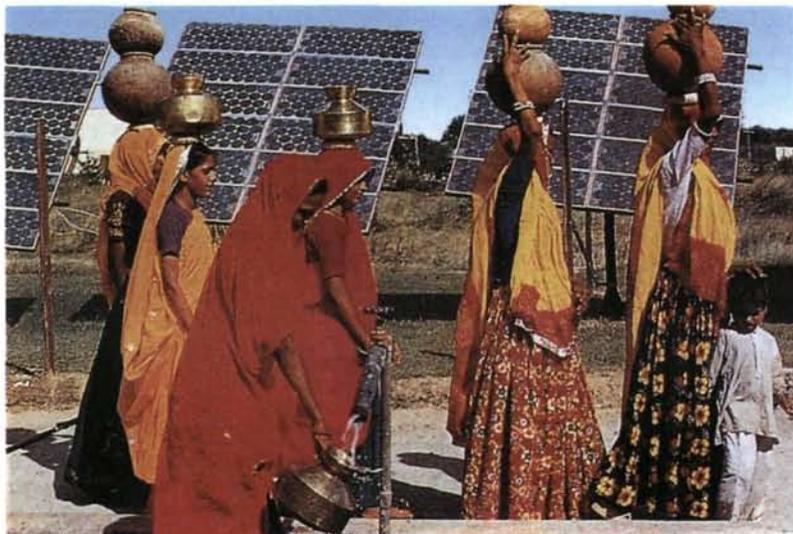
En la India, la capacidad de generación de electricidad aumentó a un ritmo de alrededor de 5 GWe anuales en el período de 1985 a 1990. Sin embargo, se calcula que en 1991 este país experimentaba un déficit máximo de más de 10 GWe, y una escasez de energía de 21 000 millones de kWh aproximadamente. En el plan económico del Gobierno de la India para el quinquenio 1992-1997 se prevé la necesidad de que el sector público cuente con una capacidad adicional de generación de 31 GWe.

En Indonesia, la capacidad de generación se ha duplicado durante los últimos 10 años, pero tendrá que duplicarse nuevamente para el año 2000 a fin de satisfacer el aumento anual de la demanda calculado en 10%. Para el año 2015 el país necesitará disponer de una potencia adicional instalada de 35 GWe.

Los Sres. Hy y Woite son funcionarios de la Division de Energía Nucleoelectrica del OIEA.



La energía nucleoelectrica es una de las diversas fuentes de energía que se están desarrollando para satisfacer las crecientes demandas de electricidad de Asia. Comenzando por la parte superior izquierda: Análisis de nuevos diseños de centrales nucleares en el Japón; mantenimiento de las líneas de energía eléctrica en Indonesia; central nuclear Guandngong ubicada en Daya Bay, China; paneles solares en un poblado de la India; central alimentada con carbón en Tailandia. (Cortesía: Mitsubishi, EdF; PNUD, ADB, HKNIC)



En Malasia, el consumo de electricidad aumentó un 8% en 1989 y un 15% en 1990. La demanda de electricidad del país, que ahora es de unos 5 GWe, casi se triplicará hasta alcanzar unos 13 GWe a fines del decenio.

En Tailandia, la capacidad de generación de electricidad se ha incrementado rápidamente en los últimos años (5,6% en 1989; 17% en 1990) y cada año se requiere una capacidad adicional de cerca de 1 GWe.

En la República de Corea, la demanda de electricidad se incrementó aproximadamente de un 13% a un 14% anual entre 1987 y 1990, y se prevé que hasta el año 2006 aumente de un 4,5% a un 6% anualmente.

Se estima que el vertiginoso crecimiento económico que se observa por toda Asia motivará que se duplique la demanda de electricidad en el decenio de 1990. La capacidad adicional estimada de generación de electricidad que requiere anualmente este continente es de unos 20 GWe y ascenderá a casi 200 GWe durante el próximo decenio.

Limitaciones en el suministro de energía

Existe actualmente un gran desequilibrio entre la oferta y la demanda de energía en Asia. Muchos problemas han obstaculizado la aplicación de los ambiciosos programas energéticos que se planificaron. En las secciones siguientes se examina el comportamiento en diferentes países de algunos factores importantes.

Recursos. Algunos países asiáticos, como por ejemplo, el Japón (principal importador de energía del mundo) y la República de Corea, han dependido en gran medida del combustible importado para el suministro de energía. La difícil situación que experimentaron estos países durante la crisis del petróleo del decenio de 1970 tuvo importantes repercusiones en las políticas energéticas nacionales. Con miras a garantizar la disponibilidad de energía a largo plazo, en el Japón, la República de Corea y Taiwán (China) se han venido aplicando programas nucleoelectrónicos estables y bien planificados. Enfrentada a una creciente demanda interna, Indonesia podría convertirse en importador neto de petróleo a fines del decenio. Se espera que antes del año 2003 este país disponga de una nueva potencia instalada de más de 20 GWe; sin embargo, según las limitaciones existentes en el país con respecto al consumo de carbón (40 millones de toneladas anuales), la capacidad máxima de generación a base de carbón no sobrepasaría los 15 GWe. Aunque los estudios realizados por el gobierno indican que sería factible aplicar un programa nucleoelectrónico, la electricidad generada a partir de la energía nuclear no sería la opción más barata en este momento.

Protección del medio ambiente. Los combustibles fósiles constituyen la principal fuente de energía para la generación de electricidad en Asia. China y la India, los dos principales consumidores de carbón en la región, seguirán cubriendo la mayor parte de sus necesidades de energía con este mineral. El quemado de combustibles fósiles provoca las enormes emisiones de dióxido de carbono, así como de óxidos de azufre y nitrógeno. Entre los principa-

les países emisores de CO₂ del mundo figuran China, el Japón y la India que ocupan los cinco primeros lugares en términos absolutos. Se calcula que las emisiones de dióxido de carbono en Asia aumenten hasta llegar al 30% en el año 2000. Las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno han producido una grave contaminación y daños significativos al desarrollo económico y la salud humana en la región. Resulta indispensable disminuir gradualmente la participación de los combustibles fósiles en la producción de electricidad y adoptar tecnologías menos contaminantes a tal efecto.

Transporte y transmisión. Las abundantes reservas de carbón de China y la India están distribuidas desigualmente desde el punto de vista geográfico. La mayoría de las zonas de rápido desarrollo, donde se concentra el consumo, se hallan muy distantes de los yacimientos carboníferos. En China, aun cuando el transporte de carbón absorbe el 40% de la capacidad total de la carga ferroviaria, la red de transporte no satisface las demandas. La insuficiente capacidad para el transporte de carbón se ha convertido en una traba para el desarrollo económico de las zonas costeras del país.

Las pérdidas que se producen en la transmisión y distribución de la electricidad han agravado seriamente el déficit de energía en los países asiáticos. Por ejemplo, en el Pakistán el 28% de la producción total de electricidad se pierde en la transmisión y distribución. Durante 1989 y 1990 las compañías de electricidad de la India registraron pérdidas de un 23%. La transmisión de electricidad a larga distancia desde centrales hidroeléctricas o eléctricas alimentadas con carbón en bocamina se enfrenta a dificultades.

Financiamiento. Se calcula que durante el próximo decenio Asia necesite una capacidad eléctrica adicional de unos 200 GWe; ello requiere una inversión de por lo menos 500 000 millones de dólares en sistemas energéticos. Como la mayoría de esos proyectos que se ejecutan en los países de Asia se han regido por la reglamentación nacional, los gobiernos reconocen cada vez más que no están en condiciones de seguir sufragándolos por sí solos. Como resultado de ello, varios países asiáticos, como Filipinas y Malasia, están promoviendo la privatización del sector energético, y alentando al sector privado para que invierta en proyectos energéticos. Las inversiones extranjeras directas y los proyectos de empresas conjuntas son otro tipo de enfoque financiero al que recurren algunos gobiernos (por ejemplo, China) a fin de obtener capital extranjero para proyectos energéticos avanzados en gran escala.*

Experiencia adquirida en la esfera nucleoelectrónica en Asia

En Asia existían 70 centrales nucleares conectadas a las redes eléctricas, y 21 en construcción a

*En la reciente publicación del OIEA titulada *Financing Arrangements for Nuclear Power Projects in Developing Countries*, Viena (1993), se analizan más detalladamente las características y problemas relativos a la financiación de proyectos nucleoelectrónicos en los países en desarrollo.

finés de 1992. Los cuatro reactores de potencia que comenzaron a construirse en el mundo entre 1991 y 1992 se encuentran ubicados en el Japón y la República de Corea. Además, los nuevos reactores (más de 10) cuya construcción estaba prevista para 1993 están situados en Asia. (Véase el cuadro.)

Los países y regiones de Asia que desarrollan la energía nucleoelectrónica se pueden agrupar de la siguiente manera:

- En el primer grupo figuran el Japón, la República de Corea y Taiwán (China). En estos países se establecieron y vienen aplicándose con éxito programas nucleoelectrónicos coherentes a largo plazo para garantizar la seguridad en materia de energía y disminuir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles. Durante 1992 en el Japón, la República de Corea y Taiwán (China) la participación de la energía nucleoelectrónica en la generación total de electricidad fue del 27,7%, 43,2% y 35,4%, respectivamente. La infraestructura industrial ha aumentado considerablemente y se observa una creciente autosuficiencia tecnológica en la esfera de la energía nucleoelectrónica. En Corea se prevé alcanzar un nivel de autosuficiencia tecnológica del 95% cuando en 1995 comience la explotación comercial de las unidades 3 y 4 de Yonggwang. En cuanto al aspecto económico, los estudios demuestran que la energía nucleoelectrónica utilizada en la generación de electricidad resulta más barata que los combustibles fósiles en el Japón y compite con el carbón en Corea.

- China y la India integran el segundo grupo. El rápido crecimiento demográfico y el desarrollo económico exigen que se amplíe significativamente la capacidad de generación eléctrica. La generación de electricidad que depende en gran medida del quemado de carbón provoca una grave contaminación ambiental en muchas zonas. La energía nucleoelectrónica se introdujo a fin de disminuir los efectos de este problema, y mitigar el déficit de energía. Ambos países tienen capacidades en la esfera nuclear basándose en la tecnología y los recursos autóctonos, y tienen grandes posibilidades para desarrollar aún más la energía nucleoelectrónica. Estudios realizados en estos países indican que la energía nucleoelectrónica resultaría competitiva en las regiones industriales que se encuentran bastante alejadas de las reservas de carbón de bajo precio, y que ahora se ven afectadas por la contaminación ambiental. La décima central nuclear de la India, Kakrapar-1, ya comenzó a ser explotada comercialmente. La mayoría de los reactores indios son reactores de agua pesada a presión (PHWR) de diseño nacional. La primera central nuclear autóctona de China (Qinshan) comenzó a funcionar a plena capacidad en agosto de 1992. La primera unidad de la central nuclear importada de Daya Bay se puso en marcha en julio de 1993, y se espera inaugurar la segunda en 1994. Se planea establecer proyectos nucleares en varias provincias de China.

- En el tercer grupo se incluye a Filipinas, el Pakistán y el Irán. Todos estos países han tenido experiencias difíciles en el establecimiento de los programas nucleoelectrónicos. El Pakistán dispone de un PHWR de 125 MWe que tiene más de 20 años y con un rendimiento operacional relativamente bajo. La central nuclear de Bataan (reactor nuclear de agua a presión de 620 MWe) ubicado en Filipinas se ter-

minó en 1986, pero el gobierno anunció que no la pondrá en funcionamiento. La construcción de una central nuclear en el Irán se ha mantenido paralizada durante largo tiempo. Sin embargo, estos tres países no cejan en su empeño por lograr que se difunda la energía nucleoelectrónica. En agosto de 1993 comenzaron las obras de construcción de la segunda central nuclear del Pakistán (un reactor de agua a presión de 300 MWe proporcionado por China). El Irán está en negociaciones con China y Rusia para comprarles centrales nucleares. En julio de 1993 el Presidente de Filipinas dispuso que se formulara un amplio programa nucleoelectrónico.

- En el cuarto grupo figuran varios países asiáticos, entre ellos Indonesia, Tailandia, Malasia, la República Popular Democrática de Corea, Viet Nam, Turquía y Bangladesh. Los gobiernos de todos estos países han manifestado su intención de desarrollar la energía nucleoelectrónica. En Indonesia se espera que en 1996 se haya terminado un estudio de viabilidad sobre una central nuclear de 600 MWe en Java, región densamente poblada y de rápido desarrollo, con el objetivo de explotar la primera central nuclear del país en el año 2003. En Tailandia se prevé someter al gobierno para su aprobación un anteproyecto para construir seis unidades con una capacidad nuclear de 6 GWe, y realizar un estudio de viabilidad comercial en un plazo de tres años. La puesta en servicio de las primeras dos unidades está programada para el año 2006. En Turquía, la Atomic Energy of Canada Limited (AECL) presentó a las autoridades de este país una propuesta amplia para instalar un reactor de 700 MWe en el emplazamiento de Akkuyu.

Perspectivas de la energía nucleoelectrónica

Planificación de proyectos nucleoelectrónicos. En la mayor parte de Asia se observan ambiciosos planes para aumentar significativamente la capacidad nucleoelectrónica. Las últimas solicitudes para la construcción de centrales nucleares en el mundo provienen de los países asiáticos.

En el Japón la energía nuclear se ha convertido en una fuente de energía económica y estable, y su papel a largo plazo ha sido definido claramente. Las compañías eléctricas japonesas han anunciado un plan para comenzar la construcción de otras 10 unidades nucleares en los próximos dos años. En un informe del Ministerio de Comercio e Industria se pidió que para el año 2010 se generaran otros 40 GWe, lo que duplicará la capacidad nuclear actual del país.

La República de Corea proyecta construir otras 18 unidades nucleares en el período de 1991 a 2006, con lo que se propone alcanzar una capacidad total de generación de energía nuclear de 23 GWe en el año 2006.

Es evidente que en China la energía nucleoelectrónica está cobrando importancia en la estrategia nacional de desarrollo energético. Hasta el presente ocho provincias han venido trabajando activamente en la construcción de centrales o la realización de estudios *in situ* y de viabilidad para nuevas centrales nucleares. En noviembre de 1992 se aprobó el examen del diseño preliminar para la segunda fase del

Situación de la energía nucleoelectrica en Asia al final de 1992

País	Reactores en funcionamiento		Reactores en construcción		Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad %	Reactores planificados		
	Nº de unidades	MWe totales	Nº de unidades	MWe totales		Nº de unidades	MWe totales	Año en funcionamiento
China	1	288	2	1812	0,1	12	8400	2005
Filipinas			1	620**			620-1500	2010
India	9	1593	5	1010	3,3	16	3100	2000
Indonesia						1	600	2003
Irán			2	2392			600-2600	2010
Japón	44	34 238	9	8129	27,7		72 500	2010
Malasia						1		2002
Pakistán	1	125			1,2	2	425	1999
República de Corea	9	7220	3	2550	43,2	27	23 000	2006
Tailandia						2	2000	2006
Turquía						1	700	2000
Viet Nam							800-1200	2010
Total Asia*	70	48 354	22	16 513				
Total mundial	424	330 651	72	59 720	16,7			

* El total incluye 6 unidades en funcionamiento, con una capacidad de 4890 MWe en Taiwán, China (35,4% de participación de la energía nucleoelectrica en la generación total de electricidad).

** Central en régimen de preservación.

Fuentes: SIRP del OIEA. La información de los reactores planificados se obtuvo de informes seleccionados sobre planes nacionales.

proyecto de Qinshan (dos reactores de agua a presión de 600 MWe). Comenzaron los preparativos y las negociaciones con los proveedores extranjeros para la segunda fase del proyecto de Daya Bay (dos reactores de agua a presión de 900 MWe). China y Rusia suscribieron un acuerdo para la construcción de dos unidades de diseño WWER (dos centrales de 1000 MWe) en Liaoning. Además, en la provincia de Jiangxi se hacen preparativos para construir una central nuclear de 600 MWe y la isla de Hainan ha propuesto la construcción de dos reactores de agua a presión de 350 MWe.

En Taiwán, China, la Taipower ha solicitado ofertas para su cuarta central nuclear (dos reactores de agua ligera de 1000 MWe). Se espera que la central esté terminada en el año 2000.

En los próximos 10 años la India proyecta construir no menos de otros 15 reactores de potencia para paliar la crisis energética que atraviesa el país. De

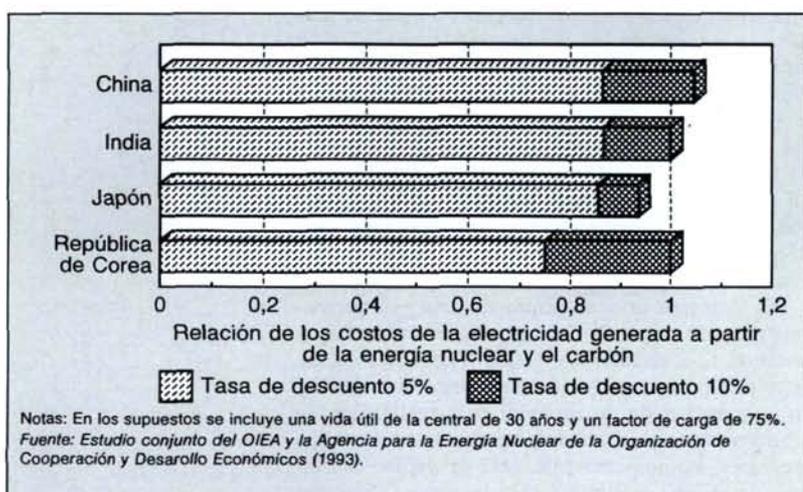
disponer de recursos presupuestarios, el Pakistán se propone comprar a China un segundo reactor de agua a presión de 300 MWe. Indonesia ha manifestado su intención de emprender un programanucleoelectrico en el marco de su planificación a largo plazo, mientras que Tailandia se propone adquirir una capacidad nuclear de 6 GWe.

Competitividad económica. La competitividad económica de la energía nucleoelectrica respecto de la generación de electricidad con carga básica convencional depende de una serie de factores locales y específicos del país, entre ellos los precios de los combustibles a nivel local, la protección ambiental y otros requisitos de reglamentación, así como la tasa requerida de amortización de capital o de descuento.

La energía nucleoelectrica puede competir con la generación de electricidad convencional en países con potentes redes de distribución y escasez de recursos energéticos autóctonos, como el Japón y la República de Corea. La energía nucleoelectrica también resulta competitiva en regiones con acentuado crecimiento económico que se encuentran distantes de los grandes yacimientos de carbón o gas o de la energía hidráulica barata, como las regiones costeras de China, la India occidental y meridional, y algunas regiones del tercer y cuarto grupos de países a que se hizo referencia anteriormente. Estudios realizados por cuatro países asiáticos (China, la India, el Japón y la República de Corea) indican que, en la mayoría de los casos, la energía nucleoelectrica sería la opción más barata para la generación de electricidad a partir de las centrales proyectadas, cuya explotación está programada que comience alrededor del año 2000.

Desarrollo tecnológico. El desarrollo de la energía nucleoelectrica en los países asiáticos promueve el desarrollo tecnológico de las industrias nucleares nacionales. En el Japón se está construyendo el primer reactor avanzado de agua en ebullición del mundo. La reproducción en la República de Corea de los PHWR Candu significará un avance notable.

Competitividad económica de la electricidad generada a partir de la energía nuclear y el carbón en los países asiáticos



China está construyendo una central de referencia autóctona, el PWR de 600 MWe de corriente alterna que destaca por sus funciones avanzadas y características de seguridad pasiva. La India está considerando la posibilidad de utilizar el torio para producir energía nucleoelectrica, pues dispone de limitados recursos de uranio. A causa de sus pequeños sistemas de redes de distribución y poca disponibilidad de capital, muchos países asiáticos también constituyen mercados atractivos para instalar reactores de potencia mejorados de pequeño y mediano tamaño.

En Asia se construyen con gran celeridad reactores reproductores rápidos (FBR) que contribuirán al desarrollo nucleoelectrico a largo plazo. En Monju, reactor reproductor rápido experimental del Japón, se espera alcanzar la primera criticidad en 1994. La India proyecta hacer un examen pormenorizado y terminar el diseño de un prototipo de reactor reproductor rápido prototipo de 500 MWe en los próximos dos años. Se llevan a cabo los preparativos técnicos para instalar un FBR experimental de piscina (65 MW(t)).

Atención a problemas y necesidades

Los elevados gastos de capital de la energía nucleoelectrica dificultan la aplicación de ambiciosos planes nucleoelectricos en muchos países en desarrollo que carecen de capital de inversión. La financiación es un factor clave para la expansión de la energía nucleoelectrica en China y la India. Varios países asiáticos procuran atraer las inversiones privadas y extranjeras para la construcción de centrales nucleares.

El grado de participación nacional depende de la infraestructura industrial disponible localmente. Una marcada participación de la industria local quizás eleve inicialmente los costos de los programas nucleares en pequeña escala, pero podría reducirlos en el caso de los programas nucleares a largo plazo y en gran escala.

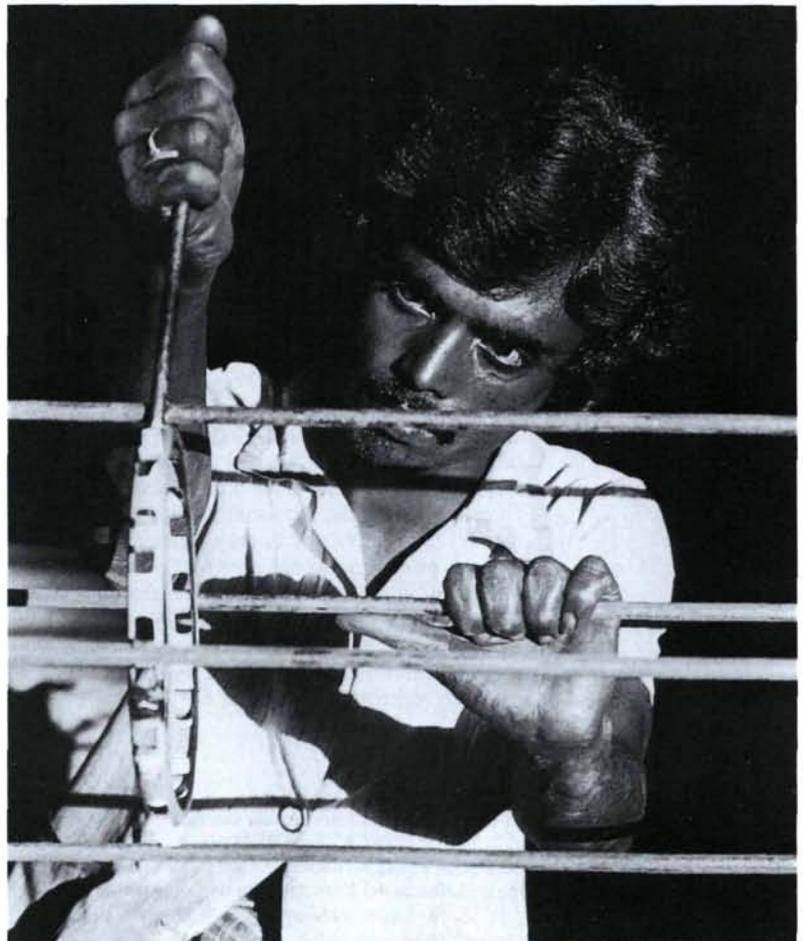
La difusión de la energía nucleoelectrica plantea una exigencia tecnológica en relación con los recursos humanos. Es indispensable contar con personal altamente calificado para el diseño, la fabricación del equipo, la construcción, la gestión y la explotación de las centrales nucleares con miras a lograr su buen funcionamiento y elevados niveles de seguridad y competitividad desde el punto de vista económico. Otros factores que se deben tomar en cuenta son la selección de emplazamientos apropiados para las centrales nucleares y la evacuación permanente de los desechos radiactivos, dos cuestiones que han suscitado la preocupación del público respecto de la energía nuclear.

El OIEA presta amplia asistencia a los países interesados, por ejemplo, en la planificación de la ampliación del sistema eléctrico, los estudios de viabilidad de proyectos nucleoelectricos, la selección de los emplazamientos, el desarrollo de los recursos humanos, la gestión de proyectos, la tecnología de centrales y las evaluaciones de seguridad. Se han ejecutado diversos proyectos de asistencia técnica para coadyuvar al desarrollo nucleoelectrico de Asia.

Se prevé que durante el actual decenio Asia prosiga su rápido crecimiento económico con una

demanda cada vez mayor de electricidad. La energía nucleoelectrica podría desempeñar un papel cada vez más importante en el desarrollo económico sostenible de la región, y redundar en beneficios particulares de esferas como la protección ambiental y la seguridad en materia de energía. Se calcula que para el año 2000 de 90 a 100 unidades nucleares podrían conectarse a las redes de distribución de Asia, y se prevé lograr un mayor desarrollo de la energía nucleoelectrica a principios del próximo siglo.

Un técnico trabajando en una línea de transmisión de energía en Bangladesh. (Cortesía: ADB)



Cooperación regional en Asia y el Pacífico: Planificación en materia de energía, electricidad y energía nucleoelectrónica

A través de un programa de cooperación técnica del OIEA, diversos países están adquiriendo experiencia para analizar sus opciones energéticas

por J. Easey
y P. Molina

Durante los últimos cinco años, los países de la región de Asia y el Pacífico han venido trabajando conjuntamente en el marco de un programa de cooperación del OIEA para estudiar sus perspectivas energéticas. Esta labor se ha ejecutado mediante una serie de talleres y cursos de capacitación, organizados a través del Acuerdo de Cooperación Regional (ACR) para la investigación, el desarrollo y la capacitación en materia de ciencias y tecnología nucleares, iniciado en 1972. Desde entonces, 15 países de la región de Asia y el Pacífico han pasado a ser miembros del ACR: Australia, Bangladesh, China, Filipinas, India, Indonesia, Japón, Malasia, Mongolia, Pakistán, República de Corea, Singapur, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam.

En los últimos decenios, se ha realizado una amplia gama de actividades del ACR, principalmente en las esferas de la agricultura, la industria, la medicina, la protección radiológica y las ciencias nucleares básicas. En 1987 se amplió el alcance del programa con el inicio del proyecto sobre planificación de la energía y la energía nucleoelectrónica, el cual se centró fundamentalmente en acrecentar la experiencia nacional en el uso de dos modelos para la planificación de la energía y la energía nucleoelectrónica, a saber, el Modelo para el Análisis de la Demanda Energética, conocido por los siglas MAED (Model for Analysis of Energy Demand), y el conjunto de programas de cómputo para planificación de la expansión de los sistemas de generación eléctricos, conocido por las siglas WASP (Wien Automatic System Planning Package). El proyecto, establecido originalmente con una duración de cuatro años, se extendió realmente hasta 1992. En julio de 1993, en

El Sr. Easey es el Coordinador del Acuerdo de Cooperación Regional (ACR) del OIEA para la investigación, el desarrollo y la capacitación en materia de ciencias y tecnología nucleares del Departamento de Cooperación Técnica, y el Sr. Molina es funcionario de la División de Energía Nucleoelectrónica del OIEA.

una reunión celebrada en Yakarta, los coordinadores nacionales del proyecto recomendaron su prórroga.

En el presente artículo se examinan las actividades realizadas en el marco del proyecto energético del ACR, y se informa acerca del plan de acción que se recomienda para la siguiente etapa del proyecto.

Antecedentes económicos y energéticos

En el transcurso del último decenio, los países que participan en el ACR, conjuntamente con algunos otros de la región de Asia y el Pacífico, han registrado un rápido crecimiento económico que sobrepasa ampliamente al de otras regiones del mundo. Esto se ha traducido en un mejoramiento de los niveles de vida y, como es de suponer, en un aumento de la demanda de productos y servicios. Estos y otros aspectos han contribuido al incremento de la demanda de energía en general, y de electricidad en particular, en toda la región, donde algunos países poseen tasas de crecimiento anual muy elevadas.

Si bien las cifras son una manifestación elocuente de los resultados económicos de los países del ACR, es preciso considerar esos resultados atendiendo a índices expresados per cápita. (Véanse los cuadros.) En este contexto, pueden apreciarse grandes diferencias entre algunos países del ACR cuyo producto interno bruto (PIB) per cápita oscila entre unos 130 dólares (dólares constantes de los EE UU de 1980) en el caso de Viet Nam, y alrededor de 13 000 dólares de los EE UU en el de Australia y el Japón.

De igual manera, en 1991, el consumo de energía per cápita entre los países del ACR tuvo marcadas diferencias. El margen más elevado correspondió a Singapur, con un consumo per cápita de 6667 kilogramos de petróleo equivalente (kgpe), y a Australia, que consumió 5033,5 kgpe. En el otro extremo del espectro figuraron Bangladesh, con 77,4 kgpe y Viet Nam, con 148,4 kgpe. El consumo medio de 1991 en los países del ACR fue de unos 676 kgpe,

lo que representó menos de la mitad del promedio mundial, que en 1991 fue de casi 1583 kgpe.

En 1991 la producción de electricidad per cápita de los países del ACR también presentó un amplio margen. En los niveles más elevados figuraron Australia (8533 kWh) y el Japón (7129 kWh), mientras que en los más bajos se encontraban Bangladesh (67,1 kWh) y Viet Nam (120 kWh). Es importante señalar los altos niveles que registraron países como Singapur (5725,4 kWh) y Mongolia (1291,7 kWh). Con todo, el consumo medio de electricidad per cápita de los países del ACR fue de 817,4 kWh en comparación con el promedio mundial de 2195 kWh en 1991.

Una posible explicación del impresionante crecimiento económico registrado en Asia pueden ser las actuales modalidades del comercio en la región. El comercio regional está cobrando constantemente más importancia, y se espera que en el futuro supere el comercio con otras regiones del mundo, lo cual hará que la región sea más autosuficiente. Se prevé que el crecimiento económico de Asia se mantenga durante los próximos años, y ello tendrá una gran repercusión en la demanda de energía en general, y de electricidad en particular.

El desarrollo económico por sí solo motivará un aumento de la energía requerida para producir los bienes y servicios que se prevé que estimulen el desarrollo del sector de exportaciones. Al mismo tiempo, habrá una mayor demanda de energía para satisfacer las necesidades domésticas de la población.

Se espera que en la demanda total de energía de toda la región, la electricidad adquiera mayor importancia, como ha ocurrido en los países industrializados. Muchos países de Asia experimentan un proceso de industrialización que traerá aparejada la instalación de nuevas fábricas modernas que emplean la electricidad de manera más intensiva. Además, el ritmo de la electrificación aumentará los esfuerzos por llevar los servicios a todos los poblados no electrificados. A su vez, se observará una tendencia ascendente del consumo energético per cápita a medida que la población requiera un mayor número de aparatos electrodomésticos.

Desde el punto de vista del suministro de electricidad, se sabe que la región posee abundantes reservas energéticas para satisfacer la demanda prevista. Sin embargo, existen algunas complicaciones. En primer lugar, los recursos no se encuentran distribuidos de manera uniforme dentro de la región y ni siquiera dentro de los países que los poseen. Además, en muchos casos, los principales centros de demanda energética están ubicados a grandes distancias de las reservas. El problema se agrava en los países que presentan determinadas condiciones geográficas (insulares), o que carecen de infraestructuras de transporte apropiadas.

Estos factores subrayan la necesidad de que se planifiquen cuidadosamente las futuras instalaciones de producción de energía y electricidad.

Hasta la fecha, los países de la región han realizado denodados esfuerzos para planificar sus sistemas energéticos y eléctricos. Con todo, en el futuro habrá que redoblar los esfuerzos a medida que se hagan más escasos los recursos energéticos primarios y continúe aumentando la demanda. Por otra

Tasas de crecimiento anual medio de los países miembros del ACR (1980-1991)

Datos expresados en porcentajes	Población	PIB 1980-1990	Consumo de energía	Producción de electricidad
Australia	1,52	3,21	2,08	4,00
Bangladesh	2,56	3,45	5,95	11,60
China	1,48	8,73	4,49	7,63
Filipinas	2,49	1,72	2,04	1,98
India	2,07	5,74	5,09	9,74
Indonesia	2,00	4,70	3,94	11,28
Japón	0,55	4,25	2,30	4,41
Malasia	2,65	5,95	7,40	9,96
Mongolia	2,78	6,05	2,49	7,59
Pakistán	3,27	6,15	6,33	11,21
República de Corea	1,27	8,71	6,56	11,78
Singapur	1,15	6,98	4,88	8,31
Sri Lanka	1,49	4,25	2,76	6,66
Tailandia	1,56	7,49	5,75	12,03
Viet Nam	2,18	4,54	0,19	6,89
Media de los países del ACR	1,80	5,33	3,97	6,53

Producto interno bruto (PIB), consumo de energía y producción de electricidad per cápita en los países miembros del ACR

	PIB per cápita (dólares de los EE UU de 1980)		Consumo de energía per cápita (kg de petróleo equivalente)		Producción de electricidad per cápita (kWh)	
	1980	1990	1980	1991	1980	1991
Australia	10 674	12 595	4 735	5 033	6 542	8 533
Bangladesh	171	186	54	774	29	73
China	293	584	473	652	288	549
Filipinas	724	669	457	435	356	337
India	251	356	239	329	161	358
Indonesia	517	670	422	519	90	233
Japón	9 068	13 006	2 953	3 573	4 708	7 129
Malasia	1 779	2 439	760	1 252	697	1 486
Mongolia	835	1 142	1 424	1 380	781	1 292
Pakistán	328	431	222	306	172	389
República de Corea	1 637	3 318	1 156	2 024	997	2 956
Singapur	4 853	8 494	4 478	6 667	2 700	5 725
Sri Lanka	279	364	242	278	111	192
Tailandia	688	1 211	522	813	310	913
Viet Nam	105	132	184	148	73	120
Media de los países del ACR	842	1 183	536	676	496	817

Nota: Se han redondeado los datos.

parte, las inversiones en el sector energético y eléctrico competirán fuertemente con otras que se requieren para el desarrollo socioeconómico general, como por ejemplo, la atención de la salud y la educación. Además, con la creciente consideración de las cuestiones ambientales, se ha complicado aún más la labor de lograr un equilibrio adecuado entre el suministro y la demanda de energía.

En el caso de la electricidad, habrá que evaluar cuidadosamente todos sus ciclos de producción, principalmente dado el aumento previsto de la participación de la electricidad en la energía total. Los sistemas que se basan particularmente en el quemado

Reactores de potencia ubicados en los países miembros del ACR

	Reactores de potencia				Producción nuclear/participación en el total de electricidad		Experiencia de explotación	
	En funcionamiento		En construcción		TWh eléctricos	% del total	Años	Meses
	N° de unidades	Capacidad neta en MWe	N° de unidades	Capacidad neta en MWe				
Total mundial	424	330 651	72	59 720	2027,4	16,7	6479	9
Miembros del ACR:								
China	1	288	2	1 812	0,5	0,1	1	1
India	9	1 593	5	1 010	5,6	3,3	101	3
Japón	44	34 238	9	8 129	217,0	27,7	556	11
Paquistán	1	125	0	0	0,5	1,2	21	3
República de Corea	9	7 220	3	2 520	56,5	43,2	72	1
Total del ACR	64	43 464	19	13 191	280,1	17,2	752	7
Porcentaje del total mundial	15,1	13,1	26,4	22,6	13,8			11,6

de combustibles fósiles deberán evaluarse desde el punto de vista de sus repercusiones ambientales. Aunque las fuentes de energía renovables y la energía nucleoelectrica se aceptan como menos nocivas para el medio ambiente, éstas tendrán que evaluarse respecto de sus requisitos industriales y de los combustibles que se necesitan para el proceso de fabricación y la construcción de la planta, la elaboración o fabricación del combustible, así como la evacuación de los desechos. En estas evaluaciones comparativas se tendrán que considerar el combustible que se quema en una central, todos los aspectos relacionados con el uso del combustible en ella, y hasta su construcción. En este sentido, las centrales nucleares presentan la ventaja de no producir prácticamente emisiones atmosféricas en comparación con las alimentadas con combustibles fósiles. Sin embargo, aún existen preocupaciones respecto de la evacuación del combustible nuclear gastado.

En la actualidad, la demanda de electricidad en los países del ACR se satisface fundamentalmente con hidrocarburos, y esta tendencia continuará en

el futuro. Al presente, la energía nucleoelectrica representa alrededor del 10% de la capacidad eléctrica total de la región, y cerca del 12% de la generación total de electricidad. Esto obedece mayormente a la capacidad nuclear instalada en el Japón y la República de Corea. (Véase el cuadro.) Sólo cinco países del ACR tienen en funcionamiento reactores nucleares de potencia (China, India, Japón, Pakistán y República de Corea). A fines de 1992, estos países tenían en funcionamiento 64 reactores de potencia con una capacidad combinada de 43 464 MWe (neta), que en su conjunto representan alrededor del 13% de la capacidad nuclear total a nivel mundial. Esos mismos países construyen 19 reactores de potencia, con una capacidad combinada de 13 191 MWe (neta). Si se conectan a la red según lo programado, estas centrales aumentarán la participación del grupo del ACR en la capacidad nuclear mundial hasta casi el 15% para el año 2000.

Después del 2000, se prevé que esta participación aumente aún más con la introducción de la energía nucleoelectrica en algunos otros países. Por ejemplo,

Estimaciones del consumo mundial de energía, electricidad y energía nucleoelectrica

Grupo de países	1992			2000 (estimación)			2010 (estimación)		
	Uso total de energía (EJ)	Participación de la electricidad (%)	Participación de la energía nucleoelectrica (%)	Uso total de energía (EJ)	Participación de la electricidad (%)	Participación de la energía nucleoelectrica (%)	Uso total de energía (EJ)	Participación de la electricidad (%)	Participación de la energía nucleoelectrica (%)
América del Norte	92,1	38,2	7,3	94-95	40-43	7,2-7,3	95-99	43-50	7,3-7,4
América Latina	23,7	27,5	0,5	30-32	30-31	1,0-1,1	40-45	35-36	1,0-1,2
Europa occidental	60,2	38,8	11,9	63-64	42-43	12	66-68	47-50	10-13
Europa oriental	70,9	29,2	3,5	72-73	32-34	4,3-5,1	73-76	35-40	5,2-7,5
Africa	15,5	20,8	0,6	20-21	21-22	0,5	28-30	22-23	0,4-1,0
Oriente Medio y Asia meridional	27,3	21,5	0,2	34-35	24	0,5-0,7	45-49	27-28	0,5-0,9
Asia sudoriental y el Pacífico	13,6	24,4		17-18	27		23-25	31-32	0,2-0,8
Lejano Oriente	62,7	30,6	4,7	73-76	33-34	5,8-6,5	90-98	35-38	6,1-7,8
Total mundial	366,0	32,1	5,3	403-414	34-35	5,5-5,8	460-490	37-40	5,2-6,4

Fuente: Colección de Datos de Referencia N° 1 del OIEA.

Indonesia está realizando un estudio de viabilidad de un proyecto de energía nucleoelectrica cuya explotación está prevista para el año 2005. Se espera que otros países acometan estudios similares. (Véase en el presente número el artículo relacionado con este tema que comienza en la página 2.)

Según las tendencias existentes, es probable que la energía nucleoelectrica contribuya significativamente al desarrollo futuro de los países del ACR. Con todo, se precisará de una esmerada planificación en lo que concierne a la construcción de las centrales y, posteriormente, a su explotación sin riesgos, lo cual exige que se adopten decisiones oportunas en ambas esferas. La planificación reviste una importancia mayor al considerar la introducción del primer reactor de potencia en la red eléctrica de un país.

Proyecto del ACR para la planificación de la energía

En 1987, como parte del programa del ACR, se aprobó un proyecto sobre Planificación de la energía y la energía nucleoelectrica (PEEN).

El proyecto persiguió el objetivo fundamental de promover la cooperación regional en la esfera de la planificación de la energía y la energía nucleoelectrica centrándose en la experiencia que han adquirido los países del ACR en el uso de los modelos de programas de cómputo del OIEA, conocidos como MAED y WASP. Con ese fin se organizaron talleres, cursos de capacitación y otras actividades.

Talleres. El primer taller se celebró en Yakarta, Indonesia, del 7 al 11 de diciembre de 1987, y versó básicamente sobre el modelo WASP. Su objetivo principal consistió en promover el intercambio de información y de experiencia entre los países de la región en el uso del modelo WASP para planificar la ampliación de los sistemas eléctricos, incluida la planificación de la energía nucleoelectrica. El segundo objetivo de la reunión fue considerar si era preciso perfeccionar el programa WASP para adaptarlo mejor a las necesidades de los países de la región.

Posteriormente se celebraron tres talleres similares: en Kuala Lumpur, Malasia, del 5 al 9 de diciembre de 1988, en el que además del WASP se incorporó el modelo MAED; en Beijing, China, del 4 al 8 de septiembre de 1989, y en Daejeon, República de Corea, del 27 al 31 de agosto de 1990. En los dos últimos talleres también se analizó la importancia de las cuestiones ambientales respecto de la planificación de la energía y la electricidad.

En cada taller los participantes ofrecieron disertaciones en las que se analizaron la situación energética, eléctrica y nucleoelectrica de sus respectivos países. Esto permitió el intercambio de datos concretos, y los participantes tuvieron la oportunidad de determinar conjuntamente los principales problemas y formular recomendaciones sobre los planes de acción. Se reconoció que los modelos de planificación MAED y WASP son instrumentos muy eficaces para planificar la energía y la electricidad, y los participantes recomendaron que se organizaran cursos regionales de capacitación para proporcionar una formación especializada a expertos de la región.

Cursos de capacitación. En el marco del proyecto del ACR se organizaron dos series de cursos regionales de capacitación.

Conforme a las recomendaciones formuladas en los talleres, se organizó una serie de cursos sobre el tema de la planificación de la ampliación del sistema eléctrico. El primer curso se celebró en el Asian and Pacific Development Centre (APDC) de Kuala Lumpur, Malasia, cuyo gobierno sirvió de anfitrión conjuntamente con el APDC, y contó con el copatrocinio financiero del Asian Development Bank (ADB). También se recibió apoyo del Banco Mundial (BIRF) y de la Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (CESPAP). El segundo curso se celebró en el Organismo encargado del desarrollo hídrico y eléctrico (WAPDA) de Lahore, Pakistán, y fue auspiciado por el Gobierno de ese país por intermedio del WAPDA y de la Atomic Energy Commission del Pakistán (PAEC), y contó con el copatrocinio financiero del ADB. La CESPAP y el Gobierno del Canadá también brindaron apoyo adicional en el marco de un proyecto de la Canadian International Development Agency (CIDA), que está ejecutando la ACRES International Ltd. para el Pakistán.

En estos cursos se subrayaron principalmente los vínculos existentes entre la planificación de la energía, incluida la de la electricidad, y otros sectores de la economía. En particular, los participantes recibieron capacitación sobre el uso de la metodología del OIEA para planificar la ampliación del sistema eléctrico y el programa de computadora WASP-III, en su versión para computadoras personales. En cada curso, grupos de dos o tres participantes del mismo país realizaron estudios de casos usando sus datos nacionales. Los conferenciantes que ofrecieron los cursos procedían de países de la región y de otras regiones, así como del ADB, la CESPAP, el BIRF y el OIEA. Mediante estos cursos, se capacitó a un total de 58 planificadores de la energía y la electricidad procedentes de 10 países del ACR.

También se organizó otra serie de cursos regionales de capacitación gracias a una contribución especial de la República de Corea. Esta serie se centró fundamentalmente en la planificación y ejecución de proyectos de energía nucleoelectrica. Celebrados en el período de 1988 a 1991, estos cursos de tres semanas de duración fueron organizados por el Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) de Daejeon, e incluyeron una serie de temas de actualidad basados en la experiencia coreana. En estos cursos de capacitación participaron en total 64 especialistas, incluidos 54 procedentes de 11 países miembros del ACR. La mayoría de los participantes tenían amplia experiencia en la esfera de la ciencia y tecnología nucleares.

Mediante estos cursos se procuró proporcionar a los participantes conocimientos prácticos y métodos para la dirección de centrales nucleares, que abarcaban desde estudios de viabilidad y evaluaciones de las ofertas hasta la explotación comercial. El último curso se centró particularmente en el desarrollo de las infraestructuras organizativas, industriales y de personal que son esenciales para emprender un programa nucleoelectrico.

La mayoría de los conferenciantes de estos cursos provenían de la República de Corea y entre ellos fi-

guraban expertos del KAERI y de otras compañías coreanas, tales como la Korea Power Electric Corporation, Korea Power Engineering Company, Korea Heavy Industries Construction Company, Ltd., y de algunas universidades. En cada curso se celebraron varias rondas de debates sobre temas concretos a fin de poner de relieve la experiencia obtenida a partir de los diferentes métodos adoptados para planificar los programas nucleoelectricos. También se incluyeron visitas a emplazamientos nucleares y conexos, así como demostraciones prácticas de tecnología como por ejemplo, los simuladores de centrales nucleares.

Actividades futuras del proyecto

En la reunión celebrada en julio de 1993 para formular el proyecto del ACR sobre la planificación de la energía y la energía nucleoelectrica, los países participantes examinaron las necesidades y las direcciones futuras. La reunión fue auspiciada por el Gobierno de Indonesia y organizada por su Organismo Nacional de Energía Atómica (BATAN) en sus instalaciones de Pasar Jumat. En ella participaron coordinadores nacionales de Australia, Bangladesh, China, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Mongolia, Pakistán, República de Corea, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam.

Al examinar el proyecto, los coordinadores nacionales convinieron en que la primera etapa había sido muy beneficiosa porque proporcionó experiencia sobre la metodología WASP y había servido de medio eficaz para el intercambio regional de conocimientos en materia de planificación de la energía, la electricidad y la energía nucleoelectrica. Según su criterio analítico, era necesario aprovechar más esta inversión en el plano nacional, mediante una mayor capacitación del personal clave usando el método de

“capacitación de capacitadores”, y aumentar la precisión de los resultados de los estudios mediante el enriquecimiento de la información contenida en las bases de datos nacionales. Además, se estimó que este proyecto podría contribuir positivamente a la hora de formular estrategias eficaces para la utilización de la energía nucleoelectrica.

Al recomendar una prórroga del proyecto por otro quinquenio, los coordinadores nacionales formularon dos objetivos técnicos que deberían servir de base para la cooperación futura:

- Aumentar y perfeccionar la fiabilidad y calidad de las capacidades de previsión, planificación y análisis de la región respecto de las necesidades futuras de energía y electricidad, así como de sus repercusiones.
- Facilitar la aplicación de los programas nucleoelectricos a escala nacional, mediante el acopio y el análisis de la información sobre las estrategias eficaces que utilizan los países del ACR.

Durante el decenio de 1990, y a principios del siglo venidero, los países del ACR tendrán que adoptar nuevas medidas para reforzar sus capacidades de generación de electricidad. La necesidad de lograr una planificación apropiada es y seguirá siendo de capital importancia. Como aporte a este proceso de análisis y evaluación, el proyecto del ACR en materia de planificación de la energía y la energía nucleoelectrica puede continuar prestando un valioso apoyo.

Comentando los planos de la primera central nuclear de la República de Corea, Kori, en 1974. Actualmente, nueve reactores de energía nucleoelectrica suministran más del 40% de la electricidad del país.



Las estrategias energéticas y la energía nucleoelectrica en América Latina y el Caribe: Un apoyo al desarrollo

La ampliación del papel de la energía nucleoelectrica en los próximos decenios podría ayudar a que la región satisfaga la creciente demanda de servicios de electricidad

por E. Bertel
y P. Molina

En la región de América Latina y el Caribe habita el 8% de la población mundial que en su conjunto consume alrededor del 6% de la producción mundial de energía primaria. En los decenios venideros esta región —al igual que la mayoría de las zonas en desarrollo— experimentará un aumento de la demanda de energía, especialmente de los servicios de electricidad.

Las necesidades futuras de energía dependerán de varios factores, aunque es probable que entre éstos destaquen el crecimiento demográfico y los cambios en los estilos de vida. El incremento de la población motivará un aumento de la demanda de energía aun cuando su consumo per cápita, que ahora es relativamente bajo, mantenga su nivel actual. Es casi seguro que continúe el proceso de urbanización alrededor de gigantescas megalópolis como México D.F., São Paulo, Río de Janeiro, Buenos Aires y Santa Fe de Bogotá. Esto contribuirá a que aumente la demanda de energía, especialmente de electricidad. Ello también planteará nuevos y acuciantes problemas ambientales que requerirán la adopción de políticas energéticas más eficaces y ecológicamente racionales.

Como la intensidad energética de la región —consumo de energía por unidad del producto interno bruto (PIB)— es relativamente alta, existen grandes posibilidades de alcanzar un mayor rendimiento energético en los sectores industrial y residencial. Es posible lograr ahorros significativos mediante los adelantos tecnológicos y las políticas voluntarias. No obstante, la composición del PIB

tiende a representar un alto consumo energético, y los cambios estructurales requerirán tiempo. Por tanto, aunque se apliquen medidas para utilizar eficientemente la energía y programas de conservación, la intensidad energética permanecerá estable o continuará aumentando lentamente. Además, para mejorar la eficiencia energética se requieren inversiones cuya financiación quizás sea difícil de lograr. Al igual que otras regiones en desarrollo del mundo, la de América Latina y el Caribe tiene recursos financieros limitados y grandes necesidades para lograr el desarrollo social y económico, así como para resarcir los préstamos ya recibidos.

Por tanto, se espera que el consumo de energía primaria de la región continúe aumentando a un ritmo más acelerado que el promedio mundial. Además, la demanda de fuentes energéticas comerciales crecerá con más rapidez, ya que sustituirán progresivamente a las fuentes no comerciales. Los escenarios que ha elaborado el Consejo Mundial de la Energía (CME) muestran que el consumo de energía primaria en América Latina y el Caribe aumentará en un factor de entre 1,25 y 1,7 desde 1990 hasta el año 2000, según el crecimiento económico y de la población, y el éxito relativo de los programas relacionados con el rendimiento energético y la gestión de la demanda. Durante el período comprendido entre los años 2000 y 2015, el consumo de energía de la región se duplicará según al escenario bajo del CME, y se triplicará conforme al escenario alto. (Véase el cuadro.)

En el pasado, la demanda de electricidad de la región creció más rápidamente que la de energía primaria total. Se espera que esta tendencia se mantenga debido al acelerado proceso de urbanización e industrialización. El consumo medio per cápita de electricidad de la región es bastante bajo en comparación con el promedio mundial. La demanda de servicios de electricidad está lejos de alcanzar los niveles de saturación en el sector residencial. La electrificación de las zonas rurales será necesaria a fin de elevar la calidad de la vida, y aumentará la necesidad

La Sra. Bertel y el Sr. Molina son funcionarios de la División de Energía Nucleoelectrica del OIEA. El presente artículo se basa en un documento presentado en la Conferencia de América Latina y el Caribe sobre Energía (ENERLAC '93), que se celebró en Santa Fe de Bogotá, Colombia, del 15 al 18 de junio de 1993. En la página 19 se presentan algunos aspectos destacados de dicha conferencia.

	1995	2000	2010	2015
Población total (en millones)	460-507	505-560	560-625	632-775
Producto interno bruto (PIB) (1000 millones de dólares de los EE UU al valor de 1980)	861-1075	995-1465	1925-2150	1810-3730
PIB per cápita (dólares de los EE UU al valor de 1980)	1801-2337	1949-2960	2072-3839	2335-5696
Consumo de energía primaria (en millones de tpe)	417-495	466-660	640-965	826-1830
Consumo per cápita de energía primaria (kgpe)	872-1076	941-1333	1075-1661	1307-2607

Notas: tpe = toneladas de petróleo equivalente; kgpe = kilogramos de petróleo equivalente.

Resumen de los escenarios elaborados por la CME para América Latina y el Caribe

de disponer de mayor capacidad de generación, transmisión y distribución de electricidad. Es probable que la evolución estructural del sector industrial favorezca el desarrollo de tecnologías avanzadas y procesos productivos modernos, los cuales exigen un consumo de electricidad mayor que las industrias tradicionales.

Aun cuando el consumo medio de electricidad per cápita se mantenga en el nivel actual, solamente el crecimiento de la población requerirá un suministro adicional de electricidad de alrededor de 60 teravatio-hora (TWh) anuales para fines de siglo. No obstante, es más probable que el consumo per cápita tienda a aumentar, aunque se mantenga muy por debajo del nivel actual en las regiones industrializadas del mundo. En ese caso, cabe esperar que el consumo total de electricidad de la región se duplique durante los próximos 10 a 15 años, y llegue a alcanzar más de 1000 TWh anuales en el primer decenio del siglo XXI. Por tanto, el sector eléctrico enfrentará una gran demanda de capacidad energética adicional, aun cuando las políticas orientadas a alcanzar una mayor eficiencia energética y una mejor gestión de la demanda tengan un éxito aceptable. En este contexto, cabe señalar que en el decenio de 1980 no se pudieron efectuar inversiones para ampliar los sistemas de suministro de electricidad de la región debido a la carencia de fondos. Recuperarse de este atraso hará más imperiosa aún la necesidad de construir nuevas centrales eléctricas.

Consideraciones ambientales

La ampliación de los sistemas de generación de electricidad de América Latina y el Caribe brinda la oportunidad de crear tecnologías de suministro de energía menos nocivas para el medio ambiente. Algunos países de la región han desarrollado en cierta medida la energía nucleoelectrónica. Se dispone de recursos naturales, conocimientos científicos e infraestructuras industriales que podrían aprovecharse mejor con miras a apoyar un uso más amplio de la energía nucleoelectrónica como opción para el suministro de electricidad sostenible.

Estando debidamente equipados con tecnología moderna, todos los principales ciclos del combustible para la generación de electricidad son capaces de producirla con riesgos relativamente bajos para la salud y el medio ambiente. Sin embargo, se deben

evaluar y aplicar cuidadosamente las opciones de suministro de electricidad teniendo en cuenta sus efectos generales durante los diferentes ciclos del combustible.

En cuanto a los combustibles fósiles, dichos efectos incluyen las emisiones atmosféricas de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, y partículas, así como emisiones de agua, desechos sólidos, y otros riesgos para la salud y el medio ambiente. Respecto de las fuentes renovables y la energía nucleoelectrónica, las actividades industriales conexas y los combustibles fósiles que se utilizan en el proceso de fabricación y construcción de las centrales nucleoelectrónicas, así como en los procesos del ciclo del combustible, pueden tener consecuencias similares para el medio ambiente aunque por lo general más leves. La energía nucleoelectrónica también suscita inquietudes en relación con la seguridad y la gestión de desechos radiactivos. Todos estos riesgos deben ser supervisados, reducidos en la mayor medida posible y valorados de forma general en las evaluaciones que se hagan sobre las distintas opciones.

En América Latina y el Caribe, como en otras regiones del mundo, los peligros para el medio ambiente, conjuntamente con un óptimo aprovechamiento técnico y económico, constituirán parámetros clave para trazar y aplicar estrategias sostenibles para el suministro de electricidad. La seguridad del suministro requiere que se exploten fuentes de energía internas, nacionales o regionales, y que se hagan esfuerzos para que el carbón, el gas natural, las fuentes de energía nuclear y renovables sustituyan al petróleo. Al cambiar los combustibles con alto contenido de carbono, como por ejemplo, el carbón y otros combustibles sólidos, por combustibles con bajo contenido de carbono, como el gas, o por fuentes no fósiles, como la nuclear, se contribuirá a reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero procedentes del sector de la electricidad.

También cabe señalar que al sustituir la electricidad por otras formas de energía suele reducirse la intensidad energética, con lo cual se mejora la gestión y la conservación generales de los recursos naturales. El aumento de la participación de la electricidad en el consumo de la energía de uso final puede provocar una disminución del uso total de energía. Esto se puede lograr a la vez que se mantiene el mismo nivel de actividad económica y se mejoran los estilos de vida, dada la alta eficiencia de la electricidad, principalmente en el sector industrial. Además, como el uso de la electricidad suele estar libre de contaminación y de riesgos, su uso para sustituir otras fuentes de energía puede reducir los efectos sobre la salud y el medio ambiente que se asocian al consumo de energía.

Suministro de electricidad en América Latina

La energía hidroeléctrica es la principal fuente de electricidad en América Latina y el Caribe, pues representa más del 66% del suministro total, y continuará desempeñando un papel importante ya que es una fuente nacional disponible. Con todo, su ampliación se verá limitada por aspectos como la preocupación ambiental por la construcción de gran-

Energía nucleoelectrónica y consumo de electricidad en América Latina y el Caribe

Argentina. Existen dos unidades en funcionamiento, una en Atucha y otra en Embalse, ambas son reactores de agua pesada a presión (PHWR). La de Atucha, con una capacidad de 350 MWe, fue conectada a la red en 1974. La central de 650 MWe de Embalse entró en explotación comercial en 1984. Ambas unidades son explotadas por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la Argentina, y fueron importadas de Alemania y el Canadá, respectivamente. En 1992 las centrales nucleares de la Argentina generaron el 14% del suministro de electricidad del país al producir 6,6 TWh. En el emplazamiento de Atucha se está construyendo una tercera unidad, conocida como Atucha-2; este PHWR de 600 MWe fue importado de Alemania, y se espera que entre en explotación comercial a principios de 1995.

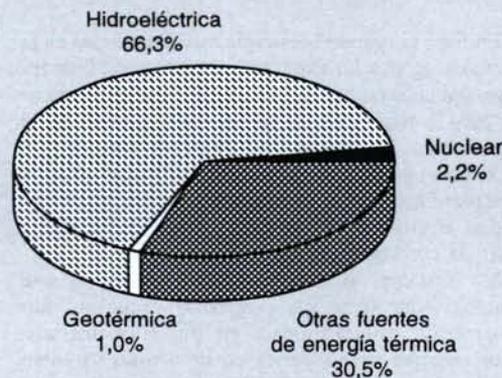
Brasil. Tiene en explotación una unidad, Angra-1, con un reactor de agua a presión (PWR) de 630 MWe importado de los Estados Unidos de América. Este reactor suministró menos del 1% de la electricidad que se consumió en el país en 1992. La segunda unidad, Angra-2, es un PWR de 1250 MWe importado de Alemania que está en construcción y cuya explotación comercial está prevista para a finales del decenio de 1990.

México. En 1990 entró en explotación comercial la primera unidad de Laguna-Verde, un reactor de agua en ebullición (BWR) de 650 MWe importado de los Estados Unidos de América. En 1992 proporcionó alrededor del 4% del suministro de electricidad del país con una producción de

4 TWh. La segunda unidad, del mismo tipo que la primera y situada en el mismo emplazamiento, está en fase de construcción y se espera que comience su explotación comercial en 1994.

Cuba. Desde mediados del decenio de 1980 se están construyendo dos reactores de agua a presión de 400 MWe (reactores WWER-440) importados de la antigua Unión Soviética, y se prevé que su explotación comercial se inicie a mediados de los años noventa.

Consumo de electricidad



Fuente: Estadísticas de energía, OLADE, SIEE, Versión N° 4, julio de 1992.

des represas y por las consecuencias locales asociadas con las pequeñas centrales hidroeléctricas, así como los costos y los riesgos que representa para el medio ambiente la transmisión de electricidad desde emplazamientos hidroeléctricos favorables hasta los consumidores de las zonas industriales y urbanas. Además, el desarrollo de la energía hidroeléctrica requiere un uso intensivo de capital, y su financiación puede resultar difícil en la mayoría de los países de la región.

Las centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles como el carbón o el gas, constituyen tecnologías bien establecidas y competitivas desde el punto de vista económico. La creciente preocupación por los efectos del quemado de combustibles fósiles sobre el medio ambiente ha dado lugar a la creación de tecnologías avanzadas para la reducción de la contaminación que elevan la eficiencia, y reducen las emisiones de dióxido de carbono, y de otro tipo, por unidad de electricidad generada. En este sentido, se ha alcanzado un progreso significativo. Estas tecnologías de vanguardia ya se aplican en algunos países de América Latina, y se podrían difundir aún más en la región si se les atribuye alta prioridad.

La energía geotérmica suministra el 1% de la electricidad generada en América Latina y el Caribe. La biomasa podría ser una fuente prometedora de suministros en el futuro. Pese a que sus posibilidades

para generar electricidad son limitadas, y a que las consecuencias ambientales asociadas con el quemado de compuestos orgánicos no son nada despreciables, esta opción podría tener importancia en la región. Esto se aplica especialmente a las zonas rurales y a las grandes ciudades donde podría brindar beneficios secundarios, como ayudar a la gestión y la evacuación sostenibles de los desechos urbanos. No se prevé que las demás fuentes renovables, como las células fotovoltaicas o la energía eólica, contribuyan significativamente al suministro de electricidad de la región en los próximos dos decenios. Ello obedece a que aún hay que realizar grandes esfuerzos para que alcancen el grado de perfeccionamiento necesario para llegar a la etapa de demostración comercial y competitividad económica.

La energía nucleoelectrónica representa alrededor del 2% del suministro de electricidad de la región. Esta tecnología está aún en una etapa inicial de desarrollo en estos países. En cuatro países solamente se están explotando o construyendo centrales nucleoelectrónicas: Argentina, Brasil, Cuba y México. (Véase el recuadro.)

La producción de uranio en América Latina y el Caribe sigue siendo bastante discreta debido a las condiciones imperantes en el mercado de este mineral. Sólo dos países, la Argentina y el Brasil, continúan explotando sus recursos. No obstante, los

recursos conocidos y los aún no descubiertos de que dispone la región, son cuantiosos, y más de 10 de sus países tienen programas de exploración en curso.

La Argentina, el Brasil y México han desarrollado algunas actividades en la industria del ciclo del combustible nuclear. Entre ellas se incluyen principalmente la extracción y elaboración del mineral de uranio, la conversión y fabricación de combustible, los servicios de enriquecimiento y la producción de agua pesada. La infraestructura industrial ya existente, conjuntamente con los esfuerzos que se realizan en otras esferas de la investigación y las ciencias nucleares, podrían servir de base para difundir más la energía nucleoelectrica como fuente energética interna en la región.

Perspectivas de la energía nucleoelectrica

En todo el mundo la energía nucleoelectrica es la fuente energética no fósil con mayores posibilidades de ser aplicada en gran escala, y que resulta competitiva para la generación de electricidad en régimen de carga básica. La electricidad generada con energía nuclear es competitiva, y su competitividad relativa aumentará cuando las consecuencias ambientales se añadan al costo de la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles.

No obstante, la energía nucleoelectrica es una tecnología que tiene sus exigencias y que ha sido desarrollada principalmente en países industrializados, aunque varios países en desarrollo ya están explotando centrales nucleoelectricas, y tienen planes de ejecutar programas nucleoelectricos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la gestión de desechos radiactivos suscitan inquietudes que deben ser atendidas, y la aceptación del público constituye un requisito previo para la aplicación de programas nucleoelectricos acertados. Los diseñadores están creando reactores avanzados basándose en la amplia experiencia acumulada con la explotación de los reactores de la generación actual. Además, no cabe duda de que la nueva generación de centrales nucleares se ajustará mejor a las condiciones de los países en desarrollo, por ejemplo, tamaño más pequeño, y procedimientos de explotación y mantenimiento más sencillos.

Un desarrollo más amplio de la energía nucleoelectrica en América Latina y el Caribe ayudaría a aumentar la seguridad del suministro de energía creando tecnologías de alto nivel y aplicando estrategias de suministro de electricidad más inocuas para el medio ambiente. Como el uranio natural y los servicios del ciclo del combustible podrían obtenerse en la región, el desarrollo de la energía nucleoelectrica permitiría a estos países mantener sus exportaciones de combustibles fósiles y diversificar su suministro energético utilizando recursos nacionales.

El desarrollo de la infraestructura industrial para un programa nucleoelectrico entraña el fortalecimiento de varias industrias en el país a fin de lograr un máximo de participación nacional. Entre ellas se incluyen las industrias de la construcción, la fabricación de equipo, y el suministro de materiales y servicios. Aunque se necesitarán algunas importaciones y la transferencia de tecnología, con la aplicación de

programas nucleoelectricos en América Latina y el Caribe se aprovecharían los conocimientos prácticos y la experiencia ya acumulados en la región.

Las ventajas de la energía nuclear en relación con los efectos sobre el medio ambiente serían significativas para América Latina y el Caribe, especialmente en zonas con gran densidad de población donde la contaminación atmosférica es motivo de preocupación. Se prevé que el aumento de la eficiencia en el suministro, transporte, distribución y uso final de la electricidad desempeñará un papel importante en las estrategias energéticas inocuas para el medio ambiente que se apliquen en la región. El desarrollo de las fuentes renovables también será muy importante, sobre todo en las zonas rurales.

Con todo, la energía nucleoelectrica podría desempeñar un papel significativo en la región. Las proyecciones más recientes del OIEA indican que la capacidad total de generación de energía nucleoelectrica en América Latina y el Caribe podría multiplicarse tres veces o más para el año 2010, y alcanzar entre unos 6 y 8 gigavatios eléctricos (GWe). De esta manera la energía nucleoelectrica podría representar entre el 2,5% y el 3% del suministro de electricidad en la región. (Véanse el cuadro y el gráfico.)

Servicios y apoyo que brinda el OIEA

La introducción de la energía nucleoelectrica en un país requiere un amplio proceso de planificación y de adopción de decisiones, y se basa en una serie de estudios estrechamente relacionados entre sí que abarcan el análisis de la oferta y la demanda de energía, de los aspectos económicos y financieros, así como la evaluación de las necesidades de infraestructuras y de personal.

El OIEA proporciona información y apoyo a sus Estados Miembros para que planifiquen la introducción de la energía nucleoelectrica en sus sistemas de suministro energético cuando esto sea una opción viable. En la evaluación se tienen en cuenta las condiciones sociales y económicas concretas del país.

El OIEA ha desarrollado y puesto a disposición metodologías y herramientas de cómputo, y ofrece asistencia a los Estados Miembros interesados en la realización de estudios. Estos estudios abarcan desde la etapa de previabilidad con un análisis de la viabilidad general de la opción nuclear, pasando por el estudio de factibilidad pormenorizado del programa nuclear, y concluyen con la planificación y la puesta en funcionamiento de las centrales nucleares. Entre los modelos se incluyen el MAED (Modelo para el análisis de la demanda de energía); el WASP (Lote de programas Wien para la planificación de sistemas automáticos); el VALORAGUA, diseñado específicamente para sistemas con un gran componente hidroelectrico; el FINPLAN, que analiza los aspectos financieros de los programas de ampliación energética; y el ENPEP (Programa de evaluación eléctrica y energética), que ofrece un enfoque integrado respecto de la planificación de la energía y la electricidad abordando las consecuencias para la salud y el medio ambiente. Para facilitar la transferencia de los modelos a sus Estados Miembros, el OIEA brinda una amplia capacitación en el uso de estos

instrumentos a especialistas de organizaciones nacionales. También se proporciona asistencia para realizar estudios de viabilidad, evaluaciones de las ofertas y análisis financieros. La participación de especialistas de América Latina y el Caribe en los programas de capacitación y en los proyectos de asistencia técnica del OIEA ha contribuido a aumentar los conocimientos técnicos disponibles en la región para la planificación de la energía nucleoelectrica. (Véase el cuadro.)

Las metodologías y los modelos creados por el OIEA han sido transferidos a varios países de la región de América Latina. Hasta la fecha 18 países de América Latina y el Caribe cuentan con el modelo WASP; seis han recibido el modelo ENPEP; tres, el MAED; y tres, el VALORAGUA. También utilizan estos modelos el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

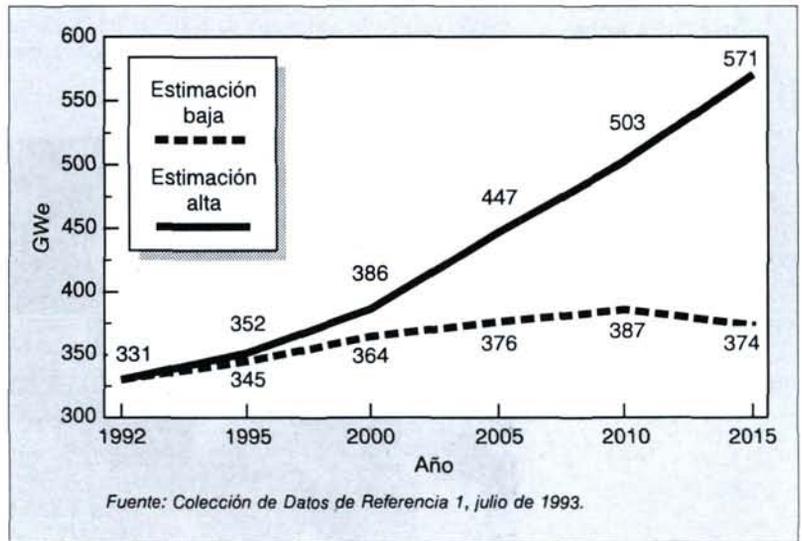
Las autoridades nacionales de reglamentación son las encargadas de evaluar la seguridad de las centrales nucleares y de las instalaciones del ciclo del combustible. Con el objetivo de elevar la seguridad de las instalaciones nucleares en todo el mundo, el OIEA ha comenzado varios estudios y presta servicios, previa solicitud, para apoyar la labor de las autoridades nacionales de reglamentación. Las normas, guías y prácticas del OIEA sobre la seguridad de las centrales nucleares proporcionan recomendaciones para la reglamentación nacional, y sirven de marco de referencia para el análisis, examen y evaluación de la seguridad nuclear. El Organismo ejecuta programas de capacitación sobre cuestiones de seguridad a fin de elevar la competencia del personal en esta esfera.

racionales, y puede coadyuvar a una mayor participación en la composición del suministro de electricidad. Existen posibilidades de lograr un mayor desarrollo en América Latina y el Caribe, región donde aumentan las preocupaciones ambientales, y donde los recursos naturales y la infraestructura industrial permitirían una mayor aplicación de la energía nucleoelectrica. Los análisis integrales de las diferentes fuentes de energía para la generación de electricidad indican que la nuclear es una de las formas de energía más inocuas para el medio ambiente, incluso significativamente mejor que la hidroeléctrica y otras fuentes renovables.

En la región de América Latina, la energía nucleoelectrica podría desempeñar un papel en las estrategias energéticas sostenibles, sobre la base de una amplia evaluación comparativa de diversas opciones que tienen en cuenta las cuestiones relacionadas con la salud, el medio ambiente, la seguridad

Necesidad de coordinar los esfuerzos

Durante los últimos decenios la energía nucleoelectrica ya ha contribuido significativamente a la aplicación de estrategias energéticas ecológicamente



Año	América del Norte	América Latina	Europa occidental	Europa oriental	Africa	Oriente Medio y Asia meridional	Sudeste de Asia y el Pacífico	Lejano Oriente	Total mundial
1992	113,6	2,2	120,7	43,9	1,8	1,7	0	46,6	330,7
1995	115,7	2,9	122,2	51,3	1,8	1,9	0	55,7	351,6
	115,7	2,9	122,0	46,7	1,8	1,9	0	54,1	345,2
2000	118,1	5,6	128,8	56,4	1,8	3,7	0	71,1	385,6
	116,9	4,8	126,2	48,9	1,8	2,7	0	62,8	364,1
2005	121,1	7,6	138,2	79,6	1,8	5,0	0,6	93,5	447,3
	119,9	4,5	122,6	52,1	1,8	2,9	0	72,5	376,3
2010	122,0	8,2	154,0	89,5	5,0	7,5	3,2	113,4	502,9
	117,9	6,4	116,0	59,6	1,8	3,7	0,6	80,9	387,0
2015	147,1	10,5	167,8	100,8	5,0	8,2	4,4	126,7	570,6
	119,3	7,1	97,7	53,9	0	5,7	1,2	88,9	373,8

Proyecciones de la capacidad de la energía nucleoelectrica

Nota: Los datos se han expresado en gigavatios. La cifra superior es la estimación alta y la inferior la baja. Fuente: Colección de Datos de Referencia 1 del OIEA (julio de 1993).

Curso interregional de capacitación	Cantidad de sesiones	Cantidad de participantes*
Planificación de la energía en países en desarrollo, con especial atención a la energía nucleoelectrónica	8	250 (65)
Prévisión de la demanda de electricidad para la planificación de la energía nucleoelectrónica (MAED)	3	94 (21)
Planificación de la expansión de los sistemas de generación eléctricos (WASP)	9	227 (61)
Planificación integrada de energía y electricidad para el desarrollo nucleoelectrónico, con especial referencia al ENPEP	2	70 (24)

* Las cifras que están entre paréntesis indican los participantes de América Latina y el Caribe.

Cursos de capacitación del OIEA sobre la planificación en materia de energía, electricidad y energía nucleoelectrónica

dad del suministro energético y la competitividad económica. El desarrollo social y económico de la región facilita la aplicación de políticas innovadoras y tecnologías muy modernas. El OIEA puede conti-

nuar proporcionando información y apoyo con miras a aumentar las posibilidades de los países para la aplicación de un programa de energía nucleoelectrónica cuando esta sea una opción viable, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas concretas de cada país.

No cabe duda de que el desarrollo nuclear futuro dependerá del grado de aceptación que tenga en la sociedad y a nivel mundial, especialmente en los países industrializados. Pese a que se ha demostrado que las centrales nucleares son seguras cuando se explotan debidamente, la creación de reactores avanzados con mayores características de seguridad, y la aplicación de las medidas previstas para garantizar la gestión y la evacuación sin riesgos de los desechos radiactivos, serán factores decisivos en este sentido. La función que la energía nucleoelectrónica puede desempeñar para paliar los riesgos para el medio ambiente procedentes del sector de la electricidad amerita los esfuerzos que conjuntamente realizan las comunidades científica e industrial para promover su difusión.



Un mercado de Guatemala. (Cortesía: J. Marshall, OIEA)

Aspectos destacados de la conferencia latinoamericana sobre energía

La Conferencia de América Latina y el Caribe sobre Energía (ENERLAC' 93) se celebró en Santa Fe de Bogotá, Colombia, del 15 al 18 de junio de 1993. Fue organizada por iniciativa de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) como respuesta a la necesidad de analizar las opciones de desarrollo de los sectores energéticos regionales en el marco de la situación geopolítica y económica mundial. El Gobierno de Colombia sirvió de anfitrión de la conferencia, que fue inaugurada por el presidente de ese país, Dr. César Gaviria Trujillo.

Los debates de la conferencia se dividieron en cuatro temas principales: geopolítica mundial y mercados de energía; la reforma económica y el sector de la energía; energía, medio ambiente y desarrollo sostenible; e iniciativas de los sectores energético y privado.

Suministro energético. Según los documentos presentados, el suministro energético de la región no da lugar a inquietudes en cuanto a la disponibilidad de recursos energéticos; no obstante, es menester realizar grandes inversiones, especialmente en el sector de la electricidad a fin de satisfacer la demanda que se prevé continúe creciendo pese a que se aplican medidas de conservación y de aumento de la eficiencia. Se continuará fortaleciendo el vínculo existente entre las redes de electricidad y gas de la región, pues ello contribuirá principalmente a elevar la eficiencia del sistema de suministro energético.

El petróleo representa más del 50% del suministro energético de la región, la que pretende mantenerse como exportadora neta de ese producto. Será necesario realizar inversiones en el sector de la refinación con miras a incrementar la capacidad de producción de productos derivados del petróleo, tanto para satisfacer la demanda interna como para exportarlos a los mercados mundiales. Se considera al gas como otra fuente interesante que abunda en la región, y que podría desarrollarse más ampliamente para distribuirla en el mercado regional y exportarla a nivel mundial. El aporte del carbón al suministro de energía de la región es sólo marginal; sin embargo, es una fuente importante en Colombia, México y el Brasil, y continuará desarrollándose con énfasis en las tecnologías limpias del carbón. En la mayoría de los países de la región la energía hidroeléctrica seguirá haciendo un aporte importante al suministro de electricidad. Cabe señalar que la biomasa representa alrededor del 20% del suministro de energía de la región, y se espera que se desarrolle aún más mediante el uso de tecnologías muy avanzadas para la elaboración y el quemado de productos de biomasa.

En varios países de la región la energía nucleoelectrica se considera como una alternativa a mediano y largo plazos. A este respecto, es importante el papel que desempeña el OIEA al prestar asistencia a los Estados Miembros que así lo soliciten en las actividades de investigación y desarrollo que realizan, así como en la evaluación de la viabilidad y la factibilidad de los programas nucleoelectricos.

Factores económicos. Se espera que las actuales reformas económicas que se realizan en la región, entre ellas la privatización de los sec-

tores de la energía y la electricidad, mejoren el rendimiento técnico y económico en la producción, distribución y uso final de la energía. Las políticas gubernamentales aplicadas anteriormente han producido resultados económicos muy alejados de los óptimos. Las políticas de imposición de aranceles, orientadas en principio a prestar servicios que todos pudieran costear, tuvieron como resultado que las compañías no obtuvieran ingresos suficientes y que no se vieran estimuladas a invertir. En el sector energético existe actualmente una necesidad enorme de disponer de capital, que no puede ser aportado únicamente por la región.

La privatización del sector de la energía y su apertura a las inversiones extranjeras deberían facilitar parte de los fondos necesarios para modernizar y adaptar la infraestructura de producción y distribución de energía, especialmente de electricidad, en la región. Con todo, también será necesario recibir apoyo de los bancos internacionales de fomento. Como los inversionistas privados trazarán sus políticas con vistas a alcanzar el rendimiento óptimo de los costos, la reforma económica que se introduzca en el sector debería propiciar el aumento de la eficiencia y el mejoramiento de la gestión de los recursos naturales. Sin embargo, algunos oradores expresaron preocupación acerca de la disposición del sector privado de aplicar estrategias sostenibles a largo plazo. Se subrayó en particular que los gobiernos deberían continuar desempeñando un papel de vanguardia en los procesos de planificación y de adopción de decisiones en el sector energético a fin de garantizar un equilibrio apropiado entre el aprovechamiento óptimo de la economía a corto plazo, y los objetivos a largo plazo, como por ejemplo, la independencia energética y la protección del medio ambiente.

Consideraciones ambientales. Existe un creciente interés por evaluar los efectos que tienen en el medio ambiente las estrategias energéticas en América Latina y el Caribe, como en todas las regiones del mundo. Esto quedó demostrado por la cantidad de documentos referidos a estudios acerca de la vigilancia de los efectos sobre el medio ambiente, el análisis de la situación y la tendencia de las emisiones procedentes del sector energético, y la evaluación de las estrategias sustitutivas para aliviar o mitigar los efectos en el medio ambiente. Se recalcó que pese a que en la región sí existen problemas de contaminación, los países de América Latina y el Caribe están entre los que poseen el nivel de emisiones de dióxido de carbono per cápita más bajo del mundo, y ello obedece fundamentalmente a que la energía hidroeléctrica tiene una gran participación en la mezcla de generación de electricidad. Las medidas de conservación y gestión de la demanda se presentaron como la opción preferida para mantener el bajo nivel de las emisiones, y se hizo hincapié en las tecnologías limpias basadas en combustibles fósiles.

La energía nucleoelectrónica y su papel en la limitación de las emisiones de dióxido de carbono

Los estudios demuestran que el uso de la energía nuclear está ayudando a los países a evitar las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de electricidad

por
J.F. van de Vate
y L.L. Bennett

Casi el 80% del dióxido de carbono, uno de los gases más importantes vinculados con lo que se conoce como "efecto de invernadero", es generado por la producción y el uso de la energía. En la actualidad más del 60% de los trastornos causados por el efecto de invernadero se debe a este gas traza contenido en la atmósfera.

La necesidad de limitar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas por la producción de energía y otras actividades industriales ha recibido mayor atención internacional en los últimos años. Lo mismo ha sucedido con el papel que podría desempeñar la energía nucleoelectrónica en la producción de electricidad, proceso que no provoca emisiones de CO₂, y que es cada vez más utilizado en los sistemas de producción de energía del mundo. La energía nucleoelectrónica es una de las fuentes energéticas que ha contribuido de forma sustancial a la reducción de las emisiones atmosféricas de gases de efecto de invernadero y que podría hacerlo aún más en el futuro.

En junio de 1992 se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), denominada popularmente "La Cumbre para la Tierra" y considerada por muchos como una de las reuniones internacionales más importantes de este siglo. El Programa 21, uno de los resultados principales de los programas de acción emanados de esta reunión, contiene una estrategia en que se vinculan el medio ambiente y el desarrollo a fin de mejorar la amenazada sostenibilidad de la Tierra y sus habitantes. Como seguimiento de la Conferencia sobre el Medio Humano, celebrada en 1972 en Estocolmo, y aunque se trata de una nueva era en que las amenazas y las oportunidades son otras, en la Cumbre para la Tierra se hizo hincapié en un nuevo tema relacionado con el medio ambiente, que surge con gran fuerza, a saber, el tema del cambio climático. De los dos

aspectos contenidos en este problema —el agotamiento del ozono estratosférico y el efecto de invernadero— este último es el que guarda una relación más estrecha con una necesidad fundamental de la humanidad: la energía.

Sin embargo, es de destacar la poca atención que se prestó a la energía nuclear en la mayoría de los documentos de la CNUMAD. Por ejemplo, en el Programa 21 no se incluye a la energía nuclear en su definición de sistemas energéticos ecológicamente inocuos, racionales, y eficaces en función del costo, en especial los nuevos y renovables, de los que se aspira obtener una mayor contribución. Nuestro *Futuro Común*, informe de la Comisión Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo presentado a la Cumbre para la Tierra, fue bastante crítico al referirse a la energía nuclear y, en gran medida, sirvió de fundamento al Programa 21.

No obstante, en fecha más reciente, el Club de Roma, que se interesa por las cuestiones ambientales, emitió un criterio más positivo en una publicación titulada *Second Report to the Club of Rome*. En esa publicación se considera a la energía nuclear como parte indispensable de una política energética benigna desde el punto de vista del efecto de invernadero. En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, documento relativo al cambio climático aprobado por unanimidad en la Cumbre para la Tierra y que ha sido suscrito por 154 países, se asume una posición neutral acerca de las diversas fuentes de energía. Esta Convención se está convirtiendo en un documento base de aceptación general para la formulación de las estrategias energéticas nacionales, es decir, para estabilizar "las concentraciones de gases de efecto de invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático". En consecuencia, la reducción de la tasa de emisión de gases de efecto de invernadero se ha convertido en un factor predominante en la planificación energética, junto con factores ya considerados como la eficacia en función del costo y la garantía de los suministros.

En el presente, las políticas medioambientales y sobre el cambio climático repercuten en la produc-

El Sr. Bennett es Jefe de la Sección de Estudios Económicos y Planificación de la División de Energía Nucleoelectrónica del OIEA y el Sr. van de Vate es funcionario de esa División.

ción de energía en muchas partes del mundo. Con el programa del OIEA sobre evaluación comparativa de la energía nuclear y otras fuentes de energía se intenta proporcionar medios y datos que permitan realizar una comparación completa y justa en el contexto de la planificación energética. Es sumamente difícil, cuando no imposible, abarcar en unidades comunes todos los efectos medioambientales de las distintas fuentes de energía. De ahí que en el presente artículo nos limitemos al efecto de invernadero y que, en ese contexto, examinemos el papel que ha desempeñado la energía nucleoelectrica, en comparación con otras fuentes de energía, en la reducción de las emisiones de CO₂, así como la necesidad futura de fuentes de energía que liberen bajos niveles de CO₂.

Mensaje del pasado

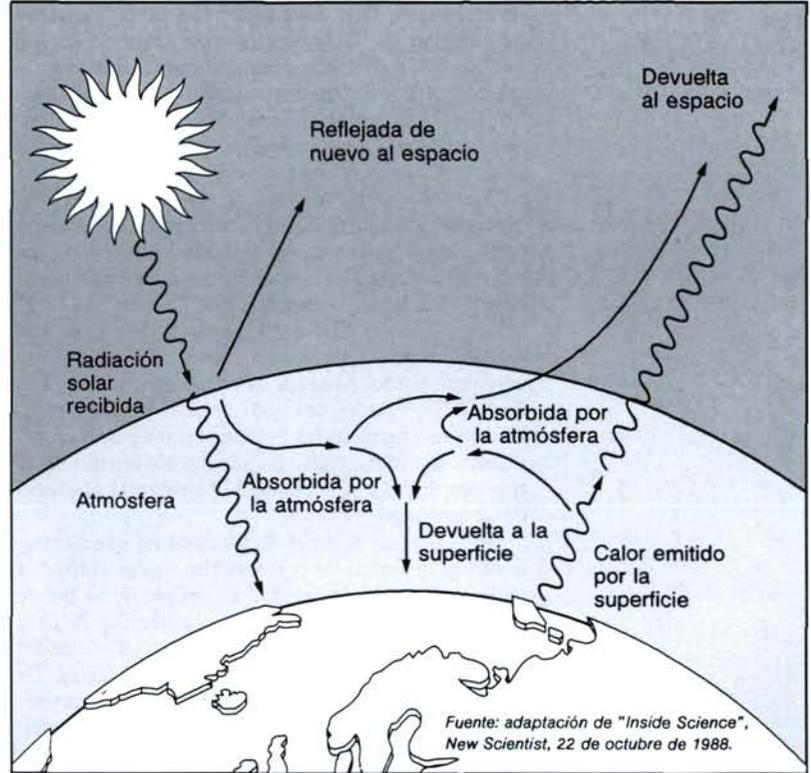
Los niveles de CO₂ en la atmósfera aumentan a un ritmo de alrededor del 0,4% anual. Ese aumento obedece principalmente a la utilización de energía fósil, cuyas emisiones globales asociadas de CO₂ se calculan en la actualidad en unas 24 000 megatoneladas anuales. El aumento anual de unas 250 megatoneladas de CO₂ producidas por el sector energético es bastante constante, sobre todo por la creciente utilización de energía en los países en desarrollo. Los países industrializados y los que están "en transición" han estabilizado sus tasas de emisión desde mediados del decenio de 1970.

Entender esa estabilización de la tasa de emisión de CO₂ podría ayudar a elaborar una estrategia energética más inocua para el medio ambiente. A ese fin convendría examinar más detenidamente las emisiones de CO₂ per cápita, pues un examen de esa índole descartaría el factor demográfico (el crecimiento de la población de los países en desarrollo influye decisivamente en el crecimiento de la población mundial).

Con excepción de los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), en los que se produjo una ligera disminución después de 1973, las emisiones de CO₂ per cápita han registrado una tendencia general a aumentar. (Véanse los gráficos de las páginas siguientes.) En la antigua Unión Soviética se registró un aumento bastante pequeño después de 1980. En los países en desarrollo, las emisiones de CO₂ per cápita aumentan constantemente a razón de un 3,5% anual. Es notable la diferencia de un orden de magnitud que existe entre las emisiones de CO₂ per cápita de los países industrializados y las de los países en desarrollo y que no es más que un reflejo de los diferentes niveles y estilos de vida.

Suponemos que la estabilización de las emisiones de CO₂ per cápita de los países industrializados obedece a la introducción de fuentes de energía que provocan poca o ninguna emisión de CO₂. Una muestra de ello es el gran aumento de la participación de la electricidad en la producción de energía de los países industrializados desde mediados del decenio de 1970 y la introducción asociada de la energía nucleoelectrica en una serie de países.

Con todo, es posible comprender mejor lo que sucede si se examinan las tendencias del factor



El efecto de invernadero

La atmósfera funciona como los paneles de vidrio de un invernadero, es decir, protege a la Tierra de alcanzar niveles de enfriamiento muy por debajo del punto de congelación. Sin embargo, desde hace más de un siglo, los niveles de los gases de efecto de invernadero en la atmósfera han ido aumentando en el mundo entero. Ese aumento de los niveles de estos gases altera el equilibrio terrestre entre la radiación solar que se recibe y el calor que se devuelve al espacio.

La absorción de radiaciones por la atmósfera provocada por los gases de efecto de invernadero antropógenos no sería tan inquietante si no existiera un importante factor de retroalimentación que la amplía. Esa retroalimentación se debe al gas de efecto de invernadero natural y más importante de la Tierra: el vapor de agua. La humedad del aire aumenta cuando la atmósfera se calienta, lo que aumenta aún más la absorción de radiaciones.

Este proceso es considerado como una grave amenaza para la humanidad y el medio ambiente, no sólo por el "calentamiento global" resultante (que algunos esperan que sea incluso beneficioso), sino también porque podría provocar el aumento de la frecuencia y la gravedad de las inundaciones, las sequías y los huracanes, que son amenazas más comunes para nuestra vida cotidiana y están más al alcance de nuestro entendimiento. En los últimos tiempos, ha crecido el interés de los círculos científicos del Programa Mundial sobre el Clima en estos importantes sucesos climáticos. En general, la mayoría de los expertos consideran que existen suficientes razones para reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero, sobre todo las generadas por las fuentes de energía.

Necesidad de un conjunto de medidas. ¿Qué medidas deben considerarse para evitar los trastornos provocados por el efecto de invernadero y detener el cambio climático antropógeno futuro? En un interesante estudio, Bert Bolin, presidente del IPCC desde su fundación, da respuesta a esa pregunta. En un discurso pronunciado en mayo de 1989 ante el III Grupo de Trabajo del IPCC sobre Estrategias de Respuesta, Bolin demostró que sólo la aplicación de un conjunto de medidas más enérgicas puede impedir, al menos en su mayor parte, el calentamiento global de dos grados pronosticado para el año 2030.

El estudio de Bolin revela que a fin de evitar ese calentamiento de dos grados, es preciso imponer una prohibición total de los clorofluorocarbonos para el año 2000, repoblar al menos la mitad de las zonas terrestres taladas desde 1900, reducir en un 0,5% anual la tasa de uso de combustible fósil, y mejorar significativamente la eficiencia del uso final de la energía.

de emisión de CO₂. Este factor, que se define como la cantidad de CO₂ emitida por exajoule (EJ, 6 10¹⁸ joule), puede servir para establecer una comparación entre los distintos combustibles fósiles. Para un país o una región en específico, el factor de emisión es un indicador tecnológico de su inocuidad en cuanto al efecto de invernadero.

Por lo general, los factores de emisión de CO₂ globales y regionales registran una disminución constante y relativamente estable. Los países en desarrollo tienen la tasa de disminución anual más baja (-0,24 megatoneladas de CO₂ por EJ), y el antiguo bloque soviético registra la más alta (-0,43 megatoneladas). En cuanto al mundo en su conjunto, y a los países de la OCDE, los valores son de -0,29 y -0,33, respectivamente. Resultan alentadoras estas tendencias bastante estables de mejoramiento de los sistemas energéticos del mundo en lo que concierne a su inocuidad con relación al efecto de invernadero.

Para ilustrar el papel de los cambios que se producen en la mezcla de combustibles fósiles utilizados en la producción de energía, se definió un factor de emisión de CO₂ específico como la cantidad de CO₂ liberado por cada EJ de combustible fósil utilizado. Hasta la crisis del petróleo de 1973, este factor de emisión específico iba mejorando en todo el mundo, tanto en los países en desarrollo como en los industrializados. Sin embargo, desde 1973, se mantuvo casi invariable, salvo una ligera disminución después de 1985.

Una de las razones para ello es que el año 1973 marcó el final de un período en que se sustituyó el carbón, que libera mayor cantidad de CO₂, por el petróleo. A partir de entonces, no se produjeron cambios sustanciales en la mezcla de combustibles fósiles. La reducción sostenida del factor medio de emisión de CO₂ ha obedecido a otras causas. Después de 1973, la energía nucleoelectrica y, en menor medida, la hidráulica, se encargaron de mejorar el factor medio global de emisión de CO₂. La limitación de las emisiones de CO₂ mediante la utilización de la energía nucleoelectrica aumentó de alrededor de 1% en 1973 a casi 7% en 1990, mientras que con el uso de la energía hidráulica aumentó de 6,5% a 8%. No es sorprendente que países con un vasto programa nucleoelectrico tengan factores de emisión de CO₂ mucho mejores, es decir, políticas energéticas inocuas en lo tocante al efecto de invernadero. Los países que pusieron en práctica amplios programas nucleoelectricos en el período 1965-1990, como Bélgica, Francia y Suecia, mejoraron considerablemente sus estrategias energéticas desde el punto de vista de su inocuidad en lo que respecta al efecto de invernadero, y lo lograron reduciendo sus factores de emisión de CO₂ en aproximadamente una megatonelada o más por EJ al año.

En los últimos decenios, los factores medios de emisión de CO₂ del mundo y de los Estados Unidos de América se mantuvieron al nivel de los del petróleo, a saber, 75 megatoneladas de CO₂ por EJ. Ello ilustra todavía mejor el valioso papel desempeñado por la energía nucleoelectrica en la reducción de las emisiones de CO₂ en países como Suecia y Francia desde el inicio de sus programas nucleoelectricos a mediados del decenio de 1970. Demuestra, además, la importancia de la función de la energía hidráulica

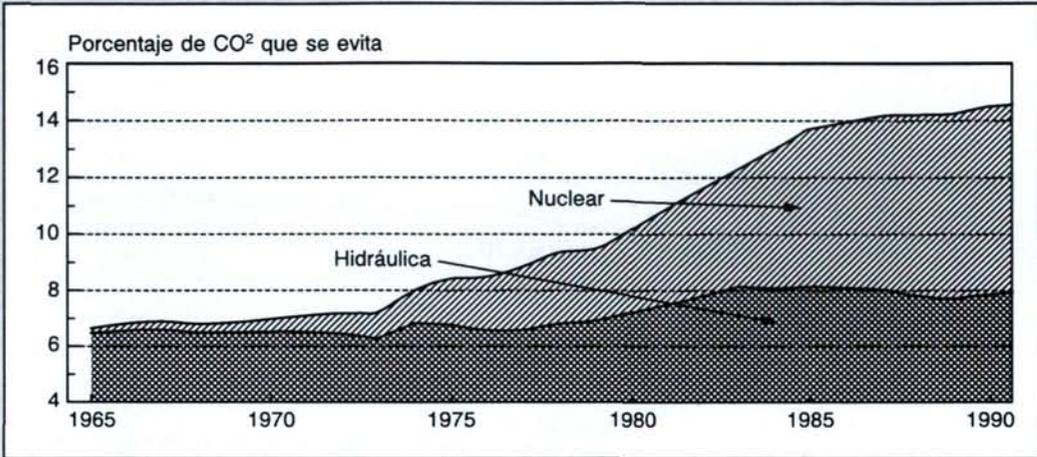
en Suecia y Noruega. Asimismo, los datos muestran la estabilidad relativa de los factores de emisión de CO₂ en países con abundantes recursos energéticos como China (carbón), EE UU (carbón y petróleo) y Noruega (energía hidráulica). Todo esto refleja la alta prioridad que en las políticas energéticas nacionales de los últimos decenios se ha asignado a la garantía de los suministros, en comparación con la sostenibilidad medioambiental.

Mensajes del futuro

Se han elaborado numerosos escenarios energéticos a fin de formular proyecciones a largo plazo de las emisiones de CO₂ asociadas a la energía. En algunas de ellas se considera de manera explícita el suministro de energía nuclear. A modo de ejemplo, más adelante se examinan los escenarios de emisiones de CO₂ elaborados por el Grupo Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC), el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA) y el Consejo Mundial de la Energía (CME). (Véanse los gráficos.) También se debaten otros tres casos en que se abordan diferentes hipótesis sobre el crecimiento de la población y el desarrollo mundial equitativo.

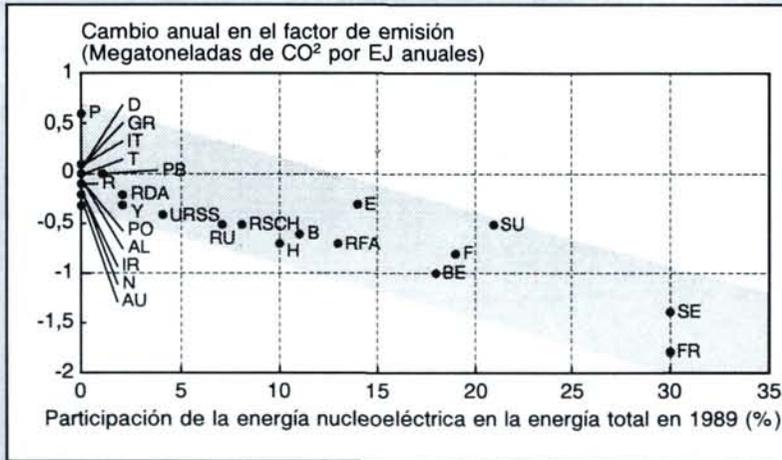
Escenarios del IPCC. En el escenario de referencia (1a) del IPCC se plantea la hipótesis de que la población mundial aumentará hasta unos 11 000 millones de habitantes en el año 2100 y de que el crecimiento económico medio será de 2,9% anual hasta el 2025 y de 2,3% en lo sucesivo. En el suministro total de energía, aumentará considerablemente la participación del gas natural y las fuentes de energía renovables, sobre todo la energía solar y los biocombustibles que se supone lleguen a ser competitivos. Según este escenario habrá un moderado aumento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la generación de energía.

Otros tres escenarios del IPCC parten de hipótesis diferentes. En el escenario 1e se supone el mismo crecimiento de la población que en el escenario de referencia, pero con un crecimiento económico mayor, es decir, de 3,5% anual hasta el 2025 y de 3% en lo sucesivo. Se supone que con el gas natural suceda lo mismo que se prevé en el escenario de referencia y que para el año 2075 la energía nucleoelectrica se elimine gradualmente. Según este escenario, desde 1990 hasta el año 2100 las emisiones de CO₂ aumentarán más de cuatro veces de manera vertiginosa. En los escenarios 1c y 1d se supone un crecimiento menor de la población que se traducirá en 6400 millones de habitantes en el año 2100, las tasas de crecimiento económico también son inferiores a las del escenario de referencia. En el escenario 1c, en que se supone la tasa de crecimiento económico más baja y un gran desarrollo de la energía nucleoelectrica, las emisiones de CO₂ a largo plazo serán mucho menores e incluso disminuirán después del año 2025. Según el escenario 1d en el próximo siglo las emisiones serán bastante estables, ya que en él se suponen tasas de crecimiento económico y demográfico moderadas, una considerable introducción de fuentes de energía renovables y, en menor grado, de la energía nucleoelectrica. Los escenarios 1e y 1d, en que se muestra

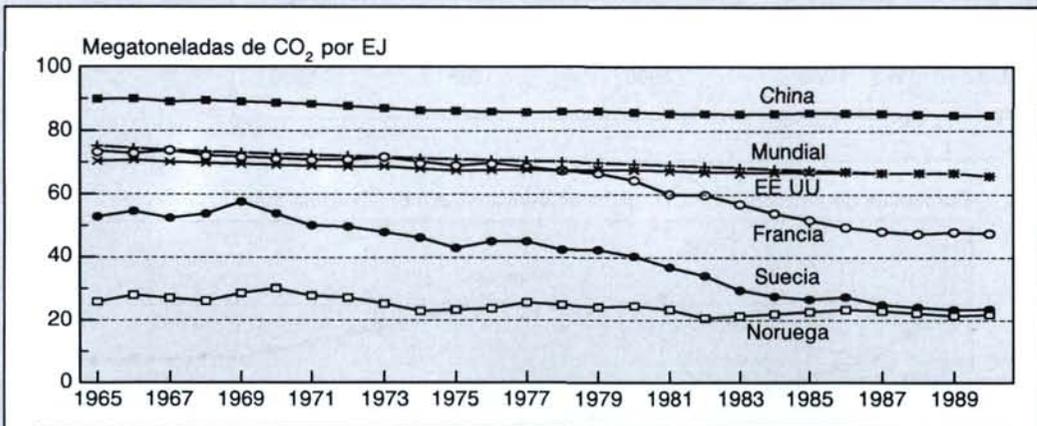


Porcentaje de emisiones de CO₂ que se evita con el uso de las energías nuclear e hidráulica

Uso de la energía nuclear y emisiones de CO₂



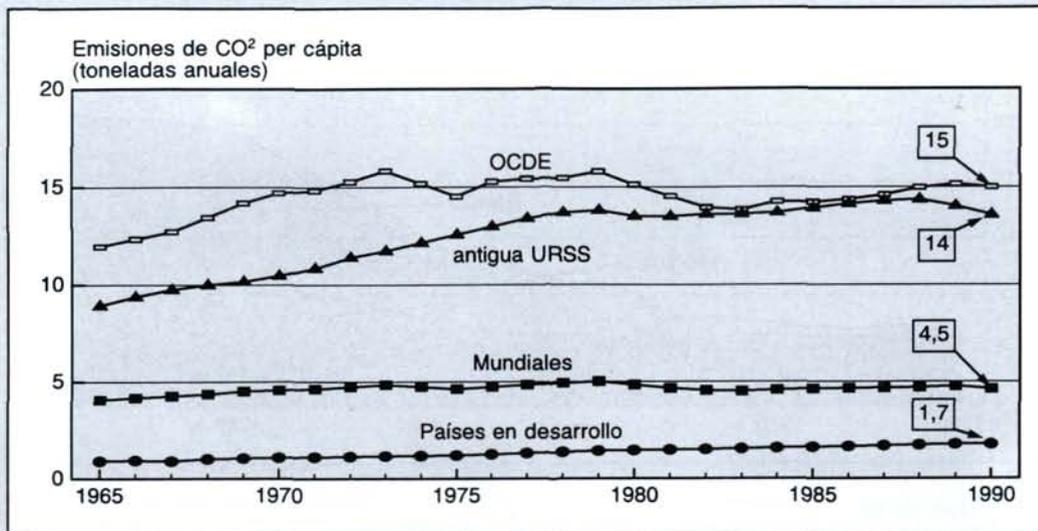
- Países:**
- P = Portugal;
 - D = Dinamarca; GR = Grecia;
 - IT = Italia; T = Turquía; PB = Países Bajos; R = Rumania;
 - PO = Polonia; AL = Albania;
 - IR = Irlanda; N = Noruega;
 - AU = Austria; RDA = antigua República Democrática Alemana; Y = Yugoslavia; URSS = antigua Unión Soviética; RU = Reino Unido; RSCH = antigua Checoslovaquia; H = Hungría; B = Bulgaria; RFA = antigua República Federal de Alemania; E = España; BE = Bélgica; F = Finlandia; SU = Suiza; SE = Suecia; FR = Francia.



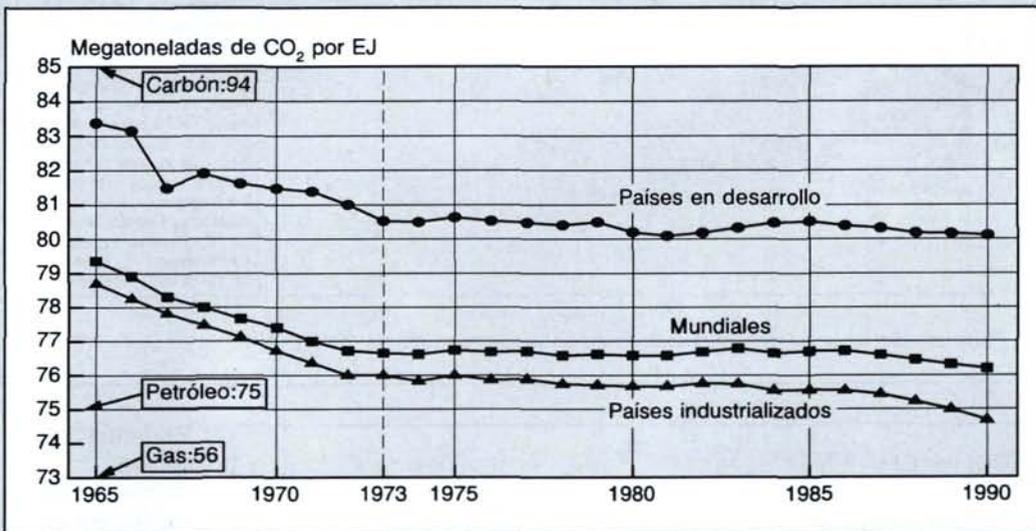
Participación de los combustibles fósiles en el consumo de energía y emisiones de CO₂ de países seleccionados

	Participación de los combustibles fósiles (%)	Participación de los combustibles no fósiles (%)		
		Energía nuclear	Energía hidráulica	Total
China	95	0	5	5
Francia	65	30	5	35
Noruega	29	0	71	71
Suecia	34	31	35	66
Estados Unidos	88	8	4	12
Mundial	87	6	7	13

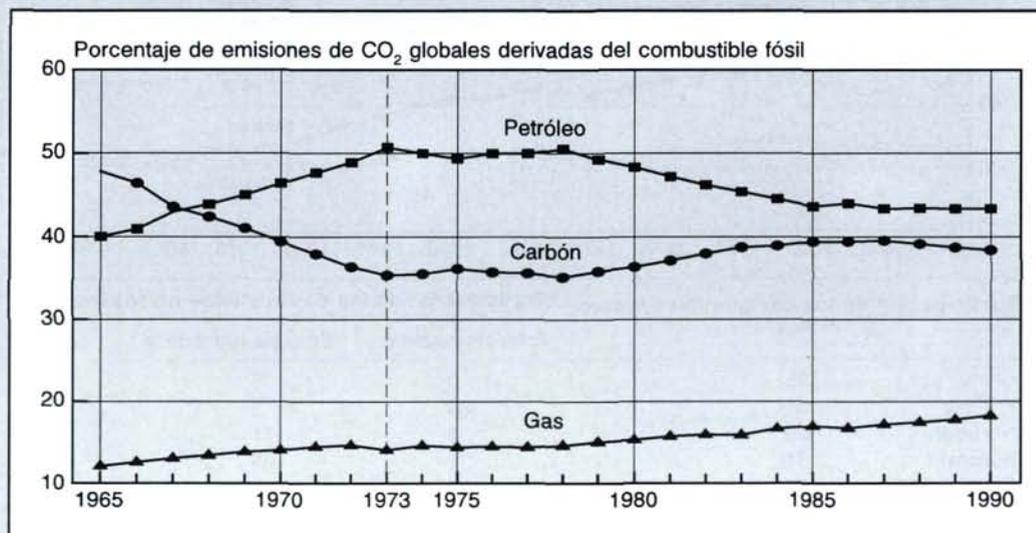
Emisiones de CO₂ per cápita por grupos de países



Tendencias en las emisiones de CO₂, 1965-1990



Porcentaje de emisiones de CO₂ provocadas por el uso de combustibles fósiles



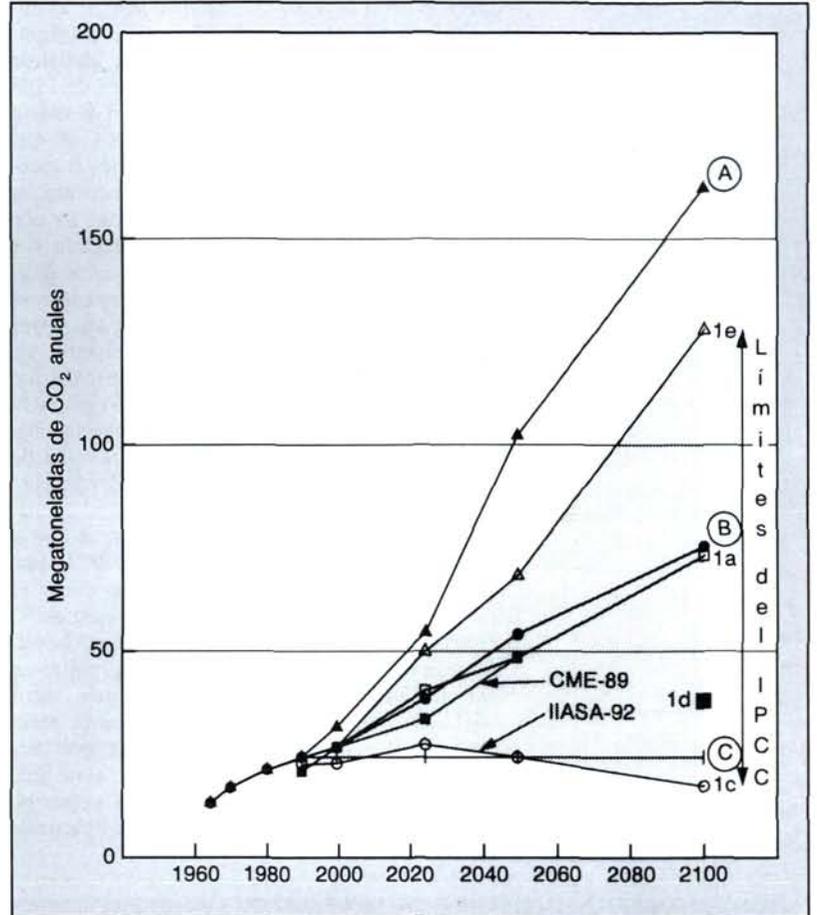
la correlación entre las bajas emisiones de CO₂ y una gran participación de la energía nucleoelectrónica en el caudal energético, constituyen un ejemplo de la importancia de la opción nuclear en la aplicación de estrategias energéticas sostenibles a largo plazo.

Escenario del CME. La Comisión del CME elaboró proyecciones de la demanda de energía hasta el año 2020, con un crecimiento demográfico hipotético bastante bajo de 1,4% anual hasta ese año. En el caso de referencia CME-89 se supone que se mantienen las tasas de crecimiento económico alcanzadas en la segunda mitad del decenio de 1980, y la intensidad energética se reduce con una rapidez mayor que la registrada históricamente. Asimismo, la participación de la energía nucleoelectrónica en el suministro mundial de energía primaria aumentaría en un 50% en el período 1990-2020. Esta hipótesis se basa en la opinión de la Comisión del CME de que, teniendo en cuenta la sostenibilidad, es preciso reevaluar la opción nuclear sin olvidar las cuestiones medioambientales y la seguridad del suministro.

Escenario del IIASA. En el escenario IIASA-92, en que se supone una gran participación de la energía nucleoelectrónica en el suministro de energía, se brinda aún más apoyo al criterio de que las tecnologías que no emiten CO₂ deben tener una participación sustancial en el suministro de energía en el marco de una política benigna desde el punto de vista del efecto de invernadero.

Otros casos. El OIEA ha elaborado otros tres casos, atendiendo a los criterios expuestos en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, en la que se hace hincapié en la equidad mundial entre los países industrializados y los países en desarrollo como uno de los conceptos fundamentales del desarrollo sostenible. Ello quiere decir que uno de los pilares de una política climática global debe ser la erradicación de la brecha socioeconómica que existe entre los países ricos y los países pobres, lo que entraña, además, un futuro con un mayor equilibrio regional del consumo per cápita de energía y de las emisiones de CO₂. Es probable también que ésta sea una condición indispensable para la plena colaboración de los países en desarrollo en el establecimiento de una política global encaminada a un medio ambiente sostenible. En la actualidad, el consumo medio per cápita de energía y las emisiones per cápita de gases de efecto de invernadero conexas son un orden de magnitud mayores en los países industrializados que en los países en desarrollo. De ahí que la demanda global de energía en el próximo siglo podría ser mucho mayor por razones de equidad y porque la población mundial podría crecer, como se espera, hasta casi triplicar el nivel actual.

En los tres casos se examinan distintos niveles máximos de equidad, que se supone habrán de alcanzarse durante el próximo siglo. Esto se hizo para ilustrar las limitaciones que existen para el logro de una política energética global sostenible encaminada a reducir la brecha económica que existe entre los países en desarrollo y los países desarrollados y que es determinada por los estilos de vida. En esas hipótesis se supone, además, que la equidad mundial de las emisiones de CO₂ per cápita puede lograrse con un índice de cambio del 3% anual en la relación de emisiones de CO₂ per cápita existente entre los países industrializados y los países en desarrollo.



Se supone que la población mundial llegará a 12 000 millones en el año 2075, cifra que concuerda con lo previsto por el Fondo de Población de las Naciones Unidas. A los efectos de la transparencia se partió del supuesto de que no se producirían cambios en las mezclas de combustibles ni mejoras en la eficiencia.

Se examinaron tres casos:

Caso A. En este caso se supone que los países industrializados estabilizan su consumo de energía y la emisión de CO₂ per cápita a los niveles de 1990, y que los países en desarrollo logren superar su atraso en un período de 50 años. El resultado no es sorprendente porque se producirá una enorme liberación global de CO₂ de hasta 150 megatoneladas anuales, que es casi seis veces la actual tasa de emisión anual de 24 megatoneladas.

Caso B. En este caso se supone que en el año 2050 el nivel global de equidad en el consumo de energía per cápita será cuatro veces mayor que el nivel actual de los países en desarrollo y 2,5 veces menor que el nivel actual de los países industrializados. Ello entrañaría la tasa máxima factible de inversión en el desarrollo. La tasa máxima de emisión de CO₂ resultante de unos 75 megatoneladas de CO₂ anuales sigue siendo muy elevada, aunque cae dentro de los límites de los escenarios del IPCC.

Caso C. Este es un caso normativo restringido a una tasa global hipotética de emisiones de CO₂ esta-

Escenarios de emisiones de CO₂ asociadas con la energía

bilizada al nivel de 1990. La equidad sólo se alcanzaría al final del próximo siglo. Con todo, ello significa que ni siquiera se alcanzaría la meta global de Toronto (reducción del 20% de los niveles de 1988 para el año 2005). No obstante, este caso es más o menos idéntico al del escenario 1c del IPCC en que se supone un amplio desarrollo nuclear, y es el escenario de ese Grupo en que se prevé que ocurran las menores emisiones de CO₂. Queda implícito en este caso que los países industrializados reducirán sus emisiones de CO₂ en 70% y 80% en los años 2050 y 2100, respectivamente, a fin de compensar el aumento de las emisiones provocadas por los países en desarrollo. Ello requeriría fijar un objetivo de reducción de unos 100 millones de toneladas de CO₂ anuales. La expansión implícita de la capacidad de las centrales nucleares es evidentemente factible ya que es comparable con la tasa de instalación de centrales que ya se alcanzó a principios del decenio de 1980.

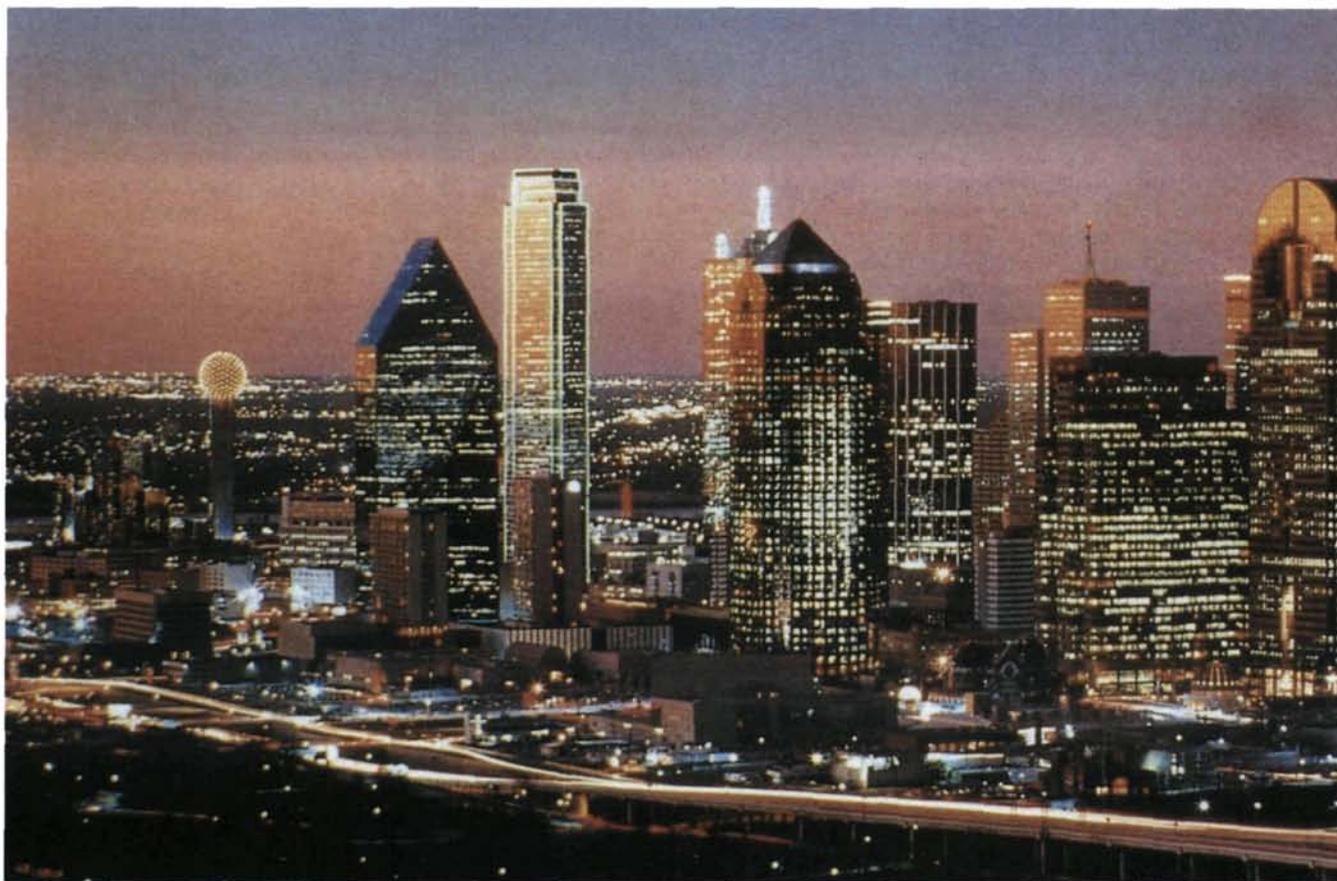
En su conjunto, los tres casos demuestran que si no se adoptan medidas rigurosas, las tasas de emisión de gases de efecto de invernadero, como el CO₂, aumentarán a niveles excepcionalmente altos, debido en gran medida al crecimiento de la población y al mejoramiento del estilo de vida de los países en desarrollo en aras de la equidad. Además, estos casos hacen suponer que la energía nuclear es necesaria para alcanzar una estrategia mundial que permita detener el cambio climático. Ello, a su vez, exigiría una mayor participación de los países en desarrollo en la generación de electricidad a partir de la energía nuclear.

Una parte importante de la electricidad de Chicago y otras ciudades del mundo se genera con energía nuclear. (Cortesía: ENEL)

Fortalecimiento de los compromisos

Los escenarios energéticos en que se considera de manera explícita la contribución de la energía nucleoelectrica al suministro de energía muestran sin lugar a dudas que las emisiones globales de CO₂ pueden reducirse considerablemente si la energía nuclear logra introducirse más en el mercado de la electricidad. Es preciso adoptar un conjunto de medidas, entre las que se incluyan la utilización de la energía nuclear y el mejoramiento de la eficiencia energética para poder reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero a un nivel en que no se produzcan más la perturbación antropógena del efecto de invernadero ni el cambio climático que trae aparejado. Ello entraña una acción mundial muy amplia por parte de los países industrializados y los países en desarrollo, con miras a reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero, necesitando los segundos un sustancial apoyo en lo que respecta a fondos, especialistas y equipo.

No obstante, como primera medida, es menester que todos los países industrializados demuestren que han tomado en serio el problema del efecto de invernadero, reduciendo sus aportes, los más altos en la actualidad, a las emisiones globales de gases que tienen ese efecto. En este contexto, los países que tienen intenciones de eliminar gradualmente la energía nuclear tendrán que convencerse de que una medida de esa índole haría difícil, cuando no imposible, mantener sus compromisos de al menos estabilizar las emisiones de CO₂, y mucho más difícil aún alcanzar la meta global de Toronto.



Producción de electricidad y gestión de desechos: Comparando las opciones

En un estudio del OIEA se comparan las estimaciones de los costos de la gestión de desechos procedentes de la producción de electricidad a partir de combustibles nucleares y fósiles

Muchos años han transcurrido desde que el advenimiento de la energía nucleoelectrica fuera ensalzado como una fuente de "electricidad tan barata que no valía la pena medir". Con todo, el objetivo principal de los programas de desarrollo de la energía nucleoelectrica es proporcionar una fuente de electricidad asequible y segura a corto y largo plazos. Por eso lo que cuesta proporcionar la electricidad es una cuestión de suma importancia, como también lo es la selección del método para calcular estos costos. Por largo tiempo, numerosas organizaciones, entre ellas el OIEA, han venido calculando y comparando los costos relativos de los distintos métodos de generación de electricidad con miras a desarrollar una perspectiva adecuada.

Desde el desarrollo inicial de los reactores de fisión nuclear, la gestión de los desechos radiactivos se suele considerar como uno de los problemas principales de la energía nucleoelectrica. La preocupación se ha extendido a los costos que ello entraña, en particular los que están asociados a la evacuación de desechos de actividad alta o de combustible gastado no tratado. Muchas veces los detractores de la energía nucleoelectrica han esgrimido la cuestión de los costos en sus argumentos, aunque no siempre de manera objetiva. Más recientemente, las organizaciones ambientalistas han comenzado a percatarse de que todas las formas de producción de energía generan desechos y tienen repercusiones ambientales que pudieran ser inaceptables si no se controlan adecuadamente. En los últimos años temas tales como el "efecto de invernadero" y la "lluvia ácida" se han transformado en cuestiones políticas importantes que han suscitado un examen más detallado de los aspectos relacionados con la gestión de los desechos procedentes del quemado de combustibles fósiles. Hasta la fecha estos aspectos no estaban sujetos a regulaciones estrictas, especialmente en algunas partes del mundo. En estos momentos se ha llegado

a una etapa en la que la gestión de desechos procedentes de la energía nucleoelectrica se mantiene sujeta a estrictos reglamentos y en la que las regulaciones para el control de los desechos provenientes de las centrales alimentadas con combustibles fósiles son cada vez más rigurosas. Como es casi seguro que una parte sustancial de la electricidad que se continúa generando provenga de ambas fuentes, el momento es oportuno para examinar las prácticas de la gestión de desechos y sus costos.

El presente artículo se basa en un estudio realizado por el OIEA de las estimaciones que se han hecho sobre los costos de la gestión de desechos. Recientemente se han concluido una serie de estudios de costos sobre distintas etapas de la gestión de desechos. Se consideró útil compilar los resultados de estos estudios y compararlos de manera objetiva con los costos de la gestión de los desechos derivados de la producción de electricidad a partir de otras fuentes energéticas. Esta comparación podría servir después para tener un panorama preciso de los aspectos económicos y ambientales de los diferentes medios de producción de electricidad.

En el estudio se comparan los costos que se derivan de la gestión de desechos generados en la producción de electricidad a partir de ejemplos representativos del combustible nuclear y fósil. Los costos asociados con la tercera fuente de generación de electricidad más importante, la energía hidráulica, son a todas luces pequeños y por lo tanto no se consideraron en este trabajo. Los combustibles fósiles y nucleares pueden emplearse en algunos tipos de centrales. Como no resultaría práctico examinar todas las variantes posibles, para la evaluación se seleccionaron centrales representativas que poseen una capacidad de 1000 megavatios eléctricos (MWe), todas funcionando a un factor de capacidad del 70% durante 30 años.

por
V. Tsyplenkov

Ciclos del combustible nuclear y fósil

Ciclo del combustible fósil. En el mundo industrializado el carbón es el principal combustible fósil utilizado para la generación de electricidad, aunque

El Sr. Tsyplenkov es funcionario de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y Gestión de Desechos del OIEA.

la participación del gas aumenta rápidamente. En algunos países el petróleo también constituye un combustible importante para la producción de electricidad, pero muchos tratan de evitar su utilización por las posibles fluctuaciones súbitas del precio del petróleo. Desde el punto de vista de la generación de desechos, el petróleo se ubica entre el carbón y el gas. Por ello, a los fines de la comparación se seleccionaron el carbón y el gas como ejemplos representativos de combustibles fósiles.

Las centrales modernas alimentadas con carbón emplean el carbón pulverizado. Cuando se produce la combustión, el carbón reacciona con el oxígeno y

se produce el dióxido de carbono (CO_2). El proceso de combustión produce óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), cenizas volantes y algunos otros subproductos contaminantes, incluidos los radionucleidos contenidos en el carbón.

Para la producción de electricidad de carga básica existen dos tipos de centrales alimentadas con gas. La primera es una central de ciclo de vapor convencional (CVC). No obstante, las unidades más modernas emplean turbinas de gas antes del ciclo de vapor para mejorar la eficiencia de la unidad; esta combinación se denomina central de ciclo combinado (CC). El proceso de combustión del gas natural es mucho más limpio que el del carbón; los principales productos de su combustión son CO_2 , agua y NO_x .

Es probable que una central convencional alimentada con carbón y una central de ciclo combinado alimentada con gas se conviertan en las principales fuentes de la nueva generación de electricidad a partir de combustibles fósiles. Ambas representan los extremos de la gama de problemas que se asocian a la gestión de desechos provenientes de los combustibles fósiles. (Véase el diagrama de la página 30.)

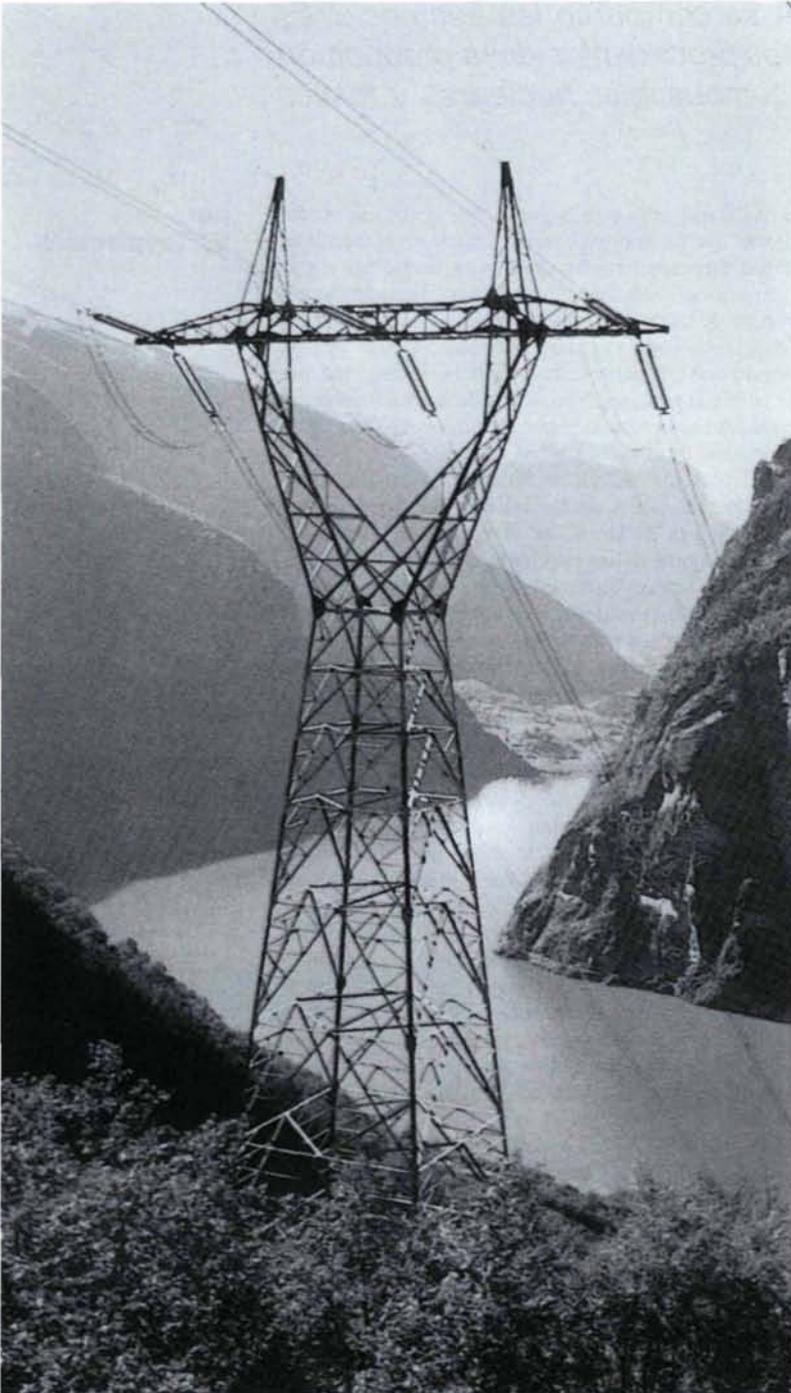
Ciclos del combustible nuclear. Las centrales nucleares generan electricidad a partir del calor que se produce cuando los núcleos de los átomos de los elementos pesados se fragmentan. El calor se emplea para producir el vapor que pone en funcionamiento las turbinas que generan electricidad.

En la actualidad el uranio es el principal combustible nuclear. Se encuentra en estado natural y se extrae mediante las técnicas tradicionales de extracción de minerales. Posteriormente se somete a tratamiento para que pueda ser utilizado como combustible en un reactor nuclear. El uranio natural contiene dos isótopos principales, el uranio 238 y el uranio 235. Sólo los núcleos de los átomos de uranio 235 son fácilmente fisibles. Sin embargo, el uranio 235 representa sólo el 0,7% del uranio natural. Algunos reactores emplean el uranio natural como combustible, pero hoy día la mayoría utiliza uranio ligeramente enriquecido en el cual se ha aumentado (enriquecido) en pequeño porcentaje la proporción de átomos de uranio 235. Por consiguiente, la mayor parte del uranio es enriquecido antes de convertirlo en elementos combustibles para cargar el reactor.

Cuando el combustible gastado se extrae del reactor, lo que ocurre generalmente todos los años, el combustible contiene uranio no consumido, productos de fisión, plutonio y otros elementos pesados. Es posible disolver el combustible gastado y elaborarlo químicamente (reelaborarlo) a fin de extraer el uranio y el plutonio no utilizados para la fabricación y el reciclado del combustible. También se pueden evacuar los elementos combustibles gastados directamente como desechos sin reelaboración.

Los dos principales ciclos del combustible nuclear son el ciclo abierto del reactor de neutrones térmicos y el ciclo del reactor de neutrones térmicos con reelaboración. (Véase el diagrama.) En el ciclo "abierto" del reactor térmico el combustible gastado no se reelabora, sino que se almacena hasta que a la larga se evacua como desecho. En el ciclo del reactor térmico con reelaboración, el combustible gastado se reelabora y el uranio y el plutonio se separan de los productos de fisión. El uranio, el plutonio, o ambos,

Líneas eléctricas
en Noruega.
(Cortesía: NorEnergi.)



pueden reciclarse en nuevos elementos combustibles.

En la actualidad para la generación de electricidad se usan distintos tipos de reactores térmicos. El más difundido en todo el mundo es el reactor de agua a presión (PWR), por eso a los fines de la presente comparación se seleccionó, con reelaboración y sin ella, como ejemplo de referencia nuclear. Aunque los demás tipos de reactores producen desechos distintos en algunos aspectos de los producidos por un PWR, se consideró que el PWR era suficientemente representativo y que podía usarse como ejemplo de referencia.

Generación de desechos

Todas las etapas de los ciclos del combustible —extracción, fabricación o elaboración del combustible, generación de potencia y clausura— generan desechos.

La generación de electricidad a partir de combustible nuclear produce desechos muy diferentes, desde el punto de vista de la cantidad y el tipo, de los provenientes de la generación de electricidad con combustibles fósiles. Los desechos que producen las centrales nucleares tienen volúmenes relativamente pequeños de material radiactivo. Por el contrario, las centrales alimentadas con combustibles fósiles queman grandes cantidades de combustible y los desechos procedentes de la explotación de la central incluyen grandes cantidades de productos de combustión. Ambos tipos de centrales eléctricas producen desechos en estado gaseoso, líquido y sólido.

No todo el mundo sabe que la combustión del carbón libera al medio ambiente cantidades de radiaciones que son similares (por sus posibles consecuencias biológicas) en magnitud a las emisiones cotidianas que la industria nuclear libera para producir cantidades comparables de electricidad. La producción y el uso del gas natural libera también radón radiactivo a la atmósfera.

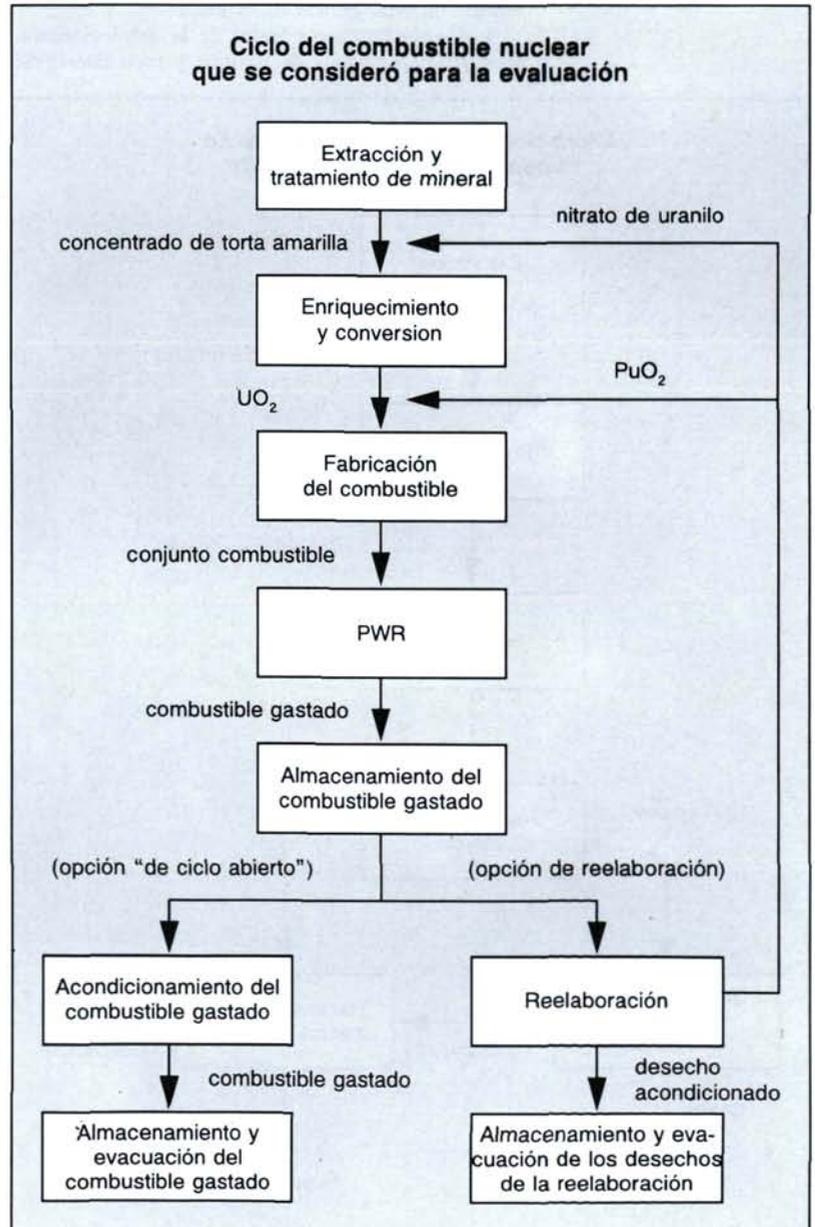
Desechos de los combustibles fósiles. La mayor parte de los desechos procedentes de los ciclos de los combustibles fósiles se genera durante la producción de energía, aunque en el caso del carbón también se producen grandes cantidades de desechos sólidos durante la extracción y la elaboración del combustible.

La combustión de los combustibles fósiles libera dióxido de carbono. Comparado con el carbón, el quemado de gas natural libera algo más de la mitad de CO₂ por unidad de energía. Asimismo, la combustión del carbón libera óxidos de azufre (SO₂ y SO₃) mientras que los productos de la combustión del gas apenas contienen compuestos de azufre. Además, la combustión del carbón y el gas libera óxidos de nitrógeno (NO_x).

Con la combustión del carbón se producen también emisiones de materia en partículas (cenizas). Parte de las cenizas, aproximadamente el 10%, se queda en la caldera y es eliminada; se les denomina cenizas de fondo. No obstante, la mayor parte de las cenizas aparece en forma de materia en partículas muy finas en el gas de la combustión; esto se conoce como cenizas volantes.

Generación de desechos radiactivos acondicionados

Etapa	Clase de desecho	Unidad	Margen		
			bajo	de referencia	alto
Extracción y tratamiento	DAB	m ³ /a	20 000	40 000	60 000
Conversión y enriquecimiento	DAB	m ³ /a	20	20	20
Fabricación	DAB	m ³ /a	20	30	30
Funcionamiento de la central	DAB	m ³ /a	100	130	200
	DAI	m ³ /a	50	80	100
Reelaboración	A1	m ³ /a	3.5	4	4
	A2	m ³ /a	20	22	25
	DAI	m ³ /a	50	75	100
	DAI	m ³ /a	470	580	690
Combustible gastado (no acondicionado y de "ciclo abierto")		t/a	25	30	35



Corrientes de desechos del carbón después del tratamiento de los desechos

	Corrientes de desechos (g/kWh)
NO _x	0,25
SO ₂	0,32
Cenizas volantes liberadas a la atmósfera	0,07
Cenizas volantes recogidas	3,02
Yeso	2,10

En el caso de las instalaciones alimentadas con combustibles fósiles, es probable que la clausura ocurra poco después de que termine la vida útil de la central. Los desechos procedentes de la clausura estarán asociados en general con la demolición y no entrañarán peligros residuales especiales.

Desechos nucleares. Como en los ciclos de los combustibles fósiles, cada etapa del ciclo del combustible nuclear genera desechos.

Los desechos procedentes de la extracción son principalmente aguas de la mina y roca estéril. Si

bien las colas del tratamiento del uranio son por lo general similares a los desechos procedentes de la extracción, contienen casi todos los hijos radiactivos naturales resultantes de la desintegración del uranio.

Los procesos de conversión y enriquecimiento producen desechos sólidos y gaseosos que contienen algún uranio en suspensión en el aire. Por otra parte, las plantas de enriquecimiento producen grandes volúmenes de uranio empobrecido que se considera un desecho a los fines de esta evaluación.

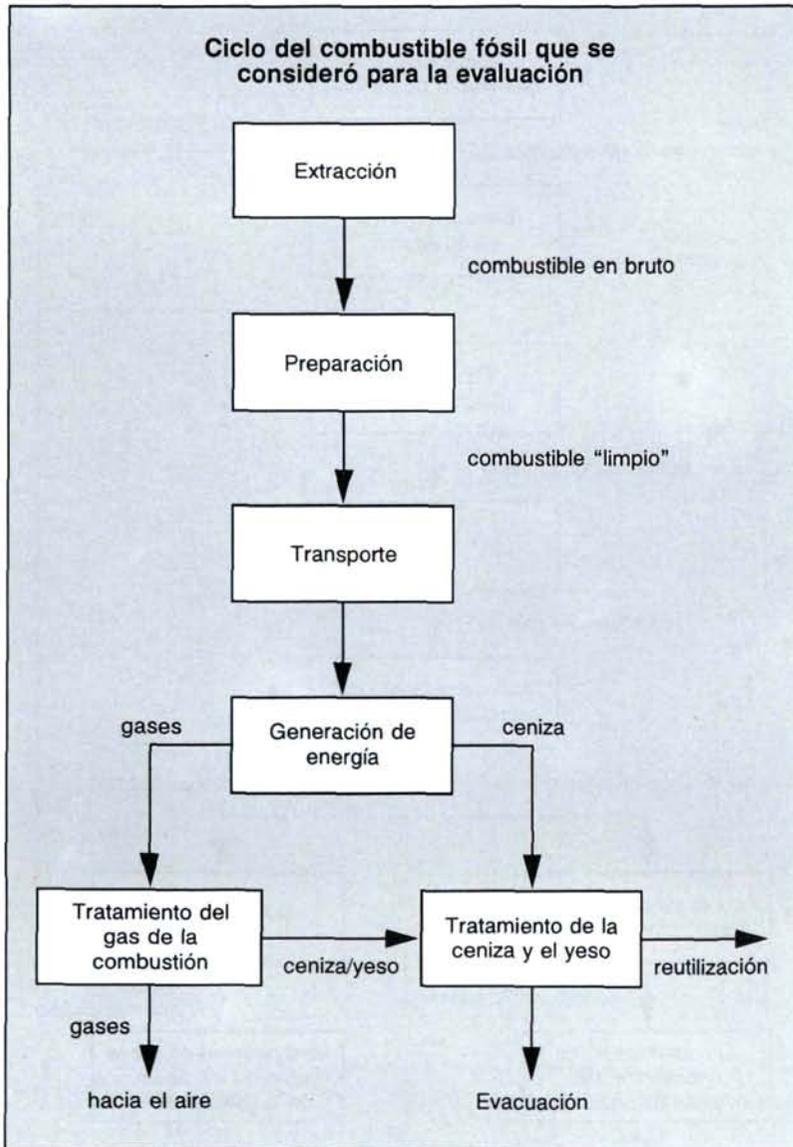
Según se emplee la reelaboración o no, los desechos de la fabricación del combustible aparecen en forma de diversas corrientes sólidas y líquidas contaminadas con uranio y/o plutonio.

La radiactividad se produce en diversas corrientes de desechos líquidos de la central. Además, durante la explotación de los reactores se generan pequeñas cantidades de desechos gaseosos. Asimismo, las operaciones con los reactores dan lugar a una gama de desechos sólidos que aparecen en forma de elementos contaminados o activados.

El contenido radiactivo de los desechos de la reelaboración está compuesto fundamentalmente por productos de fisión y activación, y actínidos secundarios que llegan a la planta de reelaboración como parte del combustible gastado y que aparecen en forma de corrientes de desechos líquidos y sólidos.

La radiactividad de algunos de los componentes de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear exige que durante la clausura se empleen técnicas costosas de manipulación por control remoto. El costo y la necesidad de aplicar este método pueden reducirse aplazando los trabajos y permitiendo que se produzca la desintegración radiactiva. En el caso de las centrales nucleares una estrategia muy utilizada en todo el mundo es el aplazamiento de la clausura, que es el método que se seleccionó como referencia a los fines de esta evaluación. La mayoría de los desechos radiactivos provenientes de la clausura de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear son desechos sólidos de actividad baja (DAB). Los pequeños componentes de los desechos de actividad intermedia (DAI), los desechos de actividad alta (DAA) o los desechos transuránicos están asociados a la reelaboración del combustible gastado y a la fabricación de combustibles de mezcla de óxidos.

Ciclo del combustible fósil que se consideró para la evaluación



Gestión de desechos

Desechos fósiles. La cuestión más grave de la gestión de desechos sólidos en el ciclo del carbón es el relativo a los estratos de mezcla de las minas, que plantean un gran problema de evacuación. Una opción posible es emplearlos como relleno en las minas de donde se extrajeron.

El tratamiento de los gases de la combustión en una central alimentada con carbón consta de tres etapas: eliminación de NO_x, reducción de SO₂ y reducción de las partículas de materia. En el caso del gas natural, el único problema importante de la gestión de los desechos de los gases de la combustión que se ha podido resolver hasta ahora es el relacionado con los óxidos de nitrógeno.

Modificando el proceso de combustión se ha logrado reducir un poco el NO_x. No obstante, el

proceso más efectivo para la eliminación de NO_x es el de la reducción catalítica selectiva (SCR) que utiliza amoníaco y un catalizador para reducir el NO_x a nitrógeno y agua. Las tasas clásicas de este tipo de reducción son de aproximadamente el 80%. El material catalítico utilizado es el único desecho que requiere evacuación como resultado de este proceso. Sin embargo, el componente principal puede ser devuelto al suministrador para su reutilización.

En los procesos de desulfuración del gas de la combustión (FGD) se emplean materias alcalinas para absorber y eliminar el dióxido de azufre de este gas. Los procesos de FGD tienden a ser prolongados y caros ya que es preciso tratar volúmenes muy grandes de gas que contienen concentraciones de SO₂ muy bajas. La reacción del dióxido de azufre con el reactivo produce grandes cantidades de producto (yeso), parte del cual puede ser tratado para producir yeso del que se emplea en el revestimiento de paredes y el resto utilizarlo como material de relleno. La eficacia que suele lograrse con el proceso FGD es de 95%.

La reducción de las partículas de materia en el gas de la combustión suele lograrse utilizando precipitadores electrostáticos (ESP) que tienen una eficiencia de eliminación típica de un 95%. Parte de las cenizas volantes y de fondo extraídas puede utilizarse en la industria del cemento y en la construcción de carreteras; el resto tiene que evacuarse como material de relleno.

En el presente, no existe ninguna tecnología eficaz en función del costo que reduzca las emisiones de CO₂ y no se ha intentado la remoción de los radionucleidos presentes en los efluentes gaseosos. Después del tratamiento de los desechos se liberan al medio ambiente diversas corrientes de desechos (Véase el cuadro.)

Desechos nucleares. Hoy día se aplican una serie de técnicas de gestión de desechos radiactivos, que comprenden desde la descarga directa al medio ambiente (dispersión) hasta las técnicas complejas de inmovilización de radionucleidos y su evacuación en instalaciones de evacuación cuidadosamente diseñadas y construidas.

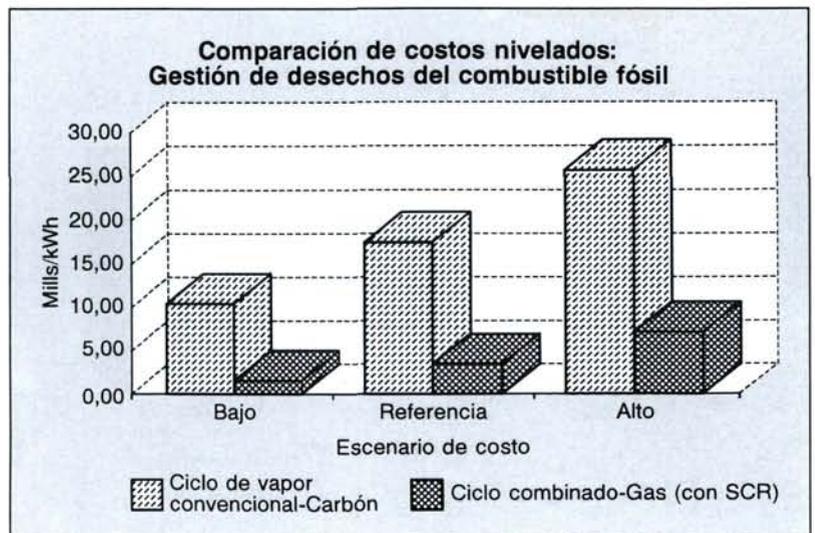
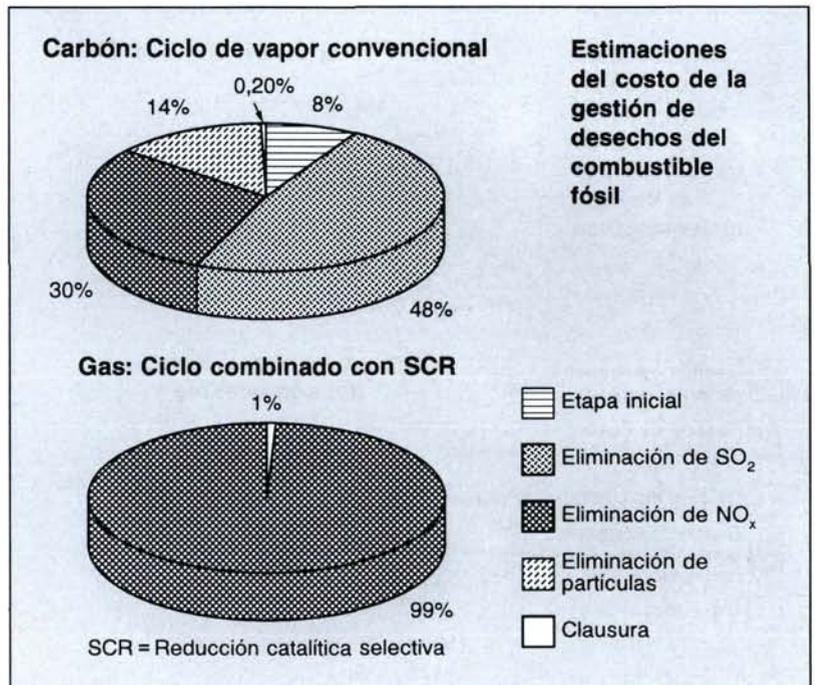
Desechos de la extracción y el tratamiento. Todos los desechos generados por la extracción del mineral de uranio se tratan antes de que tenga lugar cualquier clase de liberación. La evacuación de las colas de tratamiento suele realizarse en el emplazamiento por lo general cubriendo las colas para reducir la dispersión radiactiva.

Desechos líquidos. El tratamiento de desechos líquidos constituye una parte importante del programa de gestión de desechos en la mayoría de las instalaciones nucleares. La opción de la gestión de desechos que se escoja dependerá de las características y la cantidad de los desechos generados. Las pequeñas cantidades de desechos acuosos que contienen radionucleidos de período corto pueden liberarse en el medio ambiente. Es posible evaporar los desechos líquidos que contienen elevadas concentraciones salinas reteniendo el material radiactivo en el concentrado o precipitándolo químicamente para producir un lodo con las propiedades adecuadas para su tratamiento ulterior. Algunos desechos líquidos pueden absorberse en matrices sólidas como pasc

previo al tratamiento del sólido. En ocasiones se utiliza también la incineración para reducir el volumen de los aceites activos y los solventes combustibles. Los concentrados de DAB y DAI se capsulan en cemento o en matrices de betún y posteriormente se introducen en contenedores apropiados.

Los DAA líquidos generados en las instalaciones de reelaboración contienen casi todos los productos de fisión presentes en el combustible. Actualmente este tipo de DAA se convierte en vidrio mediante un proceso de vitrificación y el vidrio fundido se vierte en contenedores de acero inoxidable antes de evacuarlo en repositorios profundos preparados al efecto. (En este estudio se clasificaron estos desechos de actividad alta emisores de calor como A1.)

Desechos gaseosos. Por lo general los desechos gaseosos radiactivos se descargan en la atmósfera de conformidad con los requisitos de reglamentación



pertinentes. Si es necesario, los desechos gaseosos se tratan antes de la descarga para asegurar que no se excedan los límites reglamentarios establecidos para la descarga.

Desechos sólidos. Además de los desechos de reelaboración vitrificados, entre los desechos sólidos se incluyen además los cascos de vainas, y el equipo del conjunto combustible (clasificados como A2), filtros, equipo utilizado, resinas y lodos, sólidos del purificador y desechos en general. Todos los desechos, excepto aquellos que tengan muy baja actividad, requieren tratamiento y acondicionamiento.

Entre las operaciones de tratamiento y acondicionamiento se incluyen la reducción de volumen, la conversión de desechos en formas más estables y el embalado. Las diferentes etapas de la gestión de desechos del ciclo de PWR examinadas en este artículo generan volúmenes diferentes de desechos

sólidos acondicionados. (Véase el cuadro de la página 29.)

La evacuación en una instalación adecuada, que pudiera realizarse en formaciones geológicas profundas o cerca de la superficie, contribuye a limitar la emisión de radionucleidos al medio ambiente a niveles aceptables. En el caso del ciclo abierto, el combustible gastado se almacena durante años, probablemente varios decenios para lograr así que la radiactividad y la carga de calor asociada disminuyan antes de la evacuación.

Metodología para la evaluación de los costos

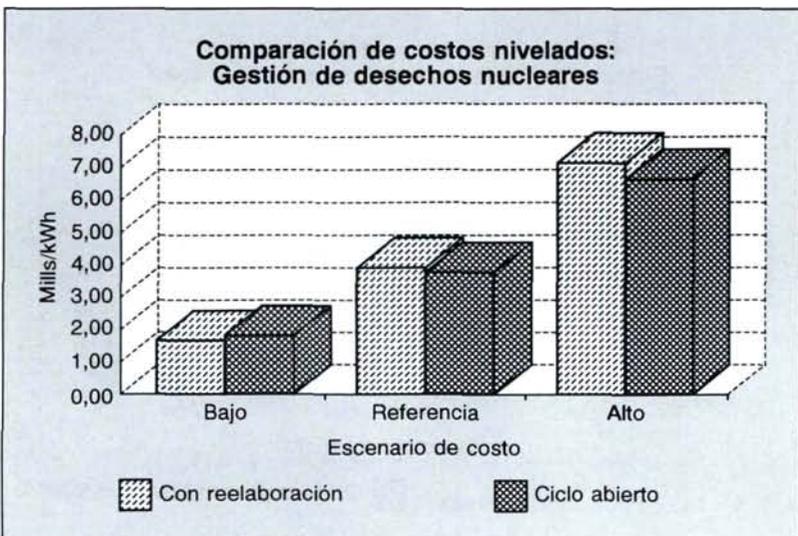
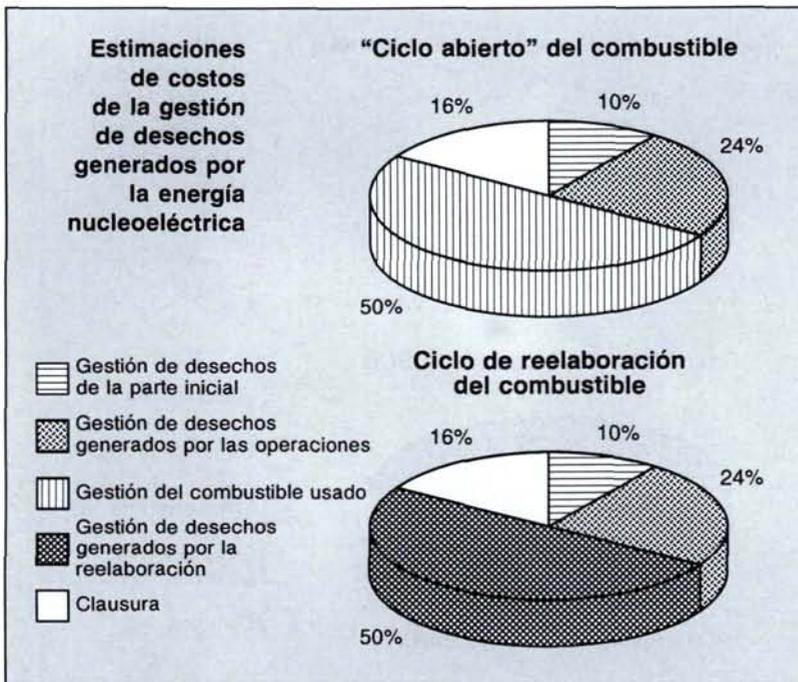
El estudio de las estimaciones existentes nos ha permitido obtener los datos relativos a cada uno de los componentes del costo de la gestión de desechos. En aras de propiciar una comparación bien fundada de los costos, en los casos necesarios se han ajustado los datos primarios y se han aplicado a los casos de referencia. Finalmente, todas las estimaciones de los costos se han convertido a un tipo común de costo unitario nivelado de la energía (CUN) expresado en dólares de los Estados Unidos de América hasta el 1 de julio de 1991, por kWh. El CUN se define de forma tal que el valor actual de la corriente de costos equivale al valor actual del costo nivelado simple multiplicado por el número de unidades (kWh) en cada lapso de tiempo. Para poder colocar en un mismo nivel los costos de la gestión de desechos con fines comparativos, es necesario convertir todas las corrientes de costos a un valor común mediante el procedimiento de descuento. Este método es ampliamente aceptado en las valoraciones económicas como procedimiento que facilita la comparación de las opciones de inversión que tienen diferentes corrientes de efectivo diseminadas en un lapso de tiempo.

La principal crítica que se hace a la aplicación de la técnica de descuento para la evaluación del costo de la energía nucleoelectrica es su aplicación a corrientes de costo significativas mucho después de concluida la producción de electricidad en la estación generadora nuclear. Esta crítica tiene que ver con la igualdad intergeneracional, es decir, hasta qué punto los clientes de las compañías eléctricas pagan el costo total del servicio que se les brinda y hasta qué punto las futuras generaciones asimilarán costos por los que no reciben beneficio alguno.

Para reconocer esta inquietud, los casos de referencia se basan en una tasa de descuento real de 5% hasta el final de la vida útil de la central nuclear seguido de una tasa de descuento cero a partir de ese momento. Muchos países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) favorecen la tasa de descuento real de 5%. Además, se ha comprobado la susceptibilidad de los resultados ante diferentes factores: la tasa de descuento, el factor de capacidad y la vida útil de la central nuclear.

Datos de los costos

Ciclo del combustible fósil. En ambos ciclos del combustible los costos nivelados de la gestión de



desechos abarcan una gama de aproximadamente 0,5 a 2,0 veces los casos de referencia. (Véanse los gráficos.)

Al examinar las proporciones relativas de estos costos, se puede observar que sólo el control de SO₂ representa aproximadamente el 48% de los costos en una central alimentada con carbón de ciclo de vapor convencional. En cuanto al ciclo combinado, los costos derivados de la clausura constituyen el 99% de los costos de la gestión de desechos.

Los costos de la gestión de desechos del combustible fósil oscilan desde casi cero a aproximadamente 25 milésimas por kWh (una milésima representa una milésima parte de un dólar de los Estados Unidos). Se espera que los costos se mantengan dentro de esa escala con variaciones típicas dentro de la tasa de descuento del factor de capacidad o de la vida útil. El extremo inferior de la escala corresponde a la generación a partir del gas y el extremo superior a la generación a partir del carbón. A estos niveles, los costos de la gestión de desechos representan una fracción baja o moderada de los costos generales de la generación de electricidad de carga básica a partir de combustibles fósiles. El total de costos nivelados de la electricidad generada a partir de combustibles fósiles se incluye por lo general en la escala de 40 a 60 milésimas por kWh.

Ciclo del combustible nuclear. El costo nivelado de la gestión de desechos de los dos ciclos del combustible nuclear analizados es similar. (Véanse los gráficos.)

En ambos ciclos, la gestión de desechos en la etapa inicial resulta ser cerca del 10% del costo total de la gestión de desechos. De ello, aproximadamente una tercera parte se debe a la gestión del uranio empobrecido como desecho. La gestión de desechos derivados de la explotación de una central nuclear representa aproximadamente el 24% de los costos y el 15% se debe a la clausura de la central. El 50% del resto de los costos está asociado con la etapa final del ciclo del combustible.

Los costos de la gestión de desechos nucleares se incluyen en la escala de 1,6 mil/kWh a 7,1 mil/kWh. Tal como ocurre en la gestión de desechos fósiles, estos costos representan una fracción baja o moderada del costo de la electricidad generada. Los costos de la gestión de desechos pueden compararse con los costos de la electricidad de origen nuclear, que es de 30 a 50 mil/kWh.

Comparación. Los costos de la gestión de desechos nucleares se sitúan entre los costos de ambos casos de combustibles fósiles. Se asemejan más a los costos del ciclo combinado a partir del gas, el cual representa el extremo inferior de la escala del combustible fósil. La opción que emplea el carbón como combustible, que representa el extremo superior de la escala del combustible fósil, genera costos asociados a la gestión de desechos casi cuatro veces mayores que los costos de los casos nucleares.

Mientras que ambos ciclos del combustible nuclear muestran una escala de valores altos y bajos que abarcan un factor de cuatro, la fluctuación de las estimaciones de los costos del combustible fósil abarca sólo un factor de dos o menos. Esta diferencia en las variaciones puede atribuirse en parte al hecho de que los costos de los combustibles fósiles se basan en una tecnología establecida, mientras que los

costos derivados de los combustibles nucleares incluyen un aporte sustancial de las actividades de gestión de desechos que no están aún sólidamente establecidas. Aun cuando el tratamiento del gas del combustible es una actividad relativamente nueva, existen varias centrales en funcionamiento y las estimaciones de costo son más sólidas que las de algunas técnicas de gestión de desechos, como la clausura y los repositorios profundos. A la luz de lo expuesto anteriormente, la incertidumbre asociada con los costos de la gestión de desechos nucleares es mayor que en el caso de las actividades de gestión de desechos fósiles examinadas en esta evaluación. Parte de la diferencia en las variaciones existentes entre las estimaciones de los costos de la gestión de desechos fósiles y nucleares se debe también al efecto de las diferencias entre las condiciones locales, incluidos los requisitos de reglamentación.

Posibles cambios futuros

No se prevé que ocurra un cambio importante en las prácticas o expectativas de la gestión de desechos en relación con la generación nuclear. No obstante, se avisan algunas posibilidades futuras que pudieran influir en los costos de la gestión de desechos. Entre éstas se incluyen los esfuerzos dirigidos a elevar el quemado de combustible, mejorar la limpieza general y lograr técnicas de tratamiento de desechos más efectivas y avanzadas, como la supercompactación, la biodegradación, la incineración y el quemado del plasma mediante soplete. Al parecer todos estos adelantos podrían ayudar a reducir los costos de la gestión de desechos nucleares. En el futuro se avanzará también en los repositorios profundos y se contará con mayor experiencia sobre el proceso de clausura. Si bien puede correrse el riesgo de que los costos resulten más elevados de lo previsto, también se reducirá significativamente la incertidumbre reinante respecto de los costos de la gestión de desechos nucleares.

En el caso de los costos de la gestión de desechos fósiles, uno de los mayores adelantos previstos es el uso más generalizado de las tecnologías del carbón que no generan desechos. Como resultado se reducirán las consecuencias sobre el medio ambiente y los costos de la gestión de desechos con la aplicación de una tecnología que integra con mayor eficiencia el control de emisión dentro del proceso mismo de generación de electricidad. Otro adelanto posible en relación con la generación a partir de combustible fósil es la regulación relativa al CO₂. Ello podría entrañar el desarrollo de soluciones tecnológicas como la evacuación de CO₂ en zonas exentas de gas en el fondo del océano, o la aplicación de impuestos sobre la utilización del carbón, lo que podría aumentar significativamente los costos de la gestión de desechos fósiles.

Tanto en el caso de los combustibles fósiles como nucleares existe también la posibilidad de que los reglamentos vigentes relativos a la gestión de desechos se hagan más estrictos. Ello incluiría la posibilidad de que las compañías eléctricas asuman los costos asociados a los residuos liberados al medio ambiente. Tales cambios acarrearían un aumento de los costos.

Fortalecimiento de la seguridad nuclear y radiológica en los países de la antigua Unión Soviética

El PNUD y el OIEA unen sus esfuerzos a los de los nuevos Estados independientes para crear infraestructuras nacionales apropiadas para la seguridad nuclear

por Morris Rosen

A principios de 1994 estará en plena aplicación un programa internacional de varios millones de dólares destinado a prestar asistencia práctica en las esferas de la seguridad nuclear y la protección radiológica a los Estados sucesores de la antigua Unión Soviética.

Esta iniciativa emanó de una *Reunión sobre intercambio de información* celebrada a nivel ministerial en la sede del OIEA del 4 al 7 de mayo de 1993. Altos funcionarios de los gobiernos de estos países explicaron a grandes rasgos sus programas, problemas, necesidades y prioridades actuales como parte de los esfuerzos que se realizan para determinar a qué esferas se puede orientar mejor la asistencia en virtud del programa internacional, que es una iniciativa conjunta del OIEA y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se están haciendo gestiones con los gobiernos, los organismos internacionales de financiación y la industria privada para obtener fondos y otro tipo de apoyo para los servicios de asistencia.

El programa conjunto está destinado a atender esferas no comprendidas en los esfuerzos internacionales que ya se realizan para prestar asistencia a los países de Europa central y oriental en materia de energía nucleoelectrónica. Entre esas esferas se incluyen programas de asistencia bilateral y multilateral para mejorar la seguridad de las centrales nucleares, como por ejemplo, un mecanismo de coordinación creado por los países del Grupo de los 24 integrantes de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) por intermedio de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) con sede en Bruselas. El propio OIEA está aplicando amplios programas dirigidos a cada una de las distintas generaciones de reactores de agua ligera a presión, conocidos como WWER, y los reactores RBMK moderados por grafito, que están ubicados en Lituania, Rusia y Ucrania, países surgidos en la antigua Unión Soviética, así como en Bulgaria, Hungría, la República Checa y la República Eslovaca.

No se han adoptado iniciativas colectivas para resolver el problema más generalizado, el de la seguridad de las instalaciones, como los reactores de investigación, las instalaciones de extracción y tratamiento del uranio, y aquellas que contienen fuentes de radiación utilizadas en la medicina, la agricultura y la industria. El nuevo programa conjunto aprovecha la amplia experiencia que el OIEA ha acumulado en la creación de infraestructuras de seguridad, incluidos los marcos jurídicos y reglamentarios, y las posibilidades del PNUD para obtener financiación y crear una capacidad nacional para la administración de asistencia. El sistema de las Naciones Unidas, caracterizado por su imparcialidad y universalidad, puede ofrecer a los gobiernos y a las organizaciones donantes un mecanismo apropiado para proporcionar esa asistencia. En la mayoría de las nuevas repúblicas independientes se han abierto Oficinas Integradas de las Naciones Unidas para poder contar con un enfoque más consolidado y cooperativo de los esfuerzos de asistencia de las organizaciones pertenecientes al sistema de las Naciones Unidas.

Las primeras etapas

El programa conjunto se previó como una operación en tres etapas, que se inició con la reunión de Viena, en la que estuvieron representados Armenia, Azerbaiyán, Belarús, Estonia, Georgia, Kazajistán, Kirguistán, Letonia, Lituania, Moldova, Rusia, Ucrania y Uzbekistán. (*Véanse los mapas.*) No asistieron dos de las nuevas repúblicas independientes, Tayikistán y Turkmenistán. En dicha reunión se obtuvieron suficientes datos para trazar un plan de acción. Se reconoció que era preciso que los programas específicos de asistencia por países proporcionaran equipo moderno, especialistas y servicios consultivos. El intercambio de información y las actividades de capacitación, en las que se incluyan cursos prácticos y visitas científicas, desempeñarían también un importante papel al materializar el necesario contacto con la comunidad científica y las prácticas internacionales.

La financiación pudiera ser el factor que limite la prestación de asistencia, por lo que a la reunión de

El Dr. Rosen es Subdirector General de la División de Seguridad Nuclear del OIEA.

Viena también fueron invitados observadores de posibles países donantes y de organizaciones financieras como la CCE, el Grupo de los 24, el Banco Europeo de Reconstrucción y Fomento y el Banco Mundial.

Algunos problemas principales

Los consultores del OIEA siguieron detenidamente las deliberaciones de la reunión y sostuvieron amplios debates con los participantes en grupos de trabajo especiales. Se llegó a una conclusión evidente: existe una apremiante necesidad de formular enfoques nacionales independientes para llenar el vacío que produjo la desintegración de la antigua Unión Soviética.

Todos los países tenían disposiciones relativas a la protección radiológica, pero dependían de la orientación y el asesoramiento de las organizaciones de carácter nacional de la antigua Unión Soviética. La desintegración de la Unión Soviética puso fin a esos arreglos y desapareció la autoridad central con sede en Moscú. La creación de nuevas autoridades e instituciones nacionales e independientes, así como la promulgación de leyes y normas ha pasado a ser una tarea prioritaria. Aunque se están adoptando enfoques nacionales, existe duplicación de responsabilidades en algunas esferas mientras que en otras no se asumen las debidas. En este empeño pueden participar los ministerios que tienen que ver con la salud, y los que se dedican a las cuestiones del medio ambiente y la industria, conjuntamente con los comités e institutos estatales.

Las autoridades y las instituciones tendrán que desarrollar sus propios conocimientos especializados en materia de política y en la esfera técnica. La mayoría de las delegaciones solicitaron la realización de cursos de capacitación en que se demostraran las prácticas internacionales. Un paso esencial en la creación de las nuevas infraestructuras de seguridad será la toma de conciencia sobre las normas de protección aceptadas a nivel mundial, como, por ejemplo, las contenidas en las *Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra los Radiaciones Ionizantes y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación* del OIEA.

Existen problemas comunes. Todos los países poseen fuentes de radiación que se utilizan en la terapia médica y en la radiografía industrial, mientras que algunos también las emplean en la esterilización de productos. Existen fuentes de composición y cantidad desconocidas, que han sido abandonadas y no se sabe su ubicación. En algunos casos casi se desconoce o no es satisfactorio el margen de seguridad de las instalaciones de evacuación de desechos mediante el enterramiento a poca profundidad, que han existido en la mayoría de los países desde principios del decenio de 1950. En aquellos lugares donde se ha extraído y tratado el uranio se enfrentan problemas con la estabilización de los desechos y las colas. Con el tiempo habrá que prestar atención a la clausura de los reactores de investigación y de las instalaciones del ciclo del combustible.

En general no se cuenta con la capacidad para responder a una emergencia, especialmente en la esfera de las comunicaciones y en la realización de

análisis radiológicos. Varios países también expresaron preocupación en cuanto a la idoneidad de la seguridad nuclear en las repúblicas vecinas.

Las primeras misiones de investigación

Ya se comenzó a aplicar la segunda etapa del programa con el envío a todos los países de misiones de investigación integradas por especialistas, que concluirán a principios de 1994. Estas misiones permitirán que se formulen programas específicos de asistencia por países y actividades dirigidas a grupos de antiguas repúblicas soviéticas con necesidades similares.

Las primeras misiones visitaron Kazajstán, Uzbekistán y Kirguistán en julio de 1993. (*Véanse el recuadro y los mapas adjuntos.*) En ellas participaron funcionarios del Organismo y un consultor que también había asistido a la reunión de Viena. Se visitaron reactores nucleares de potencia y de investigación, instalaciones de extracción y tratamiento del uranio y las principales instituciones que utilizan fuentes radiactivas en la medicina y las investigaciones. Los debates se centraron en el marco jurídico para el uso de la energía nuclear; la supervisión en materia de reglamentación, incluidos la concesión de licencias y el control de fuentes radiactivas, y la seguridad del personal expuesto a las radiaciones; la protección y vigilancia del medio ambiente; la manipulación de desechos; y la preparación para casos de emergencia.

En los tres países mencionados, los altos funcionarios que habían asistido a la reunión de Viena participaron activamente en los preparativos y en los debates. A continuación se relacionan algunas de las principales observaciones formuladas por las misiones de investigación.

Situación jurídica y reglamentadora. Aunque en el plano nacional se están adoptando nuevas disposiciones institucionales para supervisar las actividades relacionadas con la seguridad, aún siguen vigentes muchos requisitos y normas de seguridad. En general se reconoce que sería conveniente avanzar con rapidez, lo que dependerá de las prioridades globales que se asignen para efectuar la reorganización gubernamental. Hasta tanto ésta no se concluya es probable que se continúen utilizando órganos y reglamentos provisionales. Aunque se dispone de documentos de la antigua Unión Soviética sobre seguridad, al parecer se tiene muy poco acceso a otros materiales nacionales o internacionales. La cooperación constructiva con Rusia será indispensable, pues allí se conservan todavía muchos datos pertinentes e información sobre el diseño de las diversas instalaciones nucleares.

Personal. Esos países cuentan con personal administrativo y técnico calificado, pero su experiencia se limita al trabajo dentro del sistema de la antigua Unión Soviética. Al parecer el personal encargado de la concesión de licencias y de las actividades de inspección tiene buena formación teórica pero poca experiencia práctica. Se han suscrito muchos acuerdos bilaterales con Rusia que incluyen acuerdos de cooperación con diferentes instituciones que se seguirán ejecutando, y en los que se prevé cierta posibilidad de capacitar al personal. Los funcio-

Algunas características de los países visitados

En el marco del proyecto internacional conjunto del PNUD-OIEA, varios países han sido visitados por especialistas con miras a sentar las bases para la asistencia futura. Los países visitados en julio de 1993 fueron:

Kazajstán. Este país tiene 16,7 millones de habitantes y una superficie de 2,7 millones de kilómetros cuadrados. La capital es Almaty. Kazajstán declaró su independencia en diciembre de 1991. El país es rico en recursos minerales. La extracción de carbón, la producción de petróleo y productos químicos, la metalurgia no ferrosa, y la ingeniería pesada son industrias importantes. La agricultura de Kazajstán ha dejado de dedicarse principalmente a la ganadería nómada y ha pasado a la producción de cereales, algodón y otros productos.

En la esfera nuclear, existen instalaciones como los tres reactores de investigación de Semipalatinsk, que fue la zona de ensayos de las armas nucleares soviéticas entre 1949 y 1989, un reactor de investigación en Almaty, un reactor reproductor en las afueras de Aktau, diferentes emplazamientos de extracción y tratamiento del uranio, el Instituto de Física Nuclear ubicado cerca de Almaty y emplazamientos de evacuación de desechos nucleares en las inmediaciones de Almaty y Aktau.

Kirguistán. El país cuenta con 4,4 millones de habitantes y una superficie de 0,2 millones de kilómetros cuadrados. Su capital es Bishkek. Kirguistán declaró su independencia en septiembre de 1991. Tiene más de 500 grandes empresas industriales, como por ejemplo, refinerías de azúcar, tenerías, fábricas para la limpieza del algodón y la lana, molinos de harina, una fábrica de tabaco, plantas de elaboración de alimentos e industrias maderera, textil, mecánica, metalúrgica, petrolera y minera. El país es conocido por su ganadería.

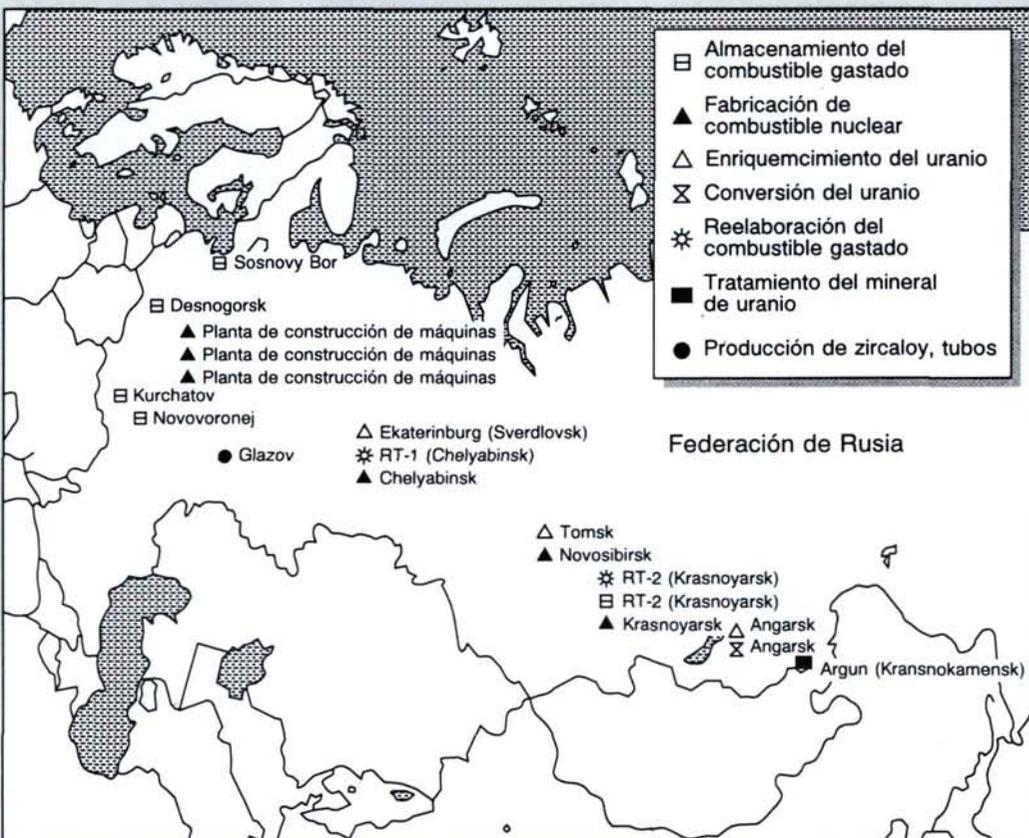
En la esfera nuclear, las principales actividades están relacionadas con la extracción del uranio.

Uzbekistán. El país tiene 20,3 millones de habitantes y una superficie de 0,45 millones de kilómetros cuadrados. La capital es Tashkent. El país declaró su independencia en agosto de 1991. Posee alrededor de 1600 fábricas y molinos, y sus principales productos de exportación son el petróleo, el carbón, el cobre y los materiales de construcción. En Uzbekistán se practica la agricultura intensiva basada en el riego, y se cultiva algodón, arroz y frutas.

Entre sus instalaciones nucleares figuran un reactor de investigación ubicado cerca de Tashkent, una fuente neutrónica pulsante de 15 kW ubicada en el Instituto de Física Nuclear, un emplazamiento de extracción y tratamiento del uranio, y una instalación central para la evacuación de desechos nucleares.



Extracción del uranio a cielo abierto en Uchkouduk, Uzbekistán. (Cortesía de C. Bergman del OIEA)



narios de nivel superior tienen la oportunidad de ponerse en contacto con la comunidad científica internacional, y ello debería extenderse a los niveles inferiores.

Como resultado de las inminentes decisiones sobre la nacionalidad y las exigencias idiomáticas, se ha producido un gran éxodo de profesionales de origen ruso. En Kazajstán, hay casi igual número de pobladores de origen kazako y ruso y cada uno de estos grupos representa alrededor del 40% del total de la población. El componente ruso en Kirguistán constituye el 21%, mientras que en Uzbekistán representa sólo el 8%. Los científicos rusos desempeñaron un papel importante en muchos organismos industriales y científicos. En especial, la explotación del reactor reproductor BN-350 ubicado en Kazajstán podría verse seriamente afectada si se quedara sin su personal técnico y administrativo de gran experiencia.

La creación de numerosos organismos estatales ha provocado también la reasignación del personal competente. Para establecer misiones diplomáticas en todo el mundo ha habido que recurrir no sólo a especialistas en ciencias políticas, sino también a expertos en la esfera técnica. La primera visita oficial que recibió el recién designado Ministro de Relaciones Exteriores de Uzbekistán fue la misión del OIEA. Los dos ministros anteriores habían sido reasignados en embajadas.

Instalaciones y equipo. Muchas de las instalaciones y gran parte del equipo científico son viejos y obsoletos. En reiteradas ocasiones se informó a la misión de una escasez general de equipo y de su estado deficiente, especialmente de algunos dispositivos comunes de medición. Se carece de computadoras y de programas para las técnicas modernas de almacenamiento de la información y, en general, se necesitan sistemas de comunicación internacional y nacional directa y rápida.

Será necesario modernizar las instalaciones con equipo avanzado para que las operaciones adquieran el nivel internacional. Sin embargo, a corto plazo será difícil satisfacer las numerosas solicitudes de equipo sin disponer de una mejor información sobre los programas de trabajo prioritarios, y sobre el personal disponible. En el plano nacional habrá que coordinar las solicitudes de equipo.

Una señal alentadora fue la dedicación que caracteriza al personal administrativo y técnico de las diversas instalaciones industriales, de investigación y médicas que se visitaron. Lo anterior se constató no sólo por el nivel de conocimientos técnicos, sino además por el aceptable grado de limpieza y orden que se observó en las instalaciones. Esto se hizo especialmente evidente en el reactor nuclear BN-350 de Kazajstán. La central tiene un excelente historial de explotación y las dependencias visitadas se mantenían en un óptimo estado de limpieza.

Inquietudes del público. En los tres países existía inquietud por las colas radiactivas resultantes de las operaciones de extracción de uranio en curso o discontinuadas. Sin embargo, no parece ser un problema tan grave. En Kazajstán hay una fuerte opinión pública que originalmente estuvo en contra de los ensayos de armas nucleares, pero que podría centrar su atención en la próxima revisión en materia de seguridad necesaria para volver a poner en explo-

tación un reactor de investigación de 10 MW. Esta instalación, que puede producir radisótopos, fue cerrada en 1988 debido a preocupaciones por su diseño antisísmico. Las exposiciones a las radiaciones y la actual contaminación radiactiva resultante de los ensayos de armas en la atmósfera que cesaron a principios de los años sesenta, siguen preocupando a la población de Kazajstán y a sus vecinos.

Inicio de las actividades de asistencia

Se advierte un desinterés generalizado respecto de las misiones de investigación. Una autoridad afirmó que durante los dos últimos años se habían realizado más de 100 misiones de expertos en cuestiones del medio ambiente sin que, en lo esencial, se hubiera prestado alguna asistencia práctica. A fin de mantener la credibilidad y el interés en los países beneficiarios, será necesario que el programa conjunto PNUD-OIEA inicie de inmediato las actividades de asistencia.

La asistencia práctica que podría iniciarse a fines de 1993 y principios de 1994 consistiría en la entrega de algún equipo de medición y vigilancia. Asimismo, podrían efectuarse varias misiones de asesoramiento en materia de seguridad, y realizarse actividades de asistencia de expertos para complementar otras que se realizan en la esfera del intercambio de información, como por ejemplo, cursos prácticos nacionales y regionales, y visitas científicas. Con miras a satisfacer la necesidad de libros de texto y publicaciones actualizados, se podrían realizar esfuerzos por crear bibliotecas con textos básicos y ofrecer suscripciones a las principales publicaciones científicas.

Conforme a este enfoque del proyecto conjunto "regido por la demanda", la asistencia respondería fundamentalmente a las necesidades declaradas de las organizaciones que se visiten. Con estas actividades a corto plazo y la ulterior labor complementaria se podrá tener una idea más completa de las necesidades de los tres países.

El OIEA no dispone de suficientes recursos financieros ni de personal especializado para brindar todo el apoyo necesario. Se necesitará la significativa asistencia de los expertos, y fondos extrapresupuestarios. Ya se han establecido contactos prometedores con varios países, y existen posibilidades de recibir algún equipo gratuitamente.

Mejorar la seguridad de las centrales nucleares WWER: Enfoque en la asistencia técnica en Europa central y oriental

Especialistas nucleares trabajan en proyectos nacionales y regionales apoyados por el OIEA para elevar el nivel de la seguridad de las centrales

por Wiktor Zyszkowski

El equilibrio energético de Europa central y oriental se basa, en gran medida, en el uso de la energía nuclear. La participación de la energía nuclear en la producción de electricidad es de cerca del 20% en la República Checa, 25% en Ucrania, 32% en Bulgaria, 46% en Hungría y 49% en la República Eslovaca. La explotación fiable de las centrales nucleares ha sido un factor esencial para el desarrollo económico de esos países.

En los países de Europa central y oriental predominan las centrales nucleares de tecnología soviética, en especial las que utilizan reactores de agua a presión (PWR) del tipo conocido como WWER. Desde un inicio, el enfoque de seguridad nuclear aplicado en estas centrales ha sido diferente, comparado con los enfoques aplicados en los PWR de diseño occidental, y a esto se debe que los WWER presenten de hecho graves deficiencias de seguridad en comparación con las prácticas internacionales. Ha habido y sigue habiendo una evidente necesidad de transferencia de conocimientos, principalmente en materia de seguridad nuclear, para facilitar el acceso a la información sobre los PWR y las infraestructuras conexas. En esa necesidad se incluyen las herramientas modernas de evaluación de la seguridad; los programas de garantía de calidad; la instrumentación y los sistemas de control altamente automatizados; y el uso de la robótica, por ejemplo, para la inspección en servicio.

Sin embargo, la situación no debe generalizarse, ya que depende primordialmente del modelo específico de la central nuclear. El primero de estos modelos es el antiguo WWER-440/230 (en funcionamiento en Bulgaria, la República Eslovaca y Ucrania), seguido del WWER modelo 440/213 más avanzado (en funcionamiento en la República Checa, la República Eslovaca, Hungría y Ucrania), y así hasta la nueva generación de WWER-1000/320

(en funcionamiento en Ucrania y Bulgaria, y en construcción en la República Checa). Existe la opinión de que se requiere un programa para mejorar la seguridad y para la transferencia de tecnología. Sin embargo, resultaba difícil emprenderlo hasta ahora debido a limitaciones políticas y de otra índole que existían en la región. Los especialistas nucleares de la región eran conscientes de las diferencias que había entre las tecnologías PWR y WWER, y trataron de encontrar formas de mejorar la situación. A principios de la década de 1980, solicitaron asistencia técnica al OIEA.

En el presente artículo se proporciona información sobre los proyectos de asistencia técnica del OIEA emprendidos en los últimos años para elevar los niveles de seguridad de las centrales nucleares WWER; y se examina la labor futura, en especial las actividades previstas hasta mediados de los noventa.

Inicio de los proyectos

Desde una etapa temprana, la prestación de asistencia técnica, en particular mediante el programa de cooperación técnica del OIEA, constituyó un medio importante para la transferencia de conocimientos y de tecnología. Si bien a principios de los ochenta las posibilidades eran limitadas en el caso de los reactores WWER, desde entonces se han ido ampliando y ha surgido un mecanismo de cooperación regional sumamente eficaz que se ha hecho indispensable para los países interesados en fortalecer sus capacidades nacionales en el sector de la energía nucleoelectrónica.

En 1984, en el marco de uno de los primeros proyectos de cooperación técnica regional, se facilitó el acceso al sistema de ordenadores del OIEA, lo que brindó la posibilidad de utilizar el código de ordenador más avanzado de aquellos tiempos para la evaluación termohidráulica. Se establecieron algunos ejercicios con problemas estándar para cálculos de accidentes de pérdida del refrigerante, que crearon posibilidades para la cooperación regional y la comparación de resultados con los obtenidos por especialistas occidentales. Una instalación experimental

El Sr. Zyszkowski es funcionario de la División de Programas de Cooperación Técnica del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA.

construida en KFKI, Budapest, proporcionó datos experimentales en los que se basó la comparación. Bulgaria, la antigua Checoslovaquia, Hungría y Polonia se beneficiaron de dichos ejercicios, como también muchos otros países de la región.

En 1988 se emprendió un proyecto de seguimiento que se centró en los análisis de seguridad de los reactores WWER. Esa actividad se extendió a otras áreas que comprendían el mantenimiento, la gestión de desechos radiactivos, la infraestructura reglamentaria y diversas misiones de examen de la seguridad efectuadas en centrales nucleares WWER.

Fortalecimiento de las capacidades nacionales mediante la cooperación regional

Un objetivo a largo plazo de la asistencia técnica que se presta a los países poseedores de centrales WWER es el fortalecimiento de sus capacidades nacionales, lo que entraña ayudarlos a crear una infraestructura que les permita evaluar las centrales de manera independiente. Varios proyectos regionales en los que participan Bulgaria, la República Checa, la República Eslovaca, Hungría, Polonia y Ucrania se han convertido en las principales vías para alcanzar ese objetivo.

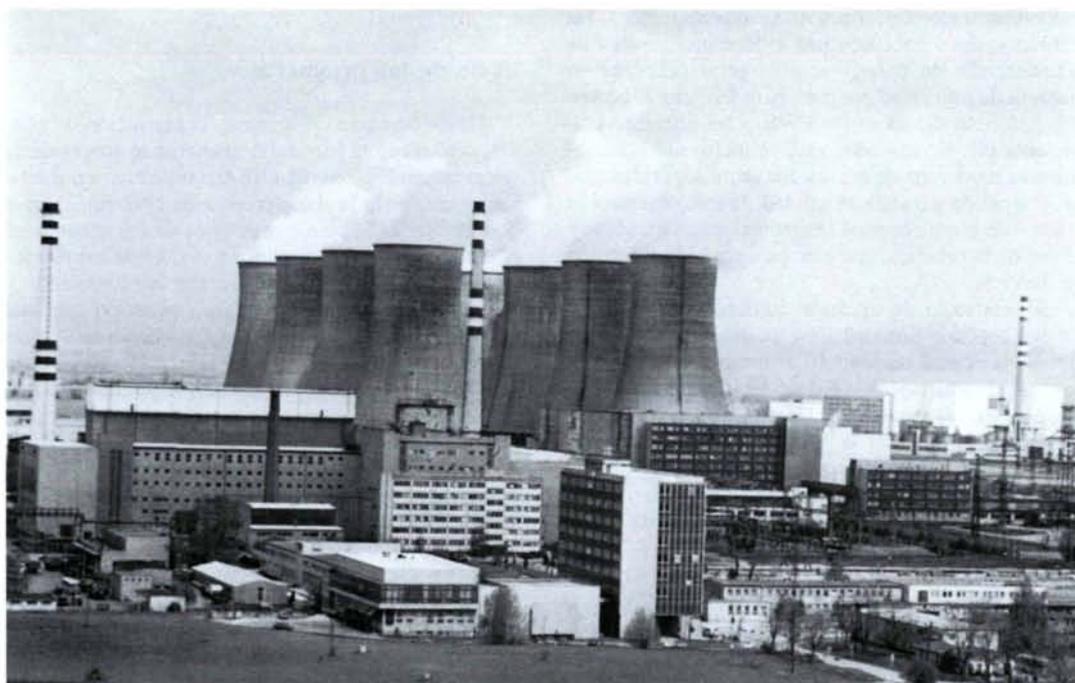
Evaluación de la seguridad. Los reactores WWER de los países de Europa central y oriental han sido criticados en cuanto a su seguridad global. En consecuencia, es preciso realizar una evaluación completa y un estudio sistemático de su situación.

En las nuevas unidades WWER-440/213, las barreras destinadas a evitar los escapes radiactivos tienen márgenes de seguridad estructural más amplios que se aproximan a las normas occidentales. Estas unidades pueden despejar las dudas acerca de hasta dónde la seguridad intrínseca de la central puede contrarrestar determinadas deficiencias de los

sistemas de seguridad. En el marco de un proyecto regional del OIEA, se está elaborando un método de evaluación que sea aceptado internacionalmente y que utilice los códigos de ordenador más avanzados para la evaluación de la seguridad. Asimismo, se está facilitando la documentación pertinente para evaluar el margen de seguridad actual de la central nuclear de Bohunice, utilizando el WWER-440/213 como referencia.

El proyecto se centra, en particular, en la reevaluación de la seguridad mediante métodos y técnicas actualizados que permitan resumir toda la información disponible sobre la filosofía del diseño; recopilar los resultados experimentales que sirven de apoyo al diseño; evaluar los resultados operacionales desde el punto de vista del funcionamiento y la seguridad de la central; establecer metodologías de análisis de accidentes tanto para accidentes de la base de diseño (DBA) como para accidentes graves que excedan los DBA; actualizar los análisis del DBA a modo de análisis de referencia para la elaboración de informes de seguridad, instrucciones operacionales y especificaciones técnicas de explotación (incluidos los sucesos externos); ampliar los análisis a accidentes que excedan los DBA y a accidentes graves prestando especial atención a las cuestiones relativas a la gestión de situaciones de accidente; evaluar los niveles y los márgenes de seguridad a la luz de los nuevos requisitos de seguridad; determinar las prioridades para la mejora y el reajuste de la seguridad (de ser necesario); y proporcionar la base científica y técnica para la adopción de decisiones por parte de las organizaciones reglamentadoras.

Se han formulado tareas específicas que se han asignado entre los participantes que incluyen a 19 instituciones y a más de 100 especialistas nacionales. La asistencia del OIEA consiste en suministrar códigos de ordenador, técnicas avanzadas de ordenador, conocimientos especializados, y en organizar



Central nuclear de Bohunice en la República Eslovaca.

talleres, grupos de trabajo y otras reuniones, así como coordinar las actividades de evaluación de la seguridad. Al mismo tiempo, a escala nacional se han emprendido programas amplios, financiados con recursos nacionales, y se han aprovechado la metodología y los resultados alcanzados en el marco del proyecto regional.

A pesar de los esfuerzos continuos por garantizar la calidad interna, la realización de un examen independiente por parte de una organización especializada homóloga reconocida internacionalmente constituye una condición indispensable para la aceptación de los resultados. Ese examen comenzó en 1992 y fue apoyado por Tractebel de Bélgica, Technatom de España y la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) de Bruselas. La fecha límite para la culminación del proceso se fijó para mediados de 1994. Los resultados proporcionarán orientación fundamental en relación con la metodología para la preparación de evaluaciones específicas de la seguridad de las centrales por especialistas nacionales.

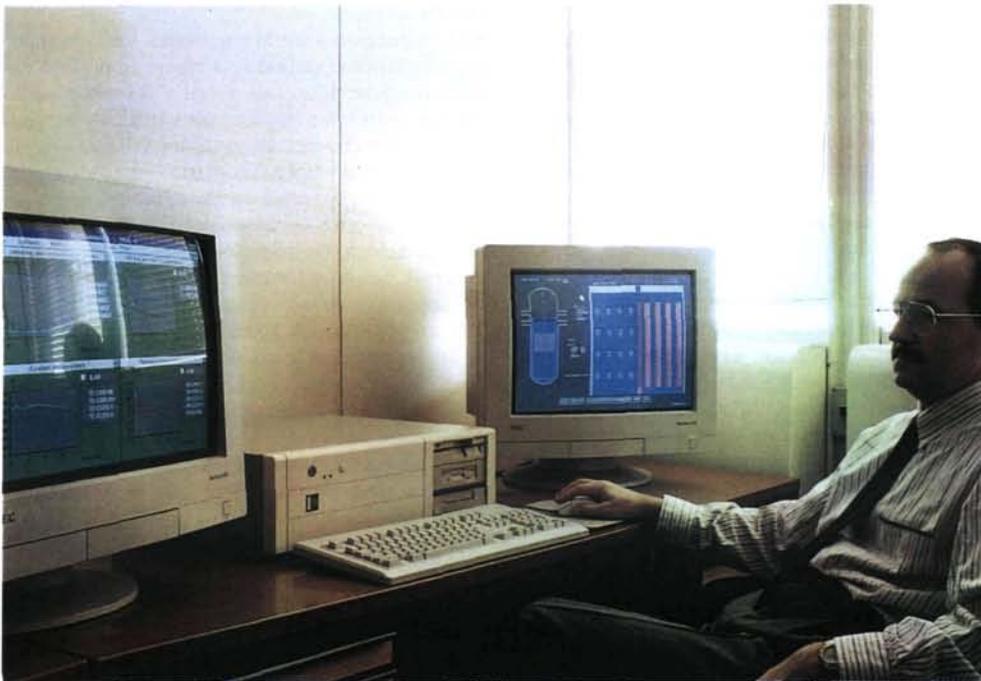
Un ejemplo positivo de esa clase de cooperación regional es el desarrollo de un sistema de capacitación para la simulación de accidentes graves destinado a la central WWER-440/213 de Bohunice en la República Eslovaca. Este simulador está en fase de desarrollo por un grupo internacional de especialistas en estrecha cooperación con Risk Management Associates, Inc., de los Estados Unidos de América.

Evaluación probabilista de la seguridad (EPS). Desde mediados de los años setenta el método probabilista de análisis de la seguridad ha resultado ser un complemento en extremo útil para el análisis determinista común clásico. Este método permite a los explotadores y reglamentadores evaluar mejor la seguridad de los reactores nucleares. Por eso, la mayoría de los países que tienen centrales nucleares han realizado EPS específicas de la central por cada reactor en funcionamiento. El amplio espectro de

aplicaciones demostradas incluye la evaluación y mejora del diseño y los procedimientos; la optimización de las condiciones técnicas de explotación y las actividades de mantenimiento; la inspección reglamentaria basada en la EPS; y la evaluación de la experiencia operacional. Además, todos los países de Europa central y oriental han reconocido la utilidad de las EPS y se han realizado grandes esfuerzos para aplicar esta técnica.

La primera actividad internacional orientada hacia la aplicación práctica de las EPS en los países que explotan centrales nucleares WWER fue un programa regional iniciado por el OIEA en 1988. En un principio, el programa se estructuró de forma tal que proporcionara capacitación y educación a los que realizaban las EPS y contribuyera a desarrollar una EPS genérica de nivel 1 para reactores WWER. Se suponía que ello serviría de base para el posterior desarrollo de las EPS de nivel 1 específicas de cada central. Cada país participante (incluidos Bulgaria, la antigua Checoslovaquia, Hungría y Polonia; y las antiguas República Democrática Alemana y Unión Soviética en calidad de observadores) representaría con modelos la secuencia de accidentes de un número limitado de sucesos desencadenantes. El OIEA proporcionó personal especializado y orientación y asistió a la coordinación de los trabajos principalmente mediante una serie de talleres que se centraron en cuestiones metodológicas seleccionadas.

En el primer período (1988-1991), el principal logro del proyecto fue la aplicación, de hecho, de la metodología de la EPS para la evaluación de la seguridad de las centrales WWER. Ello comprendía la adopción y comprensión de la metodología de la EPS de nivel 1 y la familiarización con los programas de ordenador. En la actualidad, en todos los países participantes se han consolidado equipos especializados en EPS con experiencia práctica. Como resultado de este proyecto del OIEA y de la creciente



En el marco de un proyecto regional del OIEA, se está creando un simulador de accidentes graves con fines de capacitación, conocido como MEL SIN, para los operadores de las centrales nucleares WWER-440/213 de diseño soviético. El MEL SIN es un sistema basado en ordenadores personales que sirve además para evaluar las estrategias de gestión de situaciones de accidente y las interfaces complejas entre los procedimientos operacionales de emergencia y las directrices para la gestión de accidentes. El sistema emplea varios ordenadores que trabajan simultáneamente en diferentes campos de la simulación. En la foto se ofrece una vista parcial de los gráficos que reflejan en detalle el funcionamiento de la central y que aparecen en las pantallas en colores para mostrar los cambios en las condiciones de ésta.

sensibilización del público acerca de las cuestiones relativas a la seguridad nuclear, se emprendieron programas amplios de EPS a escala nacional en todos los países que explotan centrales WWER. Se están realizando o planificando estudios de EPS para casi cada una de las centrales de la región. En 1994 se habrán concluido los estudios de las EPS de nivel 1 para todos los tipos de WWER (440/230, 440/213 y WWER-1000).

Las prioridades del proyecto del OIEA están cambiando en correspondencia con la nueva situación de los programas nacionales de EPS. En el período 1993-1994, la asistencia se centrará en la metodología EPS avanzada; la utilización de los resultados de las EPS; y la garantía de EPS de alta calidad mediante la realización de revisiones independientes.

El proyecto ha logrado importantes resultados en especial en esferas de interés inmediato. Por ejemplo, un taller de "intercambio de datos" celebrado en junio de 1993 en la central nuclear de Paks, en Hungría, reunió a grupos de EPS y explotadores de WWER de todos los países participantes. El taller se usó para finalizar la preparación de un documento técnico en que se reseñan las actividades de compilación de datos y se proporcionan numerosos juegos de datos de centrales específicas.

En los proyectos EPS para los reactores WWER ya se está utilizando una serie de documentos preparados previamente. En uno de esos documentos figura una lista de sucesos genéricos independientes que han provocado accidentes, elaborada específicamente para los modelos WWER-440 y 1000 y una clasificación de carácter único de más de 350 años-reactor de experiencia operacional. Por lo general, debido a diferencias en el diseño y en las prácticas operacionales, la experiencia operacional con los PWR occidentales no suele resultar útil para las EPS de los WWER. El proyecto facilitó la compilación y el análisis de la experiencia operacional de todos los tipos de WWER.

Las revisiones de EPS constituyen otro campo importante donde se observan resultados positivos. Se realizó una revisión independiente de los trabajos en ejecución para las EPS en la central Kozloduy-3 en Bulgaria, Bohunice-1 en la República Eslovaca, y Kola en Rusia, y acaba de finalizar una revisión de fin de proyecto para la EPS de la central de Paks de Hungría.

A partir de 1994 se espera que se realizarán actividades de EPS significativas. Se prevé que el grueso de estas actividades tenga lugar durante 1994, año en que habrán de ejecutarse las EPS iniciales de nivel 2, los análisis de sucesos externos, y los estudios de los riesgos de centrales en parada. Esta labor servirá después de apoyo a las aplicaciones de las EPS, en relación con los cuales se hacen avances significativos en materia de reglamentación y seguridad operacional en países que poseen centrales WWER. En la central de Dukovany en la República Checa, se está desarrollado un sistema de control de riesgos que se finalizará a principios de 1994, y se espera que la EPS se utilizará para la adopción de decisiones en cuanto a la asignación de prioridades en materia de opciones de reajuste. Otras actividades, cuya ejecución se está considerando para después de 1994, incluyen la caracterización del término fuente (canti-

dad de materiales radiactivos que podrían liberarse en un accidente) para las unidades WWER, como base para la gestión eficaz de situaciones de accidente y la preparación para casos de emergencia.

Mantenimiento y servicio de la central

El mantenimiento, la inspección en servicio y la garantía de calidad se consideran los puntos débiles de la gestión de la tecnología WWER. Esos aspectos se han incluido en los proyectos de cooperación técnica del OIEA, en el marco de los programas tanto regionales como nacionales.

La primera cuestión abordada en 1990 fue la inspección en servicio (ISI) de los generadores de vapor de la central nuclear de Kozloduy. Una compañía especializada del Institute za Elektroprivreda de Zagreb realizó la primera inspección por corrientes inducidas. El resultado fue un alerta de que ese tipo de inspección tenía que realizarse también en otras centrales. En consecuencia, se emprendió un programa de asistencia técnica para apoyar los esfuerzos que realizaban los Estados Miembros del OIEA que explotaban reactores WWER para crear infraestructuras y sistemas nacionales adecuados para dichas inspecciones. El OIEA ha proporcionado asistencia mediante la capacitación en el empleo, talleres y servicios de expertos. Se ha hecho hincapié en la definición de los requisitos para la inspección, los criterios sobre el equipo básico y las necesidades generales de personal; la evaluación de las capacidades locales; la definición del método de aplicación; el robustecimiento de la capacidad básica para las inspecciones en servicio; el establecimiento de programas de garantía de calidad; y el establecimiento del programa de inspecciones en servicio. Asimismo, gracias a una contribución extrapresupuestaria de España, se proporcionaron a los países participantes en dicho proyecto las especificaciones técnicas y el diseño básico del equipo para las inspecciones en servicio.

Las inspecciones están orientadas hacia componentes específicos, incluidos la vasija de presión del reactor, los generadores de vapor y las tuberías del circuito primario, las bombas, las válvulas y los presionadores. En consecuencia, en los talleres y en la capacitación en el empleo realizados en el marco del proyecto se hizo hincapié en los enfoques prácticos del examen de estos componentes. Se explicaron en detalle las técnicas de inspección mediante corrientes inducidas y de otras formas de ensayos no destructivos (métodos ultrasónicos), así como el taponamiento de tubos de los generadores de vapor. Además, se organizaron estudios de "primera mano" llevando a los participantes a visitar centrales nucleares durante su mantenimiento programado. Los proyectos nacionales de Bulgaria y Hungría contribuyeron también a aumentar las capacidades de esos países para realizar inspecciones de los principales componentes de sus centrales.

Como seguimiento del proyecto ISI, el OIEA emprendió un proyecto regional que se centra en las actividades de mantenimiento y servicio de las centrales. El proyecto fue financiado con cargo al presupuesto ordinario del OIEA y mediante contribuciones extrapresupuestarias de los EE UU. Este

proyecto permitió la transferencia de conocimientos sobre métodos y tecnología de mantenimiento modernos mediante diversas vías que comprendieron intercambios técnicos, talleres y un programa de gestión de riesgos (EPS) basado en las EPS. Dicho programa se diseñó de manera que pudiera utilizarse como base para las actividades operacionales y de mantenimiento cotidianas de esas centrales, y para la evaluación a corto y largo plazos y el establecimiento de las prioridades en cuanto a las necesidades o mejoras relacionadas con la seguridad.

Gestión de desechos radiactivos

Los países que explotan centrales nucleares WWER han tenido dificultades provocadas por las deficiencias en las estrategias y las reglamentaciones nacionales, y en la tecnología disponible para la gestión de desechos radiactivos. Un proyecto regional del OIEA, iniciado en 1991, está dirigido a mejorar la seguridad y la eficacia de las prácticas de gestión de desechos radiactivos en las centrales WWER. Como la experiencia acumulada y el nivel de desarrollo varían de un país a otro, se reconoce que la cooperación regional es un medio muy efectivo para identificar problemas comunes, compartir experiencia y recomendar mejoras en materia de gestión de desechos que pueden considerarse y ponerse en práctica.

La lista de las cuestiones generales que requieren la adopción de medidas correctivas y la introducción de mejoras es la siguiente:

- la legislación en el campo de la gestión de desechos radiactivos;
- la excesiva producción de desechos en las centrales nucleares;
- los excesivos escapes de los equipos;
- la acumulación de concentrados de evaporadores no tratados;
- instalaciones inadecuadas para la reducción del volumen y el acondicionamiento; y
- la falta de orientación sobre los límites de exención para desechos de actividad muy baja.

La primera fase del proyecto abarcó las actividades desarrolladas durante 1991-1992. Los resultados se dieron a conocer en un documento técnico del OIEA, *Radioactive Waste Management of WWER-type Reactors*, publicado en 1993. El informe define los problemas de la gestión de desechos en las centrales nucleares que utilizan reactores WWER, y describe los planes que existen para la cooperación regional entre los países que tienen reactores del tipo WWER en funcionamiento y para imitar las prácticas acertadas que se siguen en las centrales nucleares occidentales.

Los elementos básicos de los sistemas integrados para la gestión segura y eficiente de los desechos radiactivos fueron también el tema de un curso de capacitación regional que tuvo lugar en 1992 en Eslovaquia. Al curso asistieron 23 participantes de los Estados Miembros de la región.

La fase siguiente del proyecto, que abarca el período 1993-1994, se centra en dos tareas principales:

- prestar asistencia a los países participantes en la evaluación y mejora de la legislación existente en

materia de estructura de los órganos reglamentadores, de los principios que rigen la concesión de licencias, y de los requisitos de la gestión de desechos radiactivos de las centrales nucleares; y

- realizar una evaluación comparativa de los sistemas de gestión de desechos de las centrales nucleares que tienen reactores WWER, así como formular recomendaciones para mejorar esos sistemas. Desde el inicio de dicho proyecto regional, países como los Estados Unidos, Finlandia, Francia, el Reino Unido y Suecia han proporcionado personal especializado.

Los países de Europa central y oriental que explotan reactores WWER también han solicitado asesoramiento al OIEA en materia de almacenamiento del combustible gastado, aspecto que provoca gran preocupación. Anteriormente, el combustible gastado de esos países se devolvía a la antigua Unión Soviética para su reelaboración. Sin embargo, a la luz de los acontecimientos políticos y económicos de la región, ya no puede seguirse garantizando esa solución a todas las necesidades del combustible gastado.

Proyectos nacionales y otras actividades

En el programa del OIEA que se ocupa de los WWER se han incluido una serie de proyectos técnicos que han contribuido a mejorar el sector nucleoenergético. Han sido decisivos los exámenes de la seguridad de las centrales nucleares realizados por el OIEA a través de sus Grupos de examen de la seguridad operacional (OSART) y Grupos de evaluación de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad (ASSET). Todos los países que poseen reactores del tipo WWER han recibido esas misiones, que han servido para aumentar los conocimientos acerca de las centrales.

En 1991, una misión OSART realizada en Kozloduy, Bulgaria, y las subsiguientes visitas de seguimiento, proporcionaron asesoramiento al órgano reglamentador sobre la seguridad operacional de dos unidades, entre otras cuestiones. Los especialistas de Bulgaria también participaron en calidad de observadores en misiones OSART realizadas en las centrales nucleares de Koeberg, en Sudáfrica; Grafenrheinfeld, en Alemania y Fessenheim, en Francia. Asimismo, también se han enviado misiones OSART y misiones de seguimiento a Paks, Hungría y a Temelin, en la República Checa. Al mismo tiempo, se organizó para esos países un seminario sobre la metodología ASSET. En Bulgaria se llevaron a cabo una serie de misiones ASSET relacionadas con la gestión de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad en las cuatro unidades WWER 440/230 de la central nuclear de Kozloduy; el examen de la eficiencia en materia de seguridad operacional; la capacitación de entidades explotadoras y reglamentadoras; la ayuda a la administración de la central para poner en práctica las recomendaciones ASSET; y la evaluación, de los progresos realizados en la prevención de incidentes. Además, se han celebrado talleres sobre el uso de la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES), que normaliza la notificación de incidentes en las centrales nucleares.

Estas misiones de seguridad deben considerarse no sólo como una fuente de información sobre los

reactores del tipo WWER, sino también como un importante mecanismo para la transferencia a los países de la región de conocimientos sobre la cultura de la seguridad y las prácticas operacionales modernas de las centrales nucleares.

Se han organizado otras actividades para complementar los proyectos regionales. Esas actividades, concebidas para abordar problemas nacionales específicos, están relacionadas con los aspectos siguientes:

- garantía de calidad y la realización de ISI en las centrales nucleares (Bulgaria, República Checa, República Eslovaca, Hungría y Polonia);
- seguridad en relación con el emplazamiento y la sismicidad (Bulgaria, República Checa y República Eslovaca);
- seguridad nuclear y protección radiológica (Bulgaria, Hungría y Ucrania);
- gestión de desechos radiactivos y tecnología de almacenamiento del combustible gastado (Bulgaria, Hungría y Polonia);
- gestión y análisis de accidentes graves (República Checa, República Eslovaca y Hungría);
- mediciones termométricas por ruido y de absorbentes consumibles en reactores del tipo WWER (Bulgaria, República Checa y República Eslovaca);
- capacitación nacional de especialistas nucleares (Hungría); y
- fortalecimiento de las capacidades reglamentadoras nacionales (República Checa y República Eslovaca).

Si bien esas actividades se centran principalmente en la transferencia de conocimientos, en algunos casos se suministra el equipo; por ejemplo, se facilitó equipo ISI moderno diseñado y fabricado por Tecnatom, de España, para la inspección de las vasijas de presión de los reactores en Bulgaria y Hungría. Ello incrementó las posibilidades de capacitación de los especialistas sobre una base regional. Asimismo, se suministró tecnología para la gestión de desechos radiactivos a la central de Kozloduy en Bulgaria, lo que contribuyó de manera significativa al desarrollo, sobre bases científicas, de los límites de liberación que se aplican en la actualidad.

Esos proyectos nacionales se ejecutan junto con un programa muy completo de desarrollo de los recursos humanos mediante la capacitación en temas concretos relacionados con la seguridad y la ingeniería nucleares. Más de 100 becarios con grados científicos de países de la región han recibido capacitación durante los últimos diez años en áreas relacionadas con los WWER. Ultimamente se ha analizado la idea de apoyar la creación de un centro regional de capacitación en materia de mantenimiento. Este centro complementarí­a el ya existente para las entidades explotadoras de centrales nucleares.

Actividades complementarias

El programa de asistencia técnica del OIEA que se ocupa de los reactores del tipo WWER es parte de una amplia gama de actividades que realizan el Organismo y otras organizaciones en los países de la región en el sector nucleoelectrónico. El programa desempeña un importante papel complementario a

pesar de los recursos financieros relativamente limitados con que cuenta.

En particular, el programa está:

- contribuyendo a mejorar la seguridad nuclear en el sector nucleoelectrónico en los países de Europa central y oriental;
- fortaleciendo y/o desarrollando las capacidades nacionales para la realización de análisis de la seguridad y evaluaciones independientes de la seguridad de las centrales nucleares de cada país;
- promoviendo la cooperación internacional entre países con situaciones y problemas similares en el campo de la energía nucleoelectrónica;
- consolidando los conocimientos técnicos con respecto al desarrollo de los recursos humanos;
- transfiriendo los conocimientos de los países con experiencia y equipo avanzados en materia de seguridad nuclear (soportes lógico y físico) a la región;
- mejorando la comunicación y la base de los conocimientos mundiales sobre los WWER y su seguridad;
- proporcionando conocimientos técnicos especializados y asesoramiento en cuestiones específicas de la seguridad; y
- creando un mecanismo para la cooperación internacional y sirviendo de medio para la transferencia de conocimientos y tecnología a las entidades explotadoras de los reactores del tipo WWER.

La próxima generación de centrales nucleares y las generaciones sucesivas: Crecen las aspiraciones

Un objetivo común impulsa el desarrollo de reactores avanzados

Casi todos los países que tienen programas nucleoelectrónicos civiles están desarrollando versiones mejoradas de las centrales nucleares actuales para que entren en funcionamiento antes de que termine el siglo. Se les llama centrales evolutivas, ya que han ido incorporando mejoras de forma gradual, aprovechando la experiencia acumulada en las centrales nucleares existentes, que, en su conjunto, han registrado más de 6000 años-reactor de explotación. Las mejoras que se persiguen incluyen muchos aspectos que van desde el diseño, la construcción y la explotación hasta la seguridad y los aspectos económicos.

En particular, el mejorar la seguridad más allá del notable nivel alcanzado en la gran mayoría de las centrales existentes es un objetivo común. Una comparación imparcial con los demás medios de producción de electricidad en gran escala y a bajo costo, como la que se presentó ante el Simposio de Expertos Superiores de Helsinki en 1991, demuestra que la energía nuclear es muy superior en lo que se refiere a la disminución de los efectos que tiene sobre la vida humana y el medio ambiente. Aunque esto no es nuevo, conviene reiterarlo y darle la publicidad adecuada para eliminar las dudas de un público escéptico, a menudo confundido por los medios de difusión sensacionalistas, para tranquilizar a los políticos y, aunque resulte un tanto sorprendente, tranquilizar también a algunas personas que, incluso perteneciendo a la comunidad nuclear, albergan dudas.

En el presente artículo, el término seguridad se refiere al resultado de la consecución, por medios técnicos, de los dos objetivos fundamentales siguientes: el primero, diseñar, construir, explotar y mantener la central del reactor de manera tal que ni los fallos del equipo, los errores de los operadores ni sucesos externos como los terremotos puedan producir el sobrecalentamiento del combustible nuclear y,

como consecuencia, la subsiguiente liberación de peligrosas cantidades de radiactividad hacia el sistema de refrigeración del reactor. Segundo, proporcionar y mantener un blindaje de contención fuerte y hermético alrededor del sistema de refrigeración del reactor para retener la mayor parte de la radiactividad que pudiera haber escapado en una secuencia de accidentes que no concluya dentro de la central propia del reactor, como debería ser con arreglo al primer objetivo.

Lo importante es que casi todos los reactores actualmente en funcionamiento cumplen en gran medida los principios de seguridad internacionalmente aceptados. Para alcanzar esta condición, habría que modernizar muchas de las centrales antiguas con nuevo equipo en la propia central, con tableros de control mejorados desde el punto de vista ergonómico y con procedimientos de explotación perfeccionados, esto último junto con la capacitación intensiva de los operadores.

El minucioso examen del grave accidente ocurrido en 1979 en la central de Three Mile Island (TMI) dio un gran impulso en ese sentido. Otras enseñanzas se han extraído de la incesante acumulación de experiencia en materia de explotación a nivel mundial. Sobre esta experiencia existe un franco intercambio a nivel internacional entre explotadores, diseñadores, instituciones de investigación y desarrollo y organizaciones reglamentadoras. Estas enseñanzas constituyen una importante contribución a los diseños de la próxima generación de centrales nucleares evolutivas. Es de esperar que esta contribución aumentará todavía más la seguridad de las centrales nucleares, porque las medidas de modernización antes mencionadas pueden ejecutarse durante el diseño mismo, lo que es mucho más eficaz que readaptar las centrales existentes.

A la hora de evaluar o "medir" las mejoras en materia de seguridad los diseñadores emplean métodos complejos que se están utilizando también en otras industrias, como la industria aeroespacial. Uno de los métodos se conoce con el nombre de evaluación probabilista de la seguridad (EPS), la que básicamente describe, o representa con modelos,

por
C.A. Goetzmann,
L. Kabanov
y **J. Kupitz**

El Sr. Goetzmann es un experto gratuito del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares del OIEA. Los Sres. Kabanov y Kupitz son funcionarios de dicho Departamento.

toda la central nuclear atendiendo a la acción recíproca de los componentes, los sistemas, y las funciones y participación de los operadores. Con ese método se determina la probabilidad de que alguna de las capas de defensa no pueda impedir que un fallo o error inicial se propague hasta convertirse en un fallo grave del combustible. Este método permite evaluar una gran cantidad de sucesos iniciales y las consecuencias, y obtener una cifra acumulativa única que representa la probabilidad de daños graves al núcleo por reactor y año. Esa cifra característica ha disminuido significativamente, de uno cada mil casos, que solía registrarse antes del accidente de TMI, a mucho menos de uno cada diez mil que se registra en la actualidad. El objetivo de la próxima generación de centrales nucleares es conseguir otra reducción de un factor de 10 por lo menos. La mayoría de los diseñadores se esfuerzan por llegar a la cifra de uno de cada millón.

Además de que permiten evaluar esas cifras para hacer una comparación de la efectividad de las distintas opciones de diseño que existen para satisfacer el principio de defensa en profundidad, las evaluaciones probabilistas ayudan, y obligan, al diseñador a identificar los puntos débiles del diseño, indican con claridad dónde hay que introducir mejoras y facilitan la selección de las mejores contramedidas técnicas. Los niveles de seguridad alcanzados son muy altos y cabe prever nuevas mejoras. Por consiguiente, no hay razón para que no continuemos desarrollando por mucho tiempo las centrales del tipo evolutivo que actualmente están en construcción o en diversas etapas de planificación.

No obstante, pese al historial tan satisfactorio de la energía nucleoelectrica, los expertos desarrollan intensos debates sobre cuál es el mejor camino a seguir, no porque el grado de seguridad alcanzado sea insuficiente, sino más bien porque se trata de lograr un nivel de excelencia. En particular, algunos esperan que si se obtienen mejores resultados se podrían hacer grandes progresos en la recuperación de la aceptación del público.

En ese sentido, pueden definirse dos grandes tendencias. En la primera se destaca la conveniencia, o incluso la necesidad, de continuar el camino evolutivo, en primer lugar porque la experiencia cada vez mayor que se adquiere con las centrales existentes proporciona una base sólida para el futuro. Un ulterior aumento de la seguridad, donde se considere necesario, puede lograrse mejor dentro de ese marco. En la segunda, por el contrario, se aboga por la adopción de un enfoque novedoso con concepciones más innovadoras de los reactores, en especial si el objetivo es aumentar considerablemente el uso de la energía nucleoelectrica. Ambos puntos de vistas se examinarán brevemente.

El enfoque evolutivo

En lo que respecta a mejorar la seguridad de la próxima generación de reactores avanzados refrigerados por agua, se procura mejorar la protección contra las consecuencias de un accidente grave, como la fusión del combustible. La investigación de los fenómenos que provocan accidentes graves es una de las labores más importantes de investigación

y desarrollo que se llevan a cabo en todo el mundo. Su objetivo es identificar de manera más precisa todos los peligros potenciales para el comportamiento previsto de la contención y eliminar mediante normas de diseño todos los puntos débiles que puedan hallarse. El objetivo final de esos trabajos es poder demostrar que, desde el punto de vista técnico, no se requeriría adoptar medidas de emergencia, como la evacuación, para proteger al público incluso después de un accidente grave dentro de la central nuclear. La repercusión del accidente habrá de limitarse al emplazamiento mismo, para no trastornar la vida de la población fuera de éste.

Incorporar ese objetivo en una recomendación de aceptación internacional es una de las principales actividades del OIEA. Los principios establecidos por el Grupo internacional asesor en seguridad nuclear (INSAG), órgano que asesora al Director General del OIEA, se adaptarían bien a esos fines. En esencia, habría que ampliar el objetivo de seguridad técnica enunciado en el informe conocido como INSAG-3* de modo que abarque también los accidentes graves que exceden los llamados accidentes tipo o accidente base de diseño (design basis accidents). Además, sería menester introducir determinadas modificaciones en los principios relativos a la contención, y quedaría mucho trabajo todavía por hacer para definir las consecuencias técnicas.

Los enfoques innovadores

Muchos de los partidarios de aplicar enfoques innovadores en el diseño de los futuros reactores tienen otra opinión. Ellos argumentan que si bien la seguridad de los reactores evolutivos presentes y futuros es aceptable, su aplicación y mantenimiento con el decursar del tiempo exigen la utilización de sistemas técnicos demasiado complejos desde el punto de vista funcional y que constituyen una responsabilidad muy grande e indeseable para el operador. Ellos reclaman centrales mucho más sencillas, cuya seguridad básica dependa mucho menos —y, en caso extremo, no dependa en lo absoluto— del funcionamiento adecuado de los sistemas técnicos de seguridad y de las respuestas acertadas de los operadores en comparación con las centrales evolutivas. Algunos partidarios también consideran que tales conceptos innovadores sobre los reactores aumentarían significativamente la aceptación de la energía nucleoelectrica por parte del público.

Se esgrime además el otro argumento de que la necesidad de enfoques innovadores es mucho más imperiosa si se quiere difundir sustancialmente la energía nucleoelectrica en el futuro, extendiéndola a muchas regiones del planeta que hoy día tienen poca o ninguna experiencia en esa tecnología. ¿Tenemos los medios —se preguntan— para crear, garantizar y mantener los enormes recursos tecnológicos y humanos que se necesitan para diseñar, otorgar licencias, construir, explotar y mantener a los descendientes evolutivos de los actuales reactores, de manera que

* Principios básicos de seguridad para centrales nucleares. Colección Seguridad N° 75-INSAG-3 del OIEA, Viena (1988).

la seguridad deseada pueda mantenerse invariable en todo el mundo durante largo tiempo? O, en otras palabras, ¿facilitarían esa tarea los conceptos innovadores acerca del reactor? Esta es una de las líneas de pensamiento que favorecen los enfoques innovadores. En otra se afirma en primer lugar que en el diseño se puede descartar previamente la remota posibilidad de la ocurrencia de daños graves al núcleo, lo que, en última instancia, aumentaría la aceptación de la energía nucleoelectrica por parte del público.

Simplificar y hacer al reactor más resistente a los fallos del equipo y a los errores del operador, es también un objetivo explícito de las centrales evolutivas. En consecuencia, la polémica entre evolución e innovación se centra menos en los objetivos de la seguridad que en los medios de alcanzarlos; por tanto, es de naturaleza puramente técnica.

Durante muchos años se ha venido debatiendo un gran número de conceptos innovadores. Algunos se basan en la tecnología de los reactores de agua ligera, otros se derivan del desarrollo de reactores refrigerados por metal líquido o por gas. En cuanto a su madurez, esos conceptos van desde las ideas preconceptuales hasta las muy desarrolladas que están respaldadas por una considerable labor de investigación y desarrollo específicos. Sin embargo, la opinión que prevalece es que cada concepto requeriría un prototipo de tamaño industrial adecuado para que pueda considerarse como una opción para la expansión del uso de la energía nucleoelectrica. Algunos de esos conceptos tendrían incluso que ser sometidos a pruebas de viabilidad *a priori*.

Como estos conceptos se proponen con la finalidad de mejorar la seguridad, todos tratan de satisfacer dos importantes objetivos en esa materia. Uno es reducir, o incluso eliminar, la necesidad de que los operadores apliquen las medidas correctas al controlar los accidentes graves. El otro, suprimir la necesidad de utilizar un flujo de refrigerante forzado para eliminar el calor residual que todos los elementos combustibles del reactor liberan incluso después de concluida la reacción nuclear en cadena. En ese contexto, el flujo forzado significa no depender de maquinarias rotatorias, como las bombas, ni de la energía necesaria para hacerlas funcionar. Algunos de los conceptos tratan de lograr esa "eliminación pasiva del calor residual", como suele llamarse, también para los casos en que el sistema de refrigeración del reactor se ha visto afectado por un escape accidental.

Si bien se diferencian en cuanto a las soluciones individuales, todos los conceptos innovadores tratan de incorporar en el diseño en la mayor medida posible métodos de protección contra los accidentes. Ningún suceso inicial, por ejemplo, la interrupción de fluido eléctrico provocada por una fuerte tormenta, debe llegar a poner en peligro la integridad de los elementos combustibles. De los tres requisitos enunciados por el INSAG, a saber, el control de la potencia del reactor, la refrigeración del combustible, y el confinamiento de las sustancias radiactivas dentro de las barreras apropiadas, los conceptos innovadores hacen hincapié en los dos primeros.

Por tanto, dichos conceptos hacen el mayor hincapié en el nivel preventivo de conformidad con los

principios de la defensa en profundidad, y con el principio del INSAG de que "se presta gran atención al medio fundamental de alcanzar la seguridad, que es la prevención de accidentes, en particular de los que pudieran causar daños graves al núcleo".

Por consiguiente, apenas pueden criticarse los conceptos innovadores sobre la base de que éstos se apartarían de los principios establecidos, lo que constituye un importante aspecto estratégico. Por el contrario, el precio en función de los gastos de capital sí parece alto, pero la solución hay que buscarla y ofrecerla en otra parte del diseño haciendo menos estrictos determinados requisitos técnicos.

Los conceptos innovadores tratan de reducir la "cultura de la seguridad" que actualmente se aplica en los reactores en explotación, ya que en situaciones de emergencia la respuesta del operador, o la función de determinados sistemas en algunos casos, no es decisiva para conseguir una protección adecuada. Es algo sorprendente que el error, la indiferencia o incluso la mala intención del operador se consideren mucho más peligrosos para la seguridad que los fallos del equipo. De lo anterior pueden extraerse dos conclusiones. La primera respetaría el principio de defensa en profundidad. La redundancia, la diversidad y la separación física, conjuntamente con la devoción del operador por la seguridad ("cultura de la seguridad") están probadas y se ha reconocido su efectividad y utilidad. La segunda conclusión es la siguiente: si se logran la simplificación del sistema y las mejoras en la interfaz hombre-máquina con un grado todavía mayor de automatización, objetivo explícito de las centrales evolutivas, entonces se podría considerar que se han reducido notablemente las inquietudes sobre los operadores. En otras palabras, gran parte de lo que constituye la principal fuerza impulsora de los conceptos innovadores se logrará también con los diseños evolutivos.

Esclarecimiento y armonización

Un objetivo expresado por algunos partidarios de los reactores innovadores es producir diseños que puedan denominarse "seguros desde el punto de vista determinista". Ello significa que sería conveniente que se pudiera demostrar al público que se ha logrado la seguridad adecuada sin hacer énfasis en argumentos probabilistas. Mientras no se comprenda que "ante cualquier circunstancia nada puede suceder", posición ésta muy difícil de defender, es probable que las antípodas del enfoque evolutivo y del enfoque innovador coincidan. En última instancia, ambos enfoques tienen por objetivo demostrar que pueden excluirse los accidentes con graves consecuencias para el público. Los medios para alcanzar este objetivo son deterministas en cualquiera de los casos. Los diseños evolutivos lo hacen proporcionando capas sucesivas de protección y mitigación en el marco del método de defensa en profundidad. Los diseños innovadores tratan de incorporar dispositivos específicos como grandes sumideros de calor temporales y vías para disipar el calor de desintegración de manera pasiva, como se le llama en algunos casos.

Por lo tanto, la frase reactores "seguros desde el punto de vista determinista" puede incluir caracte-

rísticas intrínsecas y dispositivos pasivos, activos y de otro tipo para alcanzar el objetivo final de no generar consecuencias graves para el público. Desaparecería buena parte de la confusión que producen términos como pasivo, intrínseco o indulgente, cuando se aplican incorrectamente a toda la central, pero muy correctos cuando se refieren a sistemas o funciones específicos. Asimismo, resultaría mucho más fácil para el público, que realmente sólo desea saber si un accidente puede afectarlo o no, en lugar de tener que decidir sobre detalles técnicos, sobre los cuales tiene pocos conocimientos.

Los análisis probabilistas seguirían siendo necesarios para determinar las secuencias de accidentes posibles que necesitan protección determinista, tanto en el caso de las centrales evolutivas como de las innovadoras. No obstante, debe decirse claramente que, "seguros desde el punto de vista determinista" sólo significa en última instancia que las probabilidades de consecuencias graves son tan pocas que deberían aceptarse como las de cualquier otra catástrofe importante.

En el caso de las centrales evolutivas futuras las probabilidades son suficientemente bajas; las de las centrales innovadoras no necesitan modificaciones. Si tenemos en cuenta esos atributos, ambos tipos podrían considerarse seguros desde el punto de vista determinista. En lo que al público respecta, no queda ningún dilema por resolver y no cabe sostener una opinión divergente.

El debate debe desarrollarse entre especialistas en el seno de la comunidad nuclear y deberá centrarse no en cuál es el concepto más seguro, con independencia del costo, sino en cuál concepto genera menos gastos para alcanzar un nivel de seguridad comúnmente aceptado.

Incentivos y limitaciones para el futuro

Incentivos. Los conceptos innovadores no pueden justificarse primordialmente por razones de seguridad, sino que tienen que satisfacer otras necesidades. Probablemente las más importantes tengan que ver con las posibilidades de esas centrales de ayudar a satisfacer el creciente consumo energético en el mundo, y al mismo tiempo, reducir el problema del efecto de invernadero.

Para los países industrializados la simplificación es un objetivo importante que se deberá alcanzar en la próxima generación de centrales evolutivas. ¿Cuánto influirá ese objetivo en los países menos adelantados que tendrían que "nuclearizarse" en el contexto antes mencionado? Es casi inconcebible que a las naciones industrializadas corresponda la mayor parte del aumento de la potencia que se calcula entre cinco y diez veces mayor que la instalada. Los requisitos previos de una cultura de la seguridad y de una infraestructura adecuadas constituyen graves impedimentos para el aumento sustancial del uso de la energía nucleoelectrica en todo el mundo. Es imperativo realizar una evaluación de los costos asociados, ya que éstos influirán en las decisiones necesarias. Si, como se sospecha, los costos resultan elevados, entonces la elaboración de diseños que evadan ese problema bien puede ser un esfuerzo que merezca una consideración cuidadosa. No obstante,

si pudiera encontrarse una solución para un "concepto de la cultura de la seguridad baja", ello produciría dos problemas. El primero sería ¿cómo podría coexistir a la larga con los enfoques tradicionales? ¿Podrían los reglamentadores vivir con una población de dos clases de reactores? Y el segundo sería ¿habrá clientes dispuestos a reconocer que necesitan esa clase de concepto especial porque ellos no pueden hacer nada mejor? ¿No se sentirán discriminados?

El logro del nivel de seguridad deseado siempre depende de la combinación apropiada de tres cualidades principales: la de la central propiamente dicha, la de la infraestructura existente, por ejemplo, la red de distribución, y la de los operadores con la capacitación adecuada. Si las dos últimas resultan deficientes, entonces la máquina tiene que compensarlas. Si puede encontrarse un reactor que haga precisamente eso, ¿cuáles son las consecuencias si éste se volviera a importar a los países industrializados? ¿Significaría que en ese caso habría entonces una nueva norma que los reglamentadores harían obligatoria?

Limitaciones. Sin embargo, existen graves limitaciones que obstaculizan la rápida expansión de la energía nucleoelectrica, estén basadas o no en la evolución o la innovación. Dejando a un lado las cuestiones relacionadas con los aspectos económicos favorables, la evacuación definitiva de desechos, el tratamiento de las centrales existentes no satisfactorias, y la no proliferación, entre las limitaciones más importantes están, casi como norma, las siguientes: la sensibilización del público, que debe comprender los beneficios de la energía nucleoelectrica y, en consecuencia, aceptar su conveniencia, o incluso su necesidad. El público de los países industrializados debe comprender también que la expansión de la energía nucleoelectrica a los países en desarrollo requerirá extraordinarios esfuerzos financieros. En tercer lugar, la promoción de los conceptos innovadores no debe hacerse de una manera que ponga en tela de juicio los planes para el futuro próximo con los conceptos evolutivos. Si eso no se comprende, puede ser que la opción nuclear se pierda completamente.

Vencer esas limitaciones es una empresa colosal. Convendría desarrollar un plan básico apropiado en que se defina con más detalle las tareas complementarias que habrán de emprenderse y cómo iniciarlas, con miras a fomentar un dinámico resurgimiento nuclear y su expansión después del primer decenio del próximo siglo. El OIEA sería la institución ideal para ejecutar ese plan.

Niveles globales de exposición a las radiaciones: Resultados de los estudios internacionales más recientes

El informe de 1993 del UNSCEAR confirma una vez más que las actividades nucleares con fines pacíficos representan una pequeña fracción de las exposiciones totales

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) evaluó recientemente la exposición de la población mundial a las radiaciones. En su informe de 1993 a la Asamblea General de las Naciones Unidas, el UNSCEAR confirmó nuevamente que la operación normal de todas las instalaciones nucleares pacíficas no contribuye de manera significativa a la exposición global a las radiaciones. Todas las actividades nucleares con fines pacíficos en su conjunto producen una exposición global equivalente a sólo unos cuantos días de exposición a las fuentes naturales de radiación. Aun tomando en cuenta todos los accidentes nucleares ocurridos hasta la fecha (incluido el de Chernobyl), la exposición adicional equivaldría a sólo unos 20 días de exposición natural. (Véase el cuadro al final de esta página.)

Según el UNSCEAR, los usos de la energía nuclear con fines militares han comprometido a la población mundial a la mayor parte de las exposiciones a las radiaciones causadas por actividades humanas. La exposición que han generado y continuarán generando todas las explosiones atmosféricas realizadas para el ensayo de armas nucleares —sin incluir otras actividades conexas tales como la producción de materiales para la fabricación de armamentos y otras actividades militares— equivale a 2,3 años de exposición a fuentes naturales. En segundo lugar están las exposiciones a las fuentes naturales propiamente dichas. En un lejano tercer lugar vienen las exposiciones médicas: un año de exposición médica a pacientes equivale, como promedio, a 90 días más de exposición de la población mundial a la radiación natural. La exposición ocupacional que los trabajadores incurren cada año, promediada sobre la población mundial, es equivalente a unas cuantas horas adicionales de exposición a fuentes de radiación naturales.

Hay grandes diferencias entre las exposiciones que reciben determinadas personas, pero al UNSCEAR le interesa principalmente el panorama global de las exposiciones a las radiaciones. (Véase el recuadro.) Puede interpretarse que el informe del comité sugiere las prioridades que deberían establecerse para la protección global de los seres humanos contra la radiación. Los usos de la energía nuclear con fines pacíficos no ocupan los primeros lugares de la lista de preocupaciones. La percepción del público es muy diferente, pero así suele suceder cuando se trata de la exposición a las radiaciones.

Como es habitual, el UNSCEAR también ha hecho una detallada compilación del conocimiento mundial sobre los efectos biológicos de la radiación, y vuelve a confirmar que el ácido desoxirribonucleico (ADN) es vulnerable a la radiación. En el informe se analizan los efectos de los cambios que se producen en el código genético celular, los cuales se supone que son inducidos por la exposición a las radiaciones. Esta exposición puede matar las células y producir efectos deterministas clínicamente detectables (esterilidad, opacidad del cristalino, inhibición de la hematopoyesis, eritema), los que sólo aparecen en altas dosis, o puede transformar las células y provocar un aumento de efectos estocásticos (inducción del cáncer o efectos hereditarios) epidemio-

por
Abel J. González

Exposición a las fuentes artificiales de radiación, expresada en períodos de exposición equivalentes a las fuentes naturales de radiación

Fuente	Base	Período de exposición equivalente a las fuentes naturales
Exposiciones debidas a prácticas médicas	Un año de práctica a la tasa actual	90 días
Ensayos de armas nucleares	Práctica completa	2 a 3 años
Energía nucleoelectrónica (operación normal)	Práctica total hasta la fecha	10 días
	Un año de práctica a la tasa actual	1 día
Accidentes graves	Sucesos ocurridos hasta la fecha	20 días
Exposiciones ocupacionales	Un año de práctica a la tasa actual	8 horas
Exposiciones a fuentes naturales	Promedio global	(1 año)

El Dr. González es Director Adjunto de la División de Seguridad Nuclear del OIEA. El informe del UNSCEAR se titula *Fuentes y Efectos de las Radiaciones Ionizantes*, Informe del UNSCEAR de 1993 a la Asamblea General (cuadragésimo octavo período de sesiones, Supl. N° 46 (A/48/46), Publicación de las NU, N° de venta: E.94.IX.2, Naciones Unidas, Nueva York (1993).

Compromiso de exposiciones colectivas del público como resultado de la producción de energía nucleoelectrónica (normalizado por unidad de energía producida y expresado en porcentajes)

Fuente	Porcentaje normalizado por unidad de energía producida
<i>Componente local y regional</i>	
Extracción, tratamiento y colas	0,7
Fabricación de combustible	ninguno
Operación de reactores	0,6
Reprocesamiento	0,1
Transporte	0,05
<i>Componente global (incluida la evacuación de desechos sólidos)</i>	
Extracción, tratamiento y colas (emisiones durante 10 000 años)	74,0
Operación de reactores	0,25
Radionucleidos dispersados globalmente, principalmente como resultado del reprocesamiento y la evacuación de desechos sólidos	24,3
Total (redondeado)	100,0

Compromiso de la exposición colectiva de la población mundial en un período de operación de 50 años debido a las prácticas continuadas, o a sucesos aislados ocurridos desde 1945 hasta 1992 (en porcentajes)

Fuente	Base del compromiso	Porcentaje	
Fuentes naturales	Tasa actual para 50 años	76,58	
Exposiciones debidas a prácticas médicas:	Tasa actual para 50 años	Diagnóstico	10,68
		Tratamiento	8,83
Ensayos de armas nucleares en la atmósfera	Práctica completa	3,53	
Energía nucleoelectrónica	Práctica total hasta la fecha	0,04	
	Tasa actual para 50 años	0,20	
<i>Total:</i>		0,24	
Accidentes graves	Sucesos ocurridos hasta la fecha	0,07	
Exposición ocupacional	Tasa actual para 50 años		
Prácticas médicas		0,005	
Energía nucleoelectrónica		0,01	
Usos industriales		0,003	
Actividades de defensa		0,001	
Extracción de minerales distintos del uranio		0,05	
<i>Total parcial (exposiciones ocupacionales)</i>		0,07	
Total		100,0	

Exposiciones anuales producidas por fuentes naturales

Fuente de exposición	Dosis efectiva anual (mSv)	
	Típica	Elevada*
Rayos cósmicos	0,39	2,0
Radiaciones gamma terrestres	0,46	4,3
Radionucleidos presentes en el organismo (con excepción del radón)	0,23	0,6
Radón y sus productos de desintegración	1,30	10
Total (redondeado)	2,40	—

* Los valores elevados corresponden a regiones extensas; incluso los muy elevados se registran de manera más local.

La energía nuclear y la exposición a las radiaciones

Según el informe del UNSCEAR, de la pequeña contribución de la energía nucleoelectrónica a la exposición a las radiaciones comprometida por (es decir, legada a) la población mundial, la operación normal de las centrales nucleares, a su vez, representa sólo una fracción.

El componente local y regional de dicha exposición contribuye insignificadamente: aproximadamente el 1,5% de la exposición total. De esta cifra, a las operaciones con reactores corresponde menos de la mitad, y la extracción, el tratamiento y los residuos de uranio representan la mitad. La mayor contribución está dada por el llamado componente global en el que predomina el supuesto efecto de las emisiones de materiales radiactivos de período largo. A las descargas de material radiactivo causadas por la minería y extracción (de uranio) —durante un período proyectado de 10 000 años— se debe la mayor parte de esta exposición global, a saber, el 75%. Los radionucleidos procedentes del reprocesamiento que se prevé eliminar y la evacuación de residuos sólidos representan el otro 25% desde el punto de vista global. En comparación, el componente global de las operaciones con reactores es despreciable.

Es importante señalar que las cifras que figuran en los cuadros del presente trabajo se derivan de totales colectivos resultantes de modelos teóricos que predicen la suma de todas las exposiciones individuales provocadas por una actividad. Sin embargo, estas exposiciones individuales pueden variar extensamente. Por ejemplo, la precipitación de materiales radiactivos provocada por los ensayos de armas nucleares ha comprometido a la población mundial a una exposición relativamente homogénea. Por otra parte, el promedio mundial de exposiciones ocupacionales no tiene mucha importancia a nivel individual, ya que sólo el relativamente escaso número de trabajadores expuestos a las radiaciones integra la suma. Las exposiciones individuales ocasionadas por la operación normal de la energía nucleoelectrónica también pueden considerarse bastante homogéneas dado el predominio del componente global; no obstante, los accidentes nucleares han provocado exposiciones significativas a sólo una pequeña fracción de la población mundial, y el promedio global debe tratarse con cuidado. En lo que respecta a las exposiciones debidas a prácticas médicas, mientras que el radiodiagnóstico está bastante difundido en todo el mundo (la mayoría de las personas se han sometido a análisis radiográfico en algún momento de sus vidas), la exposición a las radiaciones por razones terapéuticas se produce sólo en pacientes sometidos a tratamientos con radiaciones y éstos constituyen una fracción relativamente pequeña de la población.

Incluso en el caso de las exposiciones naturales, las diferencias individuales pueden ser enormes: de órdenes de magnitud entre una persona que vive en una casa sin aislamiento ni ventilación, ubicada en una zona con alta presencia de radón y elevados niveles de radiación de fondo, y otra que viva en una región tropical con bajos niveles de radiación de fondo.

Nota: En el cuadro de la izquierda las exposiciones se expresan en milisievert (mSv), es decir, en milésimas de la unidad internacional de exposición, el sievert. Un mSv es el límite anual de dosis actualmente recomendado para los miembros del público en relación con las exposiciones resultantes de las prácticas sujetas a control reglamentario.

lógicamente atribuibles a la radiación. Los anexos al informe relacionados con temas biológicos se centran en los mecanismos de la oncogénesis provocada por las radiaciones, la influencia de la dosis y de la tasa de dosis sobre los efectos estocásticos, los efectos hereditarios, los efectos de las radiaciones sobre el cerebro humano en formación y los efectos deterministas tardíos en los niños.

En resumen, el UNSCEAR confirma una vez más que:

- Los efectos deterministas que son atribuibles clínicamente sólo se manifiestan si se sobrepasa una dosis umbral alta. (Estos efectos pueden evitarse fácilmente porque la dosis umbral es mucho más elevada que los límites reglamentarios de exposición a las radiaciones.)
- El riesgo generado por los efectos estocásticos es muy reducido. Por tanto, el UNSCEAR ha declarado

que la radiación es un carcinógeno débil, estimando que "alrededor del 4% de los fallecimientos por cáncer puede atribuirse a la radiación ionizante, la cual, en su mayor parte, proviene de fuentes naturales que escapan al control del hombre". Como ya se mencionó, las consecuencias de la radiación originada por las actividades nucleares con fines pacíficos son incluso mucho menores.

* El UNSCEAR recuerda que incluso en el caso de las poblaciones que estuvieron expuestas a niveles de radiación muy elevados y que sobrevivieron al bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki en 1945, "de 3350 fallecimientos por cáncer, sólo unos 350 pudieron atribuirse a la exposición a las radiaciones originadas por el bombardeo atómico".

Central nuclear de Forsmark en Suecia
(Cortesía: G. Hansson)



Discurso del Director General ante la Asamblea General de las Naciones Unidas

En un discurso pronunciado el 1° de noviembre de 1993 ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, afirmó que el Organismo está reforzando aún más sus actividades de verificación para hacer frente a los nuevos retos que surgen en esferas de la seguridad mundial y la no proliferación nuclear.

“Es de importancia crítica que se pueda confiar en la renuncia de los Estados a las armas nucleares”, dijo. “En un mundo de desarme nuclear y no proliferación, es necesario sentir confianza tanto en que los Estados no poseedores de armas nucleares no violan su compromiso con la no proliferación, como en que los Estados legalmente comprometidos a desmantelar sus armas nucleares no produzcan secretamente nuevas armas”. Destacó que “la clave al fortalecimiento de la confianza es la completa transparencia en materia nuclear” y que se están fortaleciendo las salvaguardias y el sistema de verificación del OIEA, especialmente respecto de la detección de cualquier instalación o material nuclear no declarado en los Estados que hayan concertado acuerdos generales de salvaguardias con el Organismo.

El Dr. Blix se refirió concretamente a las actividades de verificación en la República Democrática Popular de Corea (RPDC), el Iraq y Sudáfrica. Mencionó además una serie de campos a los que se extenderán las actividades de salvaguardia y verificación o a las que podrían extenderse dichas actividades en vista de los acontecimientos regionales y mundiales. Asimismo, examinó las actividades del OIEA en las áreas de la energía nucleoelectrónica y la seguridad nuclear, la gestión de desechos radiactivos, y la transferencia de técnicas nucleares de aplicación en la industria, la salud y el medio ambiente.

En relación con la RPDC, que ha firmado un acuerdo general de salvaguardias con el OIEA, el Dr. Blix expresó que “no se puede descartar” el posible desvío de material nuclear. Señaló que la

RPDC está tratando de restringir las actividades de verificación de salvaguardias por el Organismo y que el ámbito del incumplimiento del acuerdo de salvaguardias se ha ampliado. “Como consecuencia”, dijo, “se ha retrasado una serie de medidas de verificación de actividades nucleares declaradas por la República Popular Democrática de Corea y ha sufrido la continuidad de algunos datos sobre salvaguardias. Mientras mayor sea el tiempo en que el Organismo se vea impedido de realizar inspecciones, más se deteriorarán los datos relativos a las salvaguardias y menos seguridades podrán darse de que las instalaciones declaradas se estén utilizando exclusivamente con fines pacíficos”. Reiteró la disposición del Organismo de inspeccionar todo el material y las instalaciones nucleares y de consultar con la RPDC sobre las cuestiones pendientes, incluyendo la cuestión de la inspección de los sitios no declarados y de la información adicional. Destacó, no obstante, que las actividades de inspección son un todo integral, y no un conjunto de actividades de las cuales el Estado inspeccionado puede elegir alguna.

El Dr. Blix dijo que en el Iraq, donde el OIEA lleva a cabo inspecciones nucleares conforme al mandato que le confirió el Consejo de Seguridad, el Organismo ha incorporado gradualmente algunos elementos de su plan de vigilancia y verificación continua a largo plazo y está verificando en estos momentos la información provista recientemente por el Iraq sobre sus proveedores. “Todavía hay algunas lagunas en nuestro conocimiento del abastecimiento nuclear del Iraq y sus canales para lograrlo y de las fuentes de información técnica y científica”, dijo, “esperamos que, sobre la base de la documentación proporcionada hace muy poco por el Iraq, pronto se aclaren los últimos datos del panorama, de manera que ello contribuya a una verificación plena y eficaz a largo plazo. Esto será esencial para tener la seguridad de que el Iraq no pretende adquirir nuevamente una capacidad nu-

Asamblea General de las NU elogia esfuerzos del OIEA

En una resolución aprobada el 1° de noviembre de 1993, la Asamblea General de las Naciones Unidas elogió los esfuerzos desplegados por el OIEA e instó a la cooperación internacional con el Organismo en el cumplimiento de su labor.

En la resolución se elogian concretamente los esfuerzos del OIEA por poner en práctica el acuerdo de salvaguardias concertado con la República Democrática Popular de Corea (RPDC) e instó a ese país a brindar de inmediato su cooperación en el proceso.

Asimismo elogió los esfuerzos del Organismo por aplicar las resoluciones del Consejo de Seguridad sobre el desarme del Iraq y respaldó

los esfuerzos desplegados para adoptar las medidas necesarias con vistas a la futura vigilancia continua.

En la resolución se ratificó la confianza de la Asamblea en el papel del OIEA en la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos. En ella se insta a los Estados a esforzarse por establecer una cooperación internacional armoniosa para fomentar la utilización de la energía nuclear y la aplicación de las medidas de seguridad necesarias, para fortalecer la asistencia y cooperación técnicas en beneficio de los países en desarrollo, y garantizar la eficacia y eficiencia del sistema de salvaguardias del OIEA.

clear que está proscrita." Añadió que basándose en los resultados de unas 21 misiones de inspección y otras actividades conexas, el OIEA ha podido llegar a la conclusión de que, en todos sus aspectos esenciales, el antiguo programa de armas nucleares clandestino del Iraq se ha ubicado e inclusive ha sido destruido o neutralizado.

En cuanto a Sudáfrica, el Dr. Blix se refirió a los resultados de las 22 misiones de salvaguardias llevadas a cabo en ese país en los últimos dos años en virtud de un acuerdo general de salvaguardias firmado en septiembre de 1991, y de las actividades de verificación adicionales ejecutadas después del anuncio que hizo el Gobierno sudafricano a principios de 1993 de que había terminado y destruido su antiguo programa de fabricación de armas nucleares. Afirmó que el OIEA no ha encontrado "indicio alguno" que arrojará dudas sobre la veracidad de la declaración inicial de Sudáfrica sobre el material y las instalaciones nucleares, o de su declaración posterior de que todo el uranio muy enriquecido proveniente de su antiguo programa de armas nucleares se había incluido en la declaración inicial.

Sobre la ampliación de las actividades de salvaguardias y las posibles nuevas funciones del OIEA, el Dr. Blix se refirió a una serie de esferas, entre las que figuran las actividades de salvaguardia del OIEA en Argentina y el Brasil donde, dijo, se había establecido "un buen ejemplo" de apertura mutua y de promoción de la confianza en actividades nucleares. Manifestó que en esos dos países se aplicarán salvaguardias generales del OIEA con arreglo a un acuerdo de salvaguardias cuatripartito firmado en diciembre de 1991 y aprobado ahora por el Parlamento argentino y la Cámara de Diputados del Congreso brasileño. También hizo mención de los acontecimientos positivos que tienen lugar en África en favor del establecimiento de una zona libre de armas nucleares, y en el Oriente Medio, donde todas las partes en el proceso de paz apoyan el concepto de una zona libre de armas nucleares y de otras armas de destrucción en masa. El Dr. Blix dijo que ha consultado a los Estados de la región del Oriente Medio para facilitar la pronta aplicación de salvaguardias completas del OIEA a todas las actividades nucleares en esa región, y que los Estados Miembros del OIEA le habían pedido recientemente que provea toda la ayuda necesaria que las partes pudiesen solicitar, en apoyo de los esfuerzos multilaterales al proceso de paz. Señaló que en los Estados de la antigua

Unión Soviética, el OIEA también ha llevado a cabo una ardua labor de preparación para la introducción de salvaguardias completas en espera de la adhesión de esos Estados al Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP).

El Director General también se refirió a los acontecimientos que están teniendo lugar en esferas del desarme nuclear y el control de armamentos, los cuales podrían dar lugar a nuevas funciones del OIEA. Entre ellos figuran el creciente interés en los arreglos internacionales para garantizar la protección y seguridad del plutonio y el uranio muy enriquecido, aspecto éste en el que el OIEA ya ha iniciado algunos trabajos preliminares; la fijación de una ficha límite verificada para la producción de material fisionable con fines militares; y la prohibición de todo tipo de ensayo de explosión nuclear.



CUADRAGESIMO ANIVERSARIO DE "ATOMOS PARA LA PAZ". Cuarenta años atrás —el 8 de diciembre de 1953— el Presidente Dwight D. Eisenhower, de los Estados Unidos de América, en una alocución pronunciada en la Asamblea General de las NU, propuso la creación de una organización internacional de energía atómica que contribuyera a garantizar el desarrollo de "átomos para la paz". (Cortesía: Naciones Unidas)

Aspectos más destacados de la Conferencia General del OIEA de 1993

Representantes gubernamentales de alto nivel, incluidos 12 ministros de 96 países, aprobaron resoluciones sobre esferas decisivas del desarrollo nuclear en la trigésima séptima reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA, la cual aprobó por aclamación el nombramiento del Dr. Hans Blix por un cuarto período consecutivo de cuatro años como Director General del OIEA.

La reunión, de una semana de duración, concluyó el 1 de octubre en Viena. El Sr. Saleh Abdulrahman Al-Athel, de Arabia Saudita, presidió la Conferencia General, que aprobó, entre otras, resoluciones relacionadas con las cuestiones siguientes:

Salvaguardias en la República Popular Democrática de Corea (RPDC). La Conferencia aprobó una resolución sobre la aplicación del acuerdo entre el Organismo y la RPDC para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP). En ella se insta a la RPDC a que "coopere de inmediato" para que el OIEA pueda aplicar plenamente el acuerdo general de salvaguardias para la verificación de las actividades nucleares declaradas por ese Estado. En la resolución se apoyan decididamente las medidas adoptadas hasta el momento por el OIEA para cumplir el acuerdo de salvaguardias, que la RPDC concertó con el Organismo en virtud del TNP y que se mantiene en vigor desde abril de 1992. En ella también se expresa la "profunda inquietud" de la Conferencia

General "por el incumplimiento por parte de la RPDC de sus obligaciones de salvaguardias y la reciente ampliación del ámbito del incumplimiento al no aceptar las inspecciones ordinarias y ad hoc del Organismo, requeridas en virtud de su acuerdo de salvaguardias". La resolución quedó aprobada por 72 votos contra dos, y 11 abstenciones.

Fortalecimiento del sistema de salvaguardias del OIEA. En la resolución se expresa el convencimiento de que las salvaguardias del Organismo pueden promover una mayor confianza entre los Estados y ayudar de este modo a fortalecer su seguridad colectiva. En ella se pide al Director General del OIEA "que continúe e intensifique sus esfuerzos encaminados a aumentar la eficacia, y la eficiencia con relación al costo," del sistema de salvaguardias. En particular, se pide al Director General que "prosiga la labor de reexamen de la aplicación de las salvaguardias" con el fin de lograr un sistema más eficaz, y con mejor relación costo-eficiencia, que abarque todos los materiales nucleares y las actividades pacíficas nucleares dentro del territorio de los Estados con acuerdos de salvaguardias amplias.

Seguridad nuclear. En la resolución se insta al Grupo de Expertos convocado bajo los auspicios del OIEA a que continúe su labor respecto de una convención de seguridad nuclear, y se destaca la conveniencia de la celebración de una conferencia diplomática en 1994 sobre la base de un proyecto amplio elaborado por el Grupo.



El embajador Walker. (Cortesía: J. Pérez, OIEA)

Junta de Gobernadores del OIEA, 1993-1994

La recién constituida Junta de Gobernadores del OIEA para 1993-1994 eligió al Gobernador de Australia, Sr. Ronald Alfred Walker, como Presidente en sustitución del Sr. Ramtame Lamamra, de Argelia.

El Sr. Walker fue Embajador de Australia en Austria y Representante Permanente ante los organismos de las Naciones Unidas en Viena desde 1988, después de haber ocupado importantes cargos diplomáticos en Asia y Europa. Fue Embajador de Australia en Dinamarca de 1980 a 1983, así como Jefe de la delegación de Australia en el Comité de Desarme de 1980 a 1981. Posteriormente fue Secretario Adjunto de la División de Desarme y Limitación de Armamentos, y de 1984 a 1988 prestó servicios como Asesor Especial de Desarme y Primer Secretario Adjunto de la División de Desarme, Defensa y Asuntos Nucleares.

Como Vicepresidentes fueron elegidos el Sr. József Vigassy, Gobernador de Hungría, y el Sr. Argus Tarmidzi, Gobernador de Indonesia.

Los 35 Estados Miembros de la Junta para 1993-1994 son: Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, China, Colombia, Cuba, Egipto, Estados Unidos, Etiopía, Federación de Rusia, Filipinas, Finlandia, Francia, Hungría, India, Indonesia, Irlanda, Italia, Jamahiriya Árabe Libia, Japón, Líbano, Malasia, Nigeria, Paraguay, Polonia, Reino Unido, República Árabe Siria, Suecia, Suiza, Túnez y Ucrania.

Gestión de desechos radiactivos. En la resolución se destaca la "necesidad fundamental" de que el Organismo continúe promoviendo y fortaleciendo la cooperación internacional en materia de gestión de desechos radiactivos, y se invita a la Junta de Gobernadores y al Director General del OIEA a estudiar qué otras medidas convendría adoptar para impulsar las actividades de cooperación internacional en esta esfera, incluida la evaluación de las repercusiones de la evacuación terrestre y marítima de desechos.

Fortalecimiento de las principales actividades del OIEA. En la resolución se pide al Director General que presente, en consulta con los Estados Miembros, nuevas iniciativas encaminadas a fortalecer las principales actividades del Organismo, particularmente las actividades de cooperación técnica, mediante el desarrollo de programas eficaces destinados a mejorar las capacidades científicas y tecnológicas de los países en desarrollo en las esferas de las aplicaciones de la energía nuclear con fines pacíficos y el logro de un desarrollo sostenible.

Utilización práctica de la irradiación de alimentos en los países en desarrollo. En la resolución la Conferencia hace suya la aprobación dada por la Junta de Gobernadores del OIEA a las propuestas de proyecto para la utilización práctica de la irradiación de alimentos en los países en desarrollo, y se pide que se preste especial atención a los aspectos técnicos, legislativos, de aceptación por el público y financieros para la aplicación de las propuestas.

Plan para la producción de agua potable en forma económica. Tomando nota del interés de cierto número de Estados por las actividades relativas a la desalación de agua de mar utilizando energía nuclear, en la resolución se exhorta a los Estados Miembros que tengan posibilidades de aportar servicios de expertos y recursos presupuestarios para dichas actividades, a que lo hagan. En ella se pide además al Director General que efectúe consultas con los Estados interesados, las organizaciones pertinentes del sistema de las Naciones Unidas, y otras organizaciones internacionales competentes, acerca de la puesta en práctica de instalaciones de demostración y otras actividades conexas.

El Presidente Al-Athel (a la derecha) y el Director General del OIEA, Dr. Blix, en la Conferencia General, a la que asistieron delegados de 96 Estados Miembros.

(Cortesía: P. Pavlicek, OIEA)



Presupuesto del OIEA y recursos extrapresupuestarios para 1993. En la resolución aprobada relativa al presupuesto se autorizan gastos en el orden de los 200 millones de dólares para 1994, lo que representa cero crecimiento en términos reales. La Conferencia aprobó además la cifra objetivo de 58 500 000 dólares para el Fondo de Asistencia y Cooperación Técnicas del OIEA en 1994.

La desnuclearización de Africa. La Conferencia aprobó por aclamación una resolución sobre el establecimiento de una zona libre de armas nucleares (ZLAN) en Africa. Reconociendo que la revelación total de las instalaciones y materiales nucleares de Sudáfrica es un factor que contribuye a la paz y la seguridad de la región y a los esfuerzos que se realizan actualmente para el establecimiento de una ZLAN, la resolución pide específicamente a Sudáfrica que prosiga "su política de transparencia total declarada". Asimismo encomia a los Estados africanos por sus esfuerzos encaminados al establecimiento de una ZLAN en Africa, y pide al Director General del OIEA que continúe colaborando con ellos en estos esfuerzos.

Inspecciones nucleares en el Iraq. Al decidir continuar ocupándose de esta cuestión, la Conferencia aprobó una resolución sobre la aplicación de las resoluciones 687, 707 y 715 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativas al Iraq. En la resolución se pide que el Iraq "cumpla de forma inmediata y plena" con todas sus obligaciones emanadas de las resoluciones pertinentes del Consejo de Seguridad, incluida la exigencia de que el Iraq presente una "declaración íntegra, final y completa de su programa nuclear", que incluya toda la información requerida por el Consejo de Seguridad, en especial la relativa a las cuestiones pendientes sobre los proveedores extranjeros de artículos específicos utilizados en el programa nuclear del Iraq y las fuentes que han prestado asesoramiento técnico al Iraq, e incluida la aceptación del plan de futura vigilancia continua. En la resolución se pide al Director General del Organismo que continúe poniendo en marcha las medidas necesarias para la aplicación del plan de futura vigilancia continua en el Iraq, y que comunique las opiniones de la Conferencia General al Secretario General de las Naciones Unidas. La resolución fue aprobada en votación por 73 Estados Miembros a favor, ninguno en contra, y cuatro abstenciones.

Las salvaguardias en el Oriente Medio. La Conferencia aprobó por aclamación una resolución sobre la aplicación de las salvaguardias del OIEA en el Oriente Medio, en la que concretamente se pide al Director General del OIEA que continúe las consultas con los Estados del Oriente Medio para facilitar la pronta aplicación de salvaguardias totales del Organismo a todas las actividades nucleares en la región, como medida pertinente para la elaboración de modelos de acuerdo y como paso necesario para la creación de una ZLAN. En ella se exhorta a todos los Estados de la región a adoptar medidas, incluso medidas para el estableci-

miento de confianza y de verificación, encaminadas a crear una ZLAN en el Oriente Medio.

Programa científico de la Conferencia

Durante la Conferencia General, representantes de Estados Miembros asistieron a un programa científico que versó sobre tres temas: las tecnologías nucleares destinadas al desarrollo industrial y el medio ambiente, consecuencias para la salud de la exposición a las radiaciones, y opciones para la etapa final del ciclo del combustible nuclear.

El programa sobre tecnologías nucleares, presidido por el Sr. M. Mondino, de Argentina, brindó a los no especialistas la oportunidad de que conocieran los beneficios económicos y ecológicos de las aplicaciones no energéticas de la tecnología nuclear destinadas al desarrollo industrial sostenible desde el punto de vista ambiental. El programa incluyó disertaciones sobre proyectos industriales en la región de Asia y el Pacífico que reciben el apoyo del OIEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; las tecnologías de radiaciones para la protección del medio ambiente; las aplicaciones industriales de radionúclidos y las radiaciones; y los sistemas de control nucleónico. El programa sobre las consecuencias para la salud de la exposición a las radiaciones estuvo destinado a arrojar luz acerca de las formas en que se determinan los riesgos de exposición a las radiaciones, y sus perspectivas. Entre los aspectos temáticos debatidos figuraron las limitaciones de la evaluación radioepidemiológica, la exposición natural a las radiaciones y los riesgos para la salud asociados a éstas, y los accidentes relacionados con las radiaciones y sus consecuencias para la salud. En el programa sobre la etapa final del ciclo del combustible nuclear se debatieron y evaluaron temas desde perspectivas a corto y largo plazos relacionados con las opciones que existen para el ciclo abierto o cerrado del combustible nuclear. También se expusieron las distintas estrategias que se siguen en los Estados Unidos de América, la Federación de Rusia, Francia, India, Japón y Suiza.

Paralelamente a la Conferencia General se efectuó una reunión que tradicionalmente se celebra con la participación de altos funcionarios nacionales e internacionales vinculados a las esferas de la seguridad nuclear y la protección radiológica, así como reuniones de los representantes de los Estados Miembros que participan en los arreglos regionales de cooperación técnica para Africa, América Latina, y Asia y el Pacífico.

Mirando al futuro: Simposio del OIEA sobre salvaguardias internacionales

En cooperación con otras cuatro organizaciones, el OIEA está organizando un simposio internacional sobre salvaguardias en Viena, Austria, del 14 al 18 de marzo de 1994. En su planificación están cooperando la Sociedad Nuclear Americana, la Asociación Europea para el Desarrollo y la Investigación en Salvaguardias, el Instituto de Gestión de Materiales Nucleares, y la Nuclear Society International, con sede en Moscú.

Se ha programado el debate de un grupo de temas, incluidos la experiencia acumulada en situaciones de verificación especiales; el fortalecimiento de las salvaguardias y aumento de su eficiencia en relación con el costo; las salvaguardias destinadas a las instalaciones de plutonio, de enriquecimiento del uranio, de fabricación de combustibles y de almacenamiento de combustible irradiado; la tecnología de contención y vigilancia; métodos y evaluación de salvaguardias; y sistemas regionales y nacionales de contabilidad y control del material nuclear.

Los participantes en el simposio deberán ser designados por los gobiernos de los Estados Miembros del OIEA o por una organización invitada. Los modelos de solicitud pueden pedirse a los Servicios de Conferencia del OIEA o a las autoridades nacionales oficiales competentes (por lo general, el Ministerio de Relaciones Exteriores o la autoridad de energía atómica nacional). Las solicitudes deben presentarse por conducto de los canales gubernamentales adecuados con vistas a su envío al OIEA.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el OIEA han establecido conjuntamente un Laboratorio Central para promover el uso del ensayo inmunosorbente por conjugados enzimáticos (ELISA) y las técnicas moleculares en el diagnóstico de enfermedades animales. El Laboratorio Central, que deberá funcionar como parte de la actual Dependencia de Producción Pecuaria de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, Austria, producirá y distribuirá juegos de diagnóstico con vistas a apoyar los programas de asistencia de la FAO y el OIEA a los servicios veterinarios de los países en desarrollo. El laboratorio trabajará en estrecha cooperación con la Organización Mundial de la Salud y la Oficina Internacional de Epizootica con el propósito de establecer y aplicar normas internacionalmente aceptadas para la realización de estos ensayos y garantizar la validez de sus resultados.

Las enfermedades animales provocadas por bacterias, virus y parásitos contribuyen a la malnutrición y reducen la producción agrícola y la generación de ingresos en los países en desarrollo; algunas incluso constituyen obstáculos para el comercio internacional de ganado y sus productos. Las nuevas técnicas de diagnóstico, como el ELISA y la sonda de ADN, han demostrado ser más precisas y fiables en la erradicación y el control de las enfermedades animales, pero todavía no se dispone de ellas ampliamente en los países en desarrollo. Se espera que, al actuar como centro de coordinación para el desarrollo de normas internacionales y la transferencia de métodos de diagnóstico basados en la biotecnología, el Laboratorio Central de la FAO/OIEA desempeñe un papel decisivo al ayudar a los países en desarrollo a mitigar los efectos de las enfermedades animales y disminuir el costo de su control.

Técnicas nucleares en la zootecnia

La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) se torna cada vez más eficaz en el cumplimiento de su objetivo primordial de comunicar al público la significación de los sucesos nucleares y de colocarlos en perspectiva. Tal fue una de las conclusiones a las que se llegó en una reunión de funcionarios nacionales de la INES que se celebró en la sede del OIEA en noviembre de 1993. Al examinar el funcionamiento de la Escala, los funcionarios estuvieron de acuerdo en que la aplicación de la INES sigue llevándose a cabo con muy buenos resultados y que en estos momentos 53 países la aplican. Señalaron que el uso de la Escala para clasificar los sucesos que se producen en los reactores de potencia ya se había aprobado completamente desde principios de 1992, y que actualmente se realizan esfuerzos para mejorar o

desarrollar aún más las orientaciones pormenorizadas sobre su plena aplicación en las instalaciones distintas de los reactores de potencia.

La INES fue diseñada por un grupo internacional de expertos convocado conjuntamente por el OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. Los sucesos se clasifican en siete niveles, ya sea como incidentes (niveles 1 a 3) o como accidentes (niveles 4 a 7), en dependencia de su gravedad. La INES se concibió como instrumento para la pronta y coherente comunicación de la significación para la seguridad de los sucesos que tienen lugar en las instalaciones nucleares y que son notificados, con el propósito de fomentar el entendimiento recíproco entre el público, los medios de difusión y la comunidad nuclear.

Aumenta aceptación de la INES

Estados Unidos de América: Política de no proliferación

En un discurso pronunciado ante la Asamblea General de las Naciones Unidas el 27 de septiembre, el Presidente Clinton de los Estados Unidos esbozó el marco en que ese país desplegará sus esfuerzos por evitar la proliferación de las armas de destrucción en masa y los misiles que las portan. Respecto de la no proliferación nuclear, la política de los EE UU incluye elementos fundamentales como un enfoque integral de la creciente acumulación de material fisible proveniente del desmantelamiento de las armas nucleares y de los propios programas nucleares civiles. De acuerdo con el enfoque anunciado, los Estados Unidos propondrán la concertación de una convención multilateral en que se prohíba la producción de uranio muy enriquecido o de plutonio para su uso en explosivos nucleares o fuera de las salvaguardias internacionales, y someterán a la inspección del OIEA el material fisible que ya no necesita con fines de disuasión. La política de los Estados Unidos destaca además la voluntad de ese país de garantizar la prórroga indefinida del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP) en 1995 y el acceso del OIEA a los recursos necesarios para cumplir sus responsabilidades fundamentales de salvaguardias, así como de trabajar por el fortalecimiento de la capacidad del OIEA para detectar las actividades nucleares clandestinas.

República de Corea: Reactores avanzados

Las necesidades energéticas futuras, incluidos posibles usos de la energía nucleoelectrónica, y la situación de los sistemas de reactores nucleares avanzados, fueron objeto de examen en un simposio internacional organizado conjuntamente por el OIEA y la Corporación de Energía Eléctrica de Corea (KEPCO) en Seúl del 18 al 22 de octubre de 1993. Unos 400 expertos de 29 países y cinco organizaciones internacionales asistieron al simposio, en el que pronunció un discurso el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix.

En diversas disertaciones sobre los objetivos de diseño y de seguridad de los sistemas de reactores avanzados se puso de relieve su mayor seguridad y sencillez y, como requisito fundamental, su competitividad económica con la actual generación de centrales nucleares. Los participantes realizaron también extensos debates acerca de los obstáculos que frenan el emplazamiento de los sistemas nucleoelectrónicos avanzados y las estrategias para lograrlo. En tal sentido, identificaron algunos elementos comunes, como la insuficiente confianza del público y la necesidad de demostrar que existen soluciones para la evacuación de desechos, establecer un proceso de concesión de licencias estable y eficiente y de despertar de nuevo el interés de los inversionistas. Se subrayó que había que desplegar mayores esfuerzos para que el público adquiriera mayor conciencia de las ventajas

económicas y medioambientales de la energía nucleoelectrónica.

Los participantes sugirieron que la próxima generación de reactores refrigerados por agua, que se halla actualmente en la fase de diseño y de otorgamiento de licencia, sería la que más ayudaría al renacimiento que pudiera experimentar la energía nucleoelectrónica a corto y mediano plazos. Asimismo identificaron un posible mercado para los reactores de pequeño y mediano tamaño, y observaron que quizás a largo plazo se precise de reactores reproductores y que los reactores más innovadores podrían resultar viables y atractivos desde el punto de vista comercial. También hicieron una serie de sugerencias concretas en relación con las actividades futuras, tales como la posible armonización de los objetivos de diseño y de seguridad con miras a mejorar las perspectivas de emplazamiento de los sistemas nucleoelectrónicos avanzados, y el papel que podrían desempeñar las organizaciones internacionales en el establecimiento de un proyecto de demostración.

Canadá: Aspectos económicos de la energía nuclear

Según los resultados de un informe auspiciado por la Atomic Energy of Canada Limited (AECL), la industria nuclear del Canadá está haciendo importantes aportes a la economía nacional. De acuerdo con el informe, dado que en el Canadá la generación comercial de electricidad de origen nuclear data de 1962, la contribución total de la industria nuclear al producto interno bruto (PIB) ha sido de al menos 23 000 millones de dólares. Durante los últimos 40 años, los canadienses han invertido 4700 millones de dólares en la industria nuclear.

En 1992, los reactores nucleares canadienses generaron electricidad por un valor de 3700 millones de dólares, lo que representó el 15% del suministro total de electricidad del país. Por otra parte, la industria nuclear es una fuente de empleo directo para 30 000 canadienses, incluidos 3200 ingenieros y científicos, en más de 150 empresas. Puede obtenerse más información sobre el informe, titulado *The Economic Effects of the Canadian Nuclear Industry*, dirigiéndose a AECL, Chalk River, Ontario, Canadá KOJ 1J0.

China y República de Corea: Seminarios de información pública

Desde finales de octubre hasta principios de noviembre de 1993, la República de Corea y China sirvieron de sede a seminarios de información pública del OIEA sobre energía nuclear destinados a periodistas, educadores y funcionarios gubernamentales invitados.

Del 26 al 28 de octubre, el OIEA y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST) de la República de Corea organizaron en Seúl un seminario de información pública sobre energía nuclear en

cooperación con la Organization for Korean Atomic Energy Awareness. En el programa figuraron temas como la energía nuclear y los medios de difusión, las actividades de información pública y de educación sobre asuntos nucleares en países seleccionados, y la energía y el medio ambiente.

Del 1° al 3 de noviembre, el OIEA, en cooperación con la China National Nuclear Corporation, organizó en Shanghai un seminario regional sobre energía nuclear para periodistas. Se realizaron disertaciones sobre la política de desarrollo de la energía nucleoelectrónica en Asia, los riesgos y beneficios de las centrales nucleares modernas, la información pública al servicio de la energía nuclear, así como el carácter y la utilización de las radiaciones. El seminario incluyó una visita técnica a la central nuclear de Qinshan.

Armenia, República Checa, República Eslovaca: Miembros del OIEA

El 27 de septiembre tres Estados, Armenia, la República Checa y la República Eslovaca, depositaron los debidos instrumentos jurídicos que los convierten en Estados Miembros del OIEA. La Conferencia General del Organismo aprobó la condición de miembro de dichos Estados en septiembre de 1993, lo que elevó a 117 el total de Estados Miembros del OIEA.

La Conferencia General aprobó también la condición de miembro de otros tres Estados, a saber, las Islas Marshall, Kazajstán y la ex República Yugoslava de Macedonia.

Reino Unido: Informe sobre las radiaciones

La National Radiological Protection Board (NRPB) del Reino Unido divulgó un informe en el que se evalúan las dosis colectivas ocasionadas por las emisiones pasadas, y las que pueden ocurrir en el futuro, procedentes del emplazamiento de la British Nuclear Fuels en Sellafield. En el informe se tuvieron en cuenta las dosis colectivas de tres grupos poblacionales: Reino Unido, Europa y el mundo en general. Se determinó que en los tres casos la dosis colectiva provocada por Sellafield, cuya emisión se produce en valores muy bajos durante un período prolongado, es muy pequeña en comparación con la dosis colectiva proveniente de las fuentes de radiación naturales o médicas.

El informe fue elaborado a solicitud del Committee on the Medical Aspects of Radiation in the Environment. Puede obtenerse más información dirigiéndose a NRPB, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, Reino Unido.

NOTAS MUY BREVES

DERECHO NUCLEAR. Tres funcionarios del OIEA publicaron un nuevo libro, *The International Law of Nuclear Energy*, que constituye la primera colección completa de documentos fundamentales sobre el tema. Su edición estuvo a cargo de Mohamed M. ElBaradei, Director General Adjunto del OIEA y Jefe de su División de Relaciones Exteriores, y de Edwin I. Nwogugu y John M. Rames, funcionarios principales de la División de Asuntos Jurídicos del OIEA. El libro incluye documentación sobre la no proliferación nuclear y las salvaguardias, la seguridad nuclear, la gestión de desechos radiactivos, el transporte de material radiactivo, la protección radiológica y la protección física del material nuclear, entre otros aspectos. Puede obtenerse más información dirigiéndose al editor, Martinus Nijhoff Publishers, P.O. Box 163, 3300 AD Dordrecht, Países Bajos.

LOS PLAGUICIDAS Y EL MEDIO AMBIENTE. El Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino (IAEA-MEL) en Mónaco está organizando un programa coordinado de investigación (PCI) sobre la distribución, destino final y efectos de los plaguicidas en la biota del medio ambiente marino tropical. El programa está siendo organizado en colaboración con la División Mixta del OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, con el objetivo de fomentar el desarrollo de las capacidades nacionales de los países en desarrollo para controlar y reducir al mínimo los efectos nocivos de los residuos de los plaguicidas en el ambiente marino tropical y en las personas que consumen pescado y mariscos procedentes de estas regiones. Se hará especial hincapié en el desarrollo y la aplicación de técnicas relacionadas con la energía nuclear. Puede obtenerse más información sobre los aspectos técnicos del PCI dirigiéndose al Sr. F.P. Carvalho, IAEA-MEL, P.O. Box 800, MC 98 012 Monaco Cedex, Principado de Mónaco.

RADWASTE MAGAZINE. La Sociedad Nuclear Americana anunció la próxima edición de *Radwaste Magazine*, una publicación periódica trimestral que centrará su atención en temas y enfoques en las esferas de la gestión de desechos radiactivos y la rehabilitación del medio ambiente. Aunque está principalmente dirigida a tratar los acontecimientos que en ese sentido se produzcan en los Estados Unidos, la revista prevé incluir ocasionalmente artículos sobre programas y prácticas en otros países. Puede obtenerse más información dirigiéndose a ANS, 555 N. Kensington Ave., La Grange Park, Illinois, EE UU 60525.

..... □

DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES

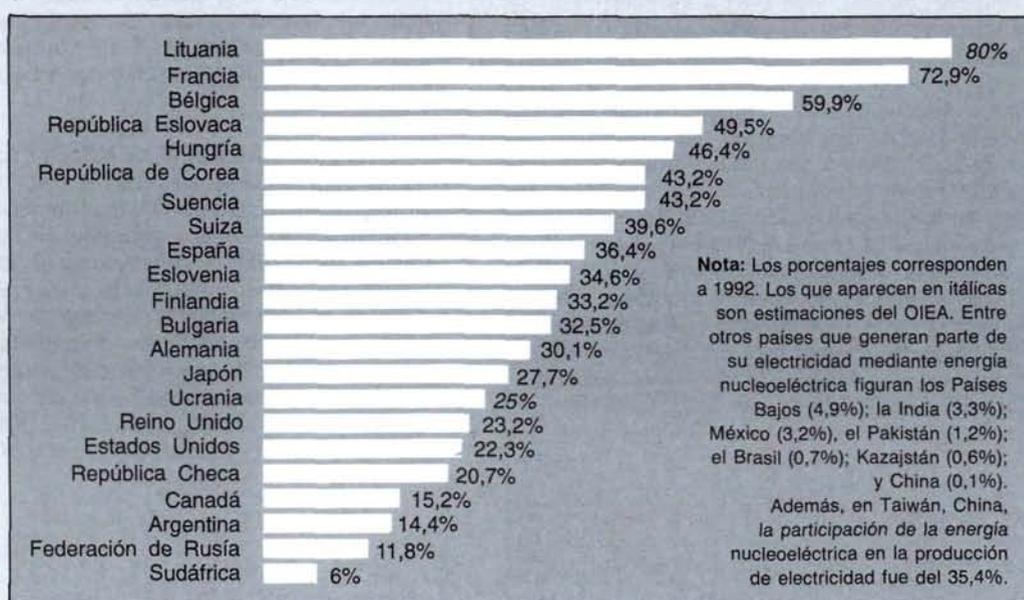
Reactores de energía nucleoelectrica en el mundo

	En funcionamiento		En construcción	
	Nº de unidades	MW(e) totales netos	Nº de unidades	MW(e) totales netos
Alemania	21	22 559		
Argentina	2	935	1	692
Bélgica	7	5 484		
Brasil	1	626	1	1 245
Bulgaria	6	3 538		
Canadá	21	14 874	1	881
Corea, República de	9	7 220	3	2 550
Cuba			2	816
China	1	288	2	1 812
Eslovenia	1	632		
España	9	7 101		
Estados Unidos de América	109	98 796	3	3 480
Finlandia	4	2 310		
Francia	56	57 688	5	7 125
Hungría	4	1 729		
India	9	1 593	5	1 010
Irán, Rep. Islámica del			2	2 392
Japón	44	34 238	9	8 129
Kazajstán	1	135		
Lituania	2	2 760	1	1 380
México	1	654	1	654
Países Bajos	2	504		
Pakistán	1	125		
Reino Unido	37	12 066	1	1 188
República Checa	4	1 632	2	1 784
República Eslovaca	4	1 632	4	1 552
Rumanía			5	3 155
Rusia, Federación de	28	18 893	18	14 175
Sudáfrica	2	1 842		
Suecia	12	10 002		
Suiza	5	2 952		
Ucrania	15	13 020	6	5 480
Total mundial*	424	330 651	72	59 720

* El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4890 MWe, que en 1992 produjeron el 35,4% de la electricidad total allí generada.

Notas: Los datos reflejan la situación al final de 1992 según información comunicada al OIEA. El cuadro no refleja el cierre de una central de los Estados Unidos que fue notificado en febrero de 1993.

Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad en países seleccionados



INSTANT *Alpha Spectroscopy*

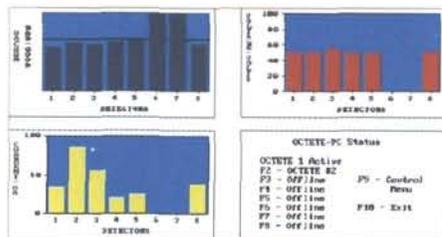
NEVER AGAIN assemble a multitude of components to perform alpha spectroscopy!

Meet OCTÊTE PC™ from EG&G ORTEC — the world's first **integrated**, eight-input, alpha spectroscopy system. OCTÊTE PC includes everything you need. Just make one PC connection and one vacuum connection . . . and **INSTANTLY**, you have a complete system with 8 independent channels.

OCTÊTE PC . . .

. . . *Easy to use*

Completely computer-controlled; detector bias, current, and vacuum are visible for each channel.



. . . *Flexible*

Sample flexibility: Accommodates samples 2 in. in diameter in the eight INDEPENDENT vacuum chambers.

Functional flexibility: Each channel may operate over a different energy range; data acquisition is totally independent for each channel.

. . . *Expandable*

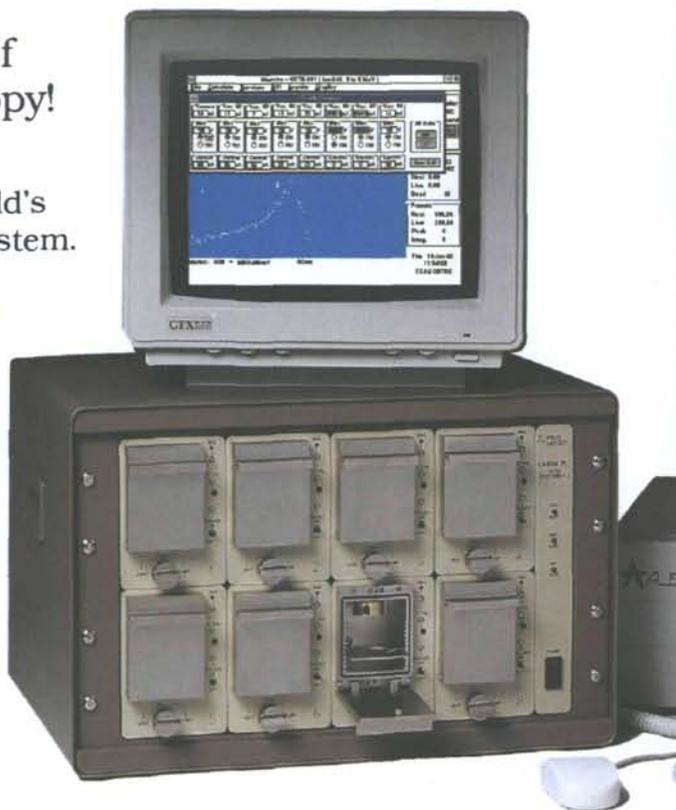
Expansion flexibility: Systems with more than 100 detectors are easily configured.

. . . *Reliable*

Vacuum reliability: Each of the eight independent vacuum chambers has a special, high-performance O-ring set into the cast chamber face, for a perfect seal, sample after sample.

Electronic reliability: Surface-mount electronics technology ensures high electronic reliability.

Detector reliability: EG&G ORTEC's own ULTRA™ ion-implanted-silicon detectors, with areas up to 1200 mm² provide excellent resolution, extremely low background, and high reliability.



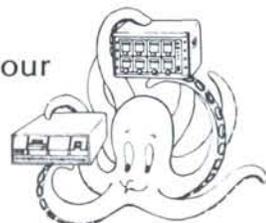
. . . *Easy to decontaminate*

ULTRA detectors are easily cleaned of surface contamination, as is the nickel-plated chamber. For severe contamination, a chamber may even be isolated and quickly removed for further cleaning or replacement.

. . . *Saves money*

Careful design has resulted in a high-quality spectroscopy system capable of delivering ultra-low cost per sample.

Call today for OCTÊTE PC, the **instant solution** to all your alpha-spectroscopy requirements.



 **EG&G ORTEC** HOTLINE 800-251-9750

100 Midland Road, Oak Ridge, TN 37831-0895 U.S.A. • (615) 482-4411 • Telex 6843140 EGGOKRE • Fax (615) 483-0396

AUSTRIA
(02) 22942251

BELGIUM
(02) 2516010

CANADA
(416) 827-2400

FRANCE
(01) 47.81.41.06

GERMANY
(089) 926920

ITALY
(02) 7610267

JAPAN
(03) 3638-1506

THE NETHERLANDS
(03402) 48777

UNITED KINGDOM
(0734) 773003

WORLD OVERVIEW

IAEA YEARBOOK 1993

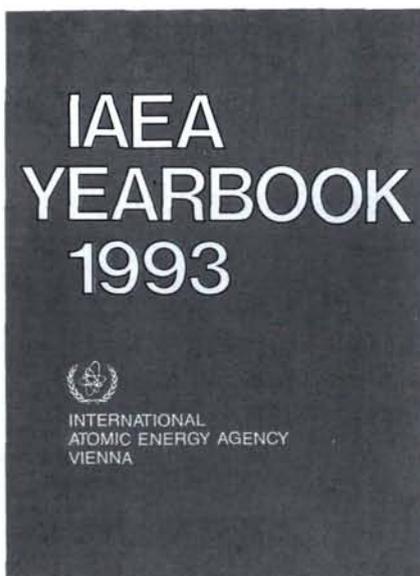
The latest edition of the *IAEA Yearbook* describes developments in nuclear power and advances in nuclear techniques and research, and illustrates the work of the IAEA within a world context. It features detailed summaries of nuclear safety and radiation protection activities in individual countries. Other sections provide data on the nuclear fuel cycle, from uranium resources to the management of radioactive waste, and the operation of nuclear power plants. Coverage includes the present and future costs of nuclear power plant projects; advanced reactor designs not only for electricity generation but also for co-generation of steam and heat for industrial purposes; supply and demand in various parts of the fuel cycle; and advances in fuel technology. Comprehensive coverage further is provided about the IAEA's safeguards system and its programme for technical co-operation and assistance in various nuclear fields. (Note: Some sections are sold separately.) Price: 500 Austrian Schillings ISBN 92-0-102493-2 (STI/PUB/935)

Nuclear Power, Nuclear Fuel Cycle and Waste Management: Status and Trends 1993

Part C of the *IAEA Yearbook 1993*

This publication covers: nuclear power, including individual summaries of programme developments in various countries; fuel cycle related themes, including uranium resources, conversion enrichment, reactor fuel technology and spent fuel management; and radiation waste management, including treatment and conditioning, disposal, decontamination and decommissioning. The 1992 situation in these areas is described in detail, as are the projected trends over the next two decades.

Price: 200 Austrian Schillings
ISBN 92-0-102593-9 (STI/PUB/936)



Nuclear Safety Review 1993

Part D of the *IAEA Yearbook 1993*

This review summarizes developments in nuclear safety and radiation protection, including the growing number of projects being organized jointly by regional and international organizations. A description is given of the IAEA programmes related to the safety of reactors of Soviet design and of the recent initiative, in conjunction with the United Nations Development Programme, on strengthening infrastructures for radiation and nuclear safety in the newly independent States. The review also presents an update on the causes of the Chernobyl accident and describes progress in the application of the International Nuclear Event Scale and probabilistic safety analysis techniques. Other topics covered include the new international Basic Safety Standards for radiation protection and the safe transport of radioactive material.

Price: 200 Austrian Schillings
ISBN 92-0-102693-5 (STI/PUB/937)

PLASMA PHYSICS AND NUCLEAR FUSION

Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1992

Vols. 1, 2, 3, and, 4

This publication includes the proceedings of the Fourteenth International Conference in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research held in Wuerzburg, 30 September - 7 October 1992. The Conference was characterized by reports of recent results from all of the major fusion facilities around the world, including the milestone experiment at JET in which tritium was introduced for the first time into a tokamak fuel mixture. The proceedings include all the technical papers, the pertinent discussions, and five conference summaries.

(STI/PUB/906)

ISBN 92-0-101093-1 Price: 2200 AS

ISBN 92-0-101193-8 Price: 1900 AS

ISBN 92-0-101293-4 Price: 1560 AS

ISBN 92-0-101393-0 Price: 240 AS

NUCLEAR AND RADIATION SAFETY

Strengthening Radiation and Nuclear Safety Infrastructures in Countries of the Former USSR

This book includes the proceedings of a forum organized by the United Nations Development Programme and the IAEA, and held in Vienna, 4-7 May 1993. It represents the first step of a joint project to provide the countries of the former USSR an integrated package of assistance to strengthen the overall national infrastructure for radiation protection as well as for nuclear safety, including the establishment of an adequate legal framework. The main focus is on efforts to improve safety of facilities such as research reactors, uranium mining and milling facilities, and installations containing radiation sources used in medicine, agriculture, and industry.

Price: 300 Austrian Schillings
ISBN 92-0-102793-1 (STI/PUB/939)

FOOD AND AGRICULTURE

Cost-benefit Aspects of Food Irradiation Processing

Proceeding Series

This book presents the proceedings of a Symposium jointly organized with FAO and WHO in March 1993. The purpose of the symposium was to evaluate the costs and benefits of irradiation for treating various food items either alone or in combination with other processes. The evaluation covered application of the technology in terms of reducing food losses as well as the possible economic impact of irradiation in controlling or reducing certain food-borne illnesses and in expanding trade in certain food items. Discussions focused on the economic benefits of irradiation to control a number of food-borne diseases and on the potential economic benefits from radiation as a quarantine treatment for fresh fruits and vegetables.

Price: 1400 Austrian Schillings
ISBN 92-0-000393-1 (STI/PUB/905)

Management of Insect Pests: Nuclear and Related Molecular and Genetic Techniques

Proceeding Series

This book contains the proceeding of a symposium jointly organized with FAO, and held in Vienna, 19-23 October 1992. In the past decade significant progress has been made in overcoming many of the difficulties of biologically based methods of pest management. Particularly important are the advances made in the field of molecular technology and biotechnology. Presentations in this symposium focus on advances and trends in insect control and eradication, genetic engineering and molecular biology, insect genetics, operational programmes, sterility and behaviour, bio-control, and quarantine.

Price: 1900 Austrian Schillings
ISBN 92-0-000293-5 (STI/PUB/909)

LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

● En los países que se enumeran a continuación, las publicaciones del OIEA se pueden adquirir en los lugares que se señalan seguidamente o en las principales librerías del país. (El pago se puede efectuar en moneda nacional o con cupones de la UNESCO):

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH,
Dag Hammarskjöld-Haus,
Poppelsdorfer Allee 55,
D-53115 Bonn

ARGENTINA

Comisión Nacional de Energía Atómica,
Avenida del Libertador 8250
RA-1429 Buenos Aires

AUSTRALIA

Hunter Publications, 58A Gipps Street,
Collingwood, Victoria 3066

BELGICA

Service Courrier UNESCO,
202, Avenue du Roi, B-1060 Bruselas

CHILE

Comisión Chilena de Energía Nuclear,
Venta de Publicaciones,
Amunategui 95, Casilla 188-D,
Santiago

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino:
China Nuclear Energy Industry Corporation,
Translation Section,
P.O. Box 2103, Beijing
Publicaciones del OIEA en otros idiomas:
China National Publications Import
& Export Corporation,
Deutsche Abteilung, P.O. Box 88, Beijing

ESPAÑA

Díaz de Santos, Lagasca 95,
E-28006 Madrid
Díaz de Santos, Balmes 417,
E-08022 Barcelona

FEDERACION DE RUSIA

Mezhdunarodnaya Kniga, Sovinkniga-EA,
Dimitrova 39, SU-113 095 Moscú

FRANCIA

Office International de Documentation et
Librairie,
48 rue Gay-Lussac, F-75240 Paris Cedex 05

HUNGRIA

Librotrade Ltd., Book Import,
P.O. Box 126, H-1656 Budapest

INDIA

Oxford Book and Stationery Co.,
17 Park Street, Calcuta-700 016
Oxford Book and Stationery Co.,
Scindia House, Nueva Delhi-110 001

ISRAEL

YOZMOT Literature Ltd.,
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv

ITALIA

Libreria Scientifica,
Dott. Lucio di Biasio "AEIOU",
Via Coronelli 6, I-20146 Milán

JAPON

Maruzen Company, Ltd., P.O. Box 5050,
100-31 Tokyo International

PAISES BAJOS

Martinus Nijhoff International,
P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haya
Swets and Zeitlinger b.v.,
P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse

PAKISTAN

Mirza Book Agency,
65 Shahrah Quaid-e-Azam,
P.O. Box 729, Lahore-3

POLONIA

Ars Polona, Foreign Trade Enterprise,
Krakowskie Przedmieście 7,
PL-00-068 Varsovia

REINO UNIDO

HMSO, Publications Centre, Agency Section,
51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR

REPUBLICA ESLOVACA

Alfa, Publishers, Hurbanovo námestie 3,
815 89 Bratislava

RUMANIA

Ilexim,
P.O. Box 136-137, Bucarest

SUDAFRICA

Van Schaik Bookstore (Pty) Ltd.,
P.O. Box 724, Pretoria 0001

SUECIA

AB Fritzes Kungl. Hovbokhandel,
Fredsgatan 2, P.O. Box 16356,
S-103 27 Estocolmo

YUGOSLAVIA

Jugoslavenska Knjiga,
Terazije 27, P.O. Box 36, YU-11001 Belgrado

● En los Estados Unidos de América y en el Canadá, el agente exclusivo de ventas de las publicaciones del OIEA, al que deben dirigirse todos los pedidos y consultas, es:

UNIPUB, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD 20706-4391,
Estados Unidos de América

● Igualmente pueden hacerse pedidos (excepto en el caso de clientes del Canadá y de los Estados Unidos de América) y consultas directamente a:

Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramerstrasse 6, Apartado 100, A-1400 Viena (Austria)

BASES DE DATOS EN LINEA

DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Reactores de Potencia

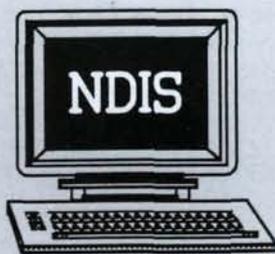
Tipo de base de datos
Fáctica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
29 Estados Miembros del OIEA

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección de
Ingeniería Nucleoeléctrica
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
NES@IAE1.IAEA.OR.AT

Ambito
Información del mundo entero sobre
reactores de potencia en explotación,
en construcción, programados
o parados, y datos sobre experiencia
operacional de las centrales nucleares
en los Estados Miembros del OIEA.

Materias abarcadas
Situación, nombre, ubicación, tipo y
proveedor de los reactores; proveedor
del generador de turbina; propietario
y explotador de la central; potencia
térmica; energía eléctrica bruta y neta;
fecha de inicio de la construcción,
primera criticidad, primera sincroni-
zación con la red, explotación comercial,
parada y datos sobre las características
del núcleo del reactor y sistemas
de la central; energía producida;
pérdidas previstas e imprevistas
de energía; factores de disponibilidad
y de no disponibilidad energética;
factor de explotación y factor de carga.



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Datos Nucleares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con el Centro Nacional de Datos Nucleares
de los Estados Unidos del Laboratorio
Nacional de Brookhaven, el Banco de
Datos Nucleares de la Agencia para
la Energía Nuclear, Organización de
Cooperación y Desarrollo Económicos
en París (Francia) y una red de otros
22 centros de datos nucleares
de todo el mundo

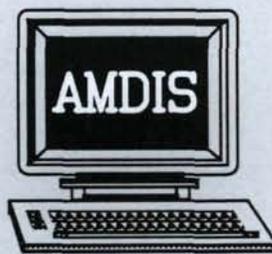
Contacto con el OIEA
OIEA, Sección de Datos Nucleares
P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564

Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
RNDS@IAE1.OR.AT

Ambito
Ficheros de datos numéricos sobre física
nuclear que describen la interacción
de las radiaciones con la materia,
y datos bibliográficos conexos.

Tipos de datos
Datos evaluados de reacciones neutrónicas
en el formato ENDF; datos de reacciones
nucleares experimentales en el formato
EXFOR, para reacciones inducidas por
neutrones, partículas cargadas o fotones;
períodos de semidesintegración nuclear
y datos de desintegración radiactiva
en los sistemas NUDAT y ENSDF;
información bibliográfica conexa de las bases
de datos CINDA y NSR del OIEA;
varios otros tipos de datos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea del NDIS pueden obtenerse también
del productor en cinta magnética.*



Nombre de la base de datos
Sistema de Información de Datos
Atómicos y Moleculares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con la red del Centro
de Datos Atómicos y Moleculares,
un grupo de 16 centros nacionales de datos
de diversos países

Contacto con el OIEA
OIEA, Dependencia de
Datos Atómicos y Moleculares,
Sección de Datos Nucleares
Correo electrónico
vía BITNET a: RNDS@IAEA1;
vía INTERNET a ID:
PSM@RIOSO1.IAEA.OR.AT

Ambito
Datos sobre la interacción de los átomos,
las moléculas y el plasma con
la superficie, y las propiedades
de los materiales de interés para
la investigación y tecnología de la fusión.

Tipos de datos
Incluye datos formateados ALADDIN
sobre la estructura y los espectros
atómicos (niveles energéticos, longitudes
de onda, y probabilidades de transición);
choque de los electrones y
las partículas pesadas con los átomos,
iones y moléculas (secciones eficaces y/o
coeficientes de velocidad, incluida,
en la mayoría de los casos,
el ajuste analítico de los datos);
extracción de las superficies por
la acción de los componentes básicos
del plasma y la autoextracción;
reflexión de las partículas en
las superficies; propiedades termofísicas y
termomecánicas del berilio y
los grafitos pirolíticos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea y de datos bibliográficos,
así como el soporte lógico y
el manual de ALADDIN podrán obtenerse
también del productor en disquetes,
cinta magnética o copia impresa.*



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de Información
para la Ciencia y la Tecnología Agrícolas

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor
Organización de las
Naciones Unidas para la Agricultura
y la Alimentación (FAO)
en cooperación con
172 centros nacionales, regionales e
internacionales del AGRIS

Contacto con el OIEA
Dependencia de Preparación del AGRIS
a/c OIEA, P.O. Box 100,
A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
FAS@IAE1.IAEA.OR.AT

**Cantidad de registros en línea
desde enero de 1992 hasta la fecha
más de 150 000**

Ambito
Información del mundo entero sobre
ciencias y tecnología agrícolas,
incluidos bosques, pesca y nutrición.

Materias abarcadas
Agricultura en general; geografía
e historia; educación, extensión
e información; administración y
legislación; economía agrícola;
desarrollo y sociología rural; ciencia
y producción vegetal y animal;
protección de las plantas; tecnología
posterior a la cosecha; pesca y
acuicultura; maquinaria e ingeniería
agrícolas; recursos naturales;
procesamiento de productos agrícolas;
nutrición humana; contaminación;
metodología.

Para acceder a estas bases de datos, se ruega tomar contacto con los productores.
Las informaciones de estas bases de datos también pueden comprarse al OIEA en forma impresa.
Las de INIS y AGRIS se pueden obtener además en CD-ROM.



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de
Documentación Nuclear

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
82 Estados Miembros del OIEA
y otras 16 organizaciones
internacionales miembros

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección del INIS
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2360, Télex (1)-12645
Facsimil +43 1 234564
Correo electrónico
vía EARN/BITNET-
INTERNET a ID:
NI5@IAE1.IAEA.OR.AT

Cantidad de registros en línea
desde enero de 1976 hasta la fecha
más de 1 500 millones

Ámbito
Información del mundo entero sobre la
utilización de la ciencia y tecnología
nucleares con fines pacíficos,
y los aspectos económico y
ambiental de otras fuentes de energía.

Materias abarcadas
Reactores nucleares, seguridad de los
reactores, fusión nuclear, aplicaciones
de las radiaciones o los isótopos en la
medicina, la agricultura, la industria y
la lucha contra las plagas, así como
en otras esferas conexas como la
química nuclear, la física nuclear y
la ciencia de los materiales.
Se ha hecho especial hincapié
en las consecuencias de la
energía nuclear para el medio ambiente,
la economía y la salud, así como en los
aspectos económico y ambiental
de otras fuentes no nucleares de energía.
Abarca también los aspectos jurídicos
y sociales vinculados a la
energía nuclear.

INIS

ON CD-ROM



The IAEA's
nuclear science
and
technology
database on
CD-ROM

5000 JOURNALS

1.4 MILLION RECORDS

6 COMPACT DISCS

INIS (the International Nuclear Information System) is a multi-disciplinary, bibliographic database covering all aspects of the peaceful uses of nuclear science and technology. INIS on CD-ROM combines the worldwide coverage of the nuclear literature with all the advantages of compact disc technology.

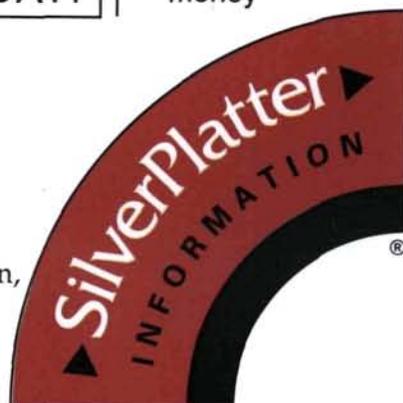
Call +44 (0)81 995 8242 TODAY!

*for further information
and details of your local distributor*

or write to
SilverPlatter Information Ltd.
10 Barley Mow Passage, Chiswick, London,
W4 4PH, U.K.
Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242
Fax: +44 (0)81 995 5159

CD-ROM means

- ◆ unlimited easy access
- ◆ fast, dynamic searching
- ◆ fixed annual cost
- ◆ flexible downloading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money



POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

NUCLEAR POWER PLANT ENGINEER (94-006), Department of Nuclear Energy and Safety. This P-4 post requires a Master of Science or equivalent in nuclear or mechanical engineering, and at least 10 years of professional experience in nuclear power projects, preferably in project management and infrastructure development. *Closing date: 26 May 1994.*

SAFEGUARDS DATA ANALYST (94-004), Department of Safeguards. This P-4 post requires a university degree in chemistry or physics and at least 10 years of experience with various nuclear properties measurement systems and the analysis of the resulting data; some experience/training in the use of statistical methods is required. *Closing date: 26 May 1994.*

COMPUTER INFORMATION SYSTEMS SPECIALIST (94-001), Department of Nuclear Energy and Safety. This P-2 post requires an advanced degree in information science or related discipline and 2 years of practical experience in the field of data processing; excellent communication skills, both written and verbal, familiarity and experience in the area of customer support; and solid knowledge of technical development in information technology. *Closing date: 19 May 1994.*

SECTION HEAD (94-002), Department of Administration. This P-4/P-5 post requires a university degree in business administration or engineering, or equivalent qualification specific to the printing and publishing industry, and at least 10 years of relevant experience in a national and/or international organization or in the private printing sector, and demonstrated administrative and supervisory experience. *Closing date: 19 April 1994.*

SECTION HEAD (94-003), Department of Nuclear Energy and Safety. This P-5 post requires a university degree or equivalent in physics or

chemistry, and at least 15 years of experience in measurement aspects of radiation protection, of which 10 have been in a senior supervisory capacity. *Closing date: 19 May 1994.*

RUSSIAN TRANSLATOR (93-082), Department of Administration. This P-3 post requires a university degree or equivalent, at least 3 years of relevant experience with a demonstrated aptitude for translation work, and the ability to handle difficult technical material. *Closing date: 15 April 1994.*

RADIATION PROTECTION SPECIALIST (93-083), Department of Nuclear Energy and Safety. This P-4 post requires a university degree in medicine, at least 10 years of experience at the national level, at least 5 of which have been in medical aspects of radiation protection, including international basic standards and regulation, and at least 2 of which have been at the international level. *Closing date: 15 April 1994.*

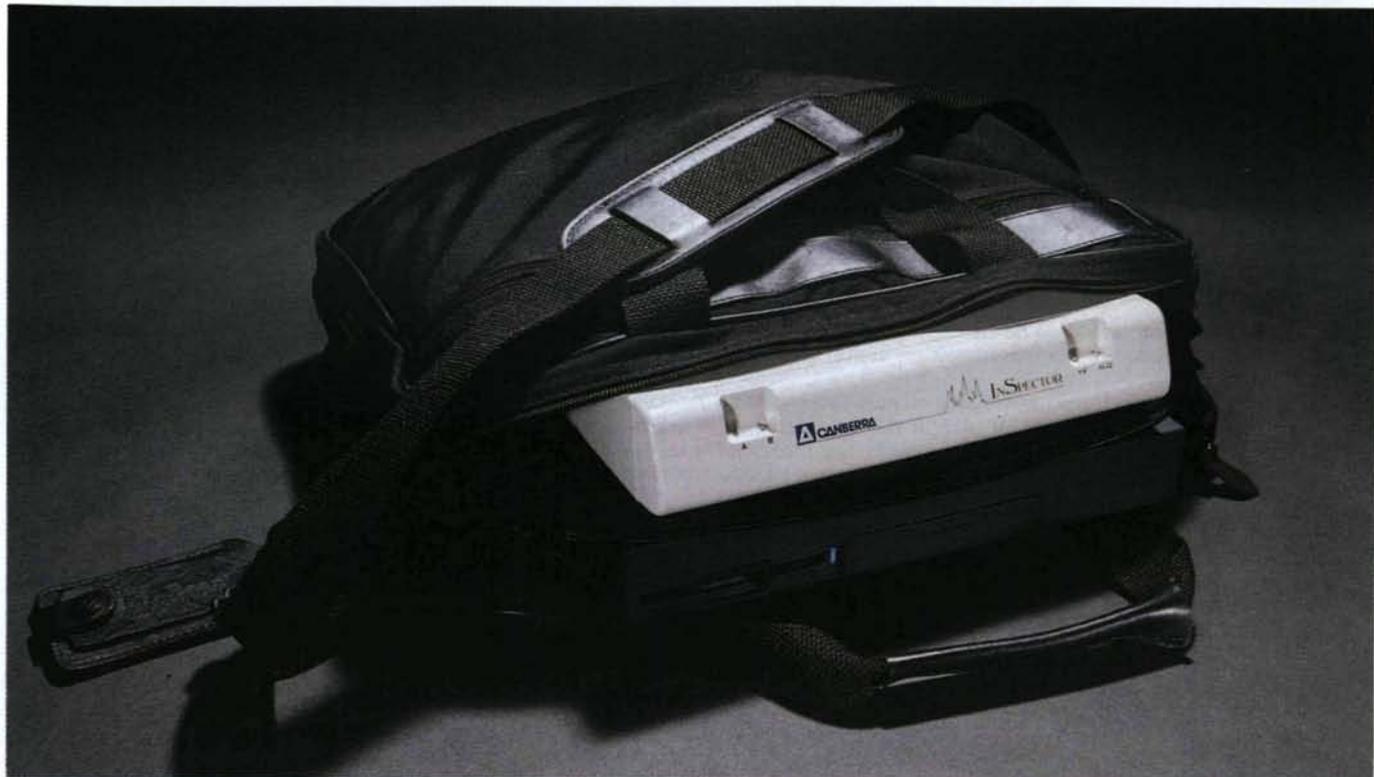
SECTION HEAD (94-005), Department of Technical Co-operation. This P-5 post requires an advanced university degree or equivalent in nuclear science, technology, or business administration. At least 15 years of professional work experience, 5 years of which should be at the international level in the following areas: project management, including project design, field implementation, monitoring and evaluation; technical co-operation administration at both field and headquarters level; sound knowledge of techniques of management, programme, statistical and quality analysis; practical acquaintance with multilateral and bilateral development agencies, especially their project management systems and procedures. *Closing date: 25 March 1994.*

Note: This is a re-advertisement of the post.

READER'S NOTE:

The *IAEA Bulletin* publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are *not* the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing the Division of Personnel, Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

ON-LINE COMPUTER SERVICES. IAEA vacancy notices for professional positions, as well as application forms, now are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet Services. The vacancy notices are located in a public directory accessible via the normal Internet file transfer services. To use the service, connect to the IAEA's Internet address NE-SIRS01.IAEA.OR.AT (161.5.64.10), and then log on using the identification *anonymous* and your user password. The vacancy notices are in the directory called *pub/vacancy_posts*. A *README* file contains general information, and an *INDEX* file contains a short description of each vacancy notice. Other information, in the form of files that may be copied, includes an application form and conditions of employment. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel.



Meet the InInspector... The First *Real* Portable Spectroscopy System

A *Real* Portable...

Until now "portable" spectroscopy systems have not been portable – or systems. Arm stretching weights, poor power management and compromised spectroscopy performance are now only bad memories.

The InInspector changes all that. Weighing in at less than 7 lbs. with batteries, the InInspector is ideal for environmental in-situ work, in plant spot checks and safeguards inspections. The sophisticated power management and dual camcorder type battery packs provide all day uninterrupted operation. A quick connect/disconnect composite detector cable is designed for fast moving operations. Measure, move, measure again, move again - effortlessly - all day.

...for *Real* Spectroscopy

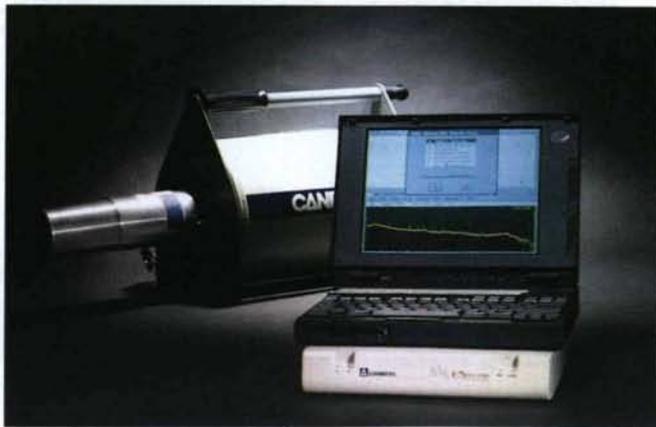
But the InInspector's performance is anything but light-weight. Laboratory grade electronics provide exceptional resolution over a wide range of incoming count rates. Digital stabilization, automatic amplifier pole zero and 100% computer programmability add up to a spectroscopy front end that is at home in the lab *or* the field.

The InInspector's software is based on Canberra's popular Genie-PC spectroscopy platform. Robust analysis algorithms combine with automated procedures for counting, calibration and QA to provide complete operation right out-of-the-box.

...with *Real* Workstation Power

The InInspector is more than a field instrument. It is an integral part of your whole operation. The Genie-PC software ensures full compatibility with your laboratory based Genie systems. Data can be transferred, re-analyzed and integrated into your lab databases without special conversions or headaches.

Finally, *Real* Portable Spectroscopy. The InInspector.



Canberra Industries Inc., 800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 TX: 643251 FAX: (203) 235-1347

Canberra International offices:

Australia, Victoria 008-335638, Mt Waverley 543-4266; Austria, Vienna 43-1-302504-0; Belgium, Brussels 32-2-4668210; Olen 32-14-221975; Canada, Ontario 1-800-387-9559; Denmark, Greve 45-42909023; France, Savigny-le-Temple (33) 1 64.41.10.10; Germany, Frankfurt (49-69) 663010; Italy, Milano (02) 33910796; Netherlands, Tilburg (013) 423900; Russia, Moscow 7-095-238-7335; Switzerland, Zurich (01) 481 69 44; United Kingdom, Pangbourne, Berks (44) 0734 844981.



Evaluación comparativa de la eficacia y toxicidad del fósforo 32 administrado por vía oral y del estroncio 89 administrado por vía intravenosa en el tratamiento paliativo de las metástasis óseas dolorosas

Determinar el agente óptimo entre estos dos radionucleidos para el tratamiento paliativo de pacientes de los países en desarrollo con recursos muy limitados para administrar programas de lucha contra el cáncer.

Recopilación y evaluación de datos de referencia para determinar las propiedades termomecánicas de los materiales en contacto con el plasma de los reactores de fusión

Recopilar y evaluar críticamente las propiedades termofísicas y termomecánicas de los materiales en contacto con el plasma de los reactores de fusión. Los datos evaluados se colocarán en la base de datos sobre propiedades de los materiales (ALADDIN) y se distribuirán a los usuarios, en especial a los diseñadores de reactores de fusión.

Diseño y evaluación de sistemas de utilización del calor para el reactor de ensayo técnico de alta temperatura (HTTR)

Establecer conceptos de diseño y necesidades de desarrollo en relación con sistemas preferentes de utilización del calor seleccionados que resulten de interés internacional, y evaluar estos sistemas en cuanto a su seguridad y tipo de tecnología para su posible demostración en el reactor de ensayo técnico de alta temperatura japonés.

Evaluación de los aspectos de seguridad, medio ambiente y no proliferación relacionados con la separación y transmutación de actínidos y productos de fisión

Promover el intercambio de información sobre los resultados obtenidos por diferentes países a fin de esclarecer los objetivos que deben perseguirse mediante la separación y transmutación, y ampliar la base científica para examinar sus posibilidades de mejorar la seguridad del ciclo del combustible nuclear. Los resultados de este programa también brindarán la oportunidad a los Estados Miembros de definir el alcance del trabajo de investigación y desarrollo que deberá realizarse en esta esfera en el futuro.

Automatización de la cría en masa de la mosca tsetsé para su uso en los programas en que se aplica la técnica de los insectos estériles

Desarrollar técnicas automatizadas que reemplacen los métodos laboriosos utilizados en la cría en masa. Esta recomendación se basó en un análisis económico de la cría en masa de la mosca tsetsé, el que indicó que los costos de mano de obra y los gastos conexos excedían en 50% del costo total de la cría en masa.

Métodos normalizados para verificar en el comercio la dosis absorbida de los frutos frescos, secos y nueces irradiados

Este PCI tiene por objeto desarrollar métodos normalizados para verificar la dosis absorbida necesaria para desinfectar los frutos secos y nueces y para dar tratamiento de cuarentena a frutos frescos y hortalizas mediante irradiación, en sus respectivos envases comerciales. En el programa se evaluará la eficacia de la irradiación a escala experimental o semicomercial de los frutos secos y nueces, como una opción de la fumigación con bromuro de metilo y como una medida de salud pública para combatir las enfermedades transmitidas por los alimentos (cisticercosis/taeniasis y la infección causada por el campylobacter) en América Latina y el Caribe.

FEBRERO DE 1994

Seminario sobre innovaciones en el transporte de desechos radiactivos, **Viena (Austria)**, 21 a 25 de febrero

MARZO DE 1994

Simposio del OIEA sobre salvaguardias internacionales, **Viena (Austria)**, 14 a 18 de marzo

Seminario Interregional sobre dosimetría en radioterapia: Dosis de radiación en radioterapia de la dosis prescrita a la administrada, **Brasil**, 27 a 30 de agosto

15ª Conferencia Internacional sobre investigaciones en materia de física del plasma y fusión nuclear controlada, **Madrid (España)**, 26 de septiembre a 1 de octubre

Segundo Seminario OIEA/FAO para África sobre tripanosomiasis animal: Control de los vectores de la enfermedad utilizando técnicas nucleares, **Uganda** (fecha por fijar)

OCTUBRE DE 1994

Seminario sobre prácticas y cuestiones relacionadas con la gestión de desechos radiactivos en países en desarrollo, **Beijing (China)**, 10 a 14 de octubre

Simposio Internacional sobre almacenamiento de combustible gastado: Aspectos técnicos, ambientales y de seguridad, **Viena (Austria)**, 10 a 14 de octubre

Simposio Internacional FAO/OIEA sobre técnicas nucleares y conexas en los estudios suelo/planta relacionados con la agricultura sostenible y la conservación del medio ambiente, **Viena (Austria)**, 17 a 21 de octubre

NOVIEMBRE DE 1994

Conferencia de revisión de la Convención de Viena sobre responsabilidad civil por daños nucleares, **Viena (Austria)**, (fecha por fijar)

Conferencia internacional sobre radiación, salud y sociedad: Comprensión de los riesgos radiológicos (fecha por fijar)

OTRAS REUNIONES DEL OIEA

(Selección)

Conferencia General del OIEA: Trigésima octava reunión ordinaria, **Viena (Austria)**, 19 a 23 de septiembre de 1994

Información preliminar sujeta a cambios. Para obtener información más completa acerca de las reuniones del OIEA se ruega dirigirse a la Sección de Servicios de Conferencia del OIEA en la Sede del Organismo en Viena, o consultar la publicación trimestral del OIEA *Meetings on Atomic Energy* (véase la sección Publicaciones para información acerca de la manera de encargar las publicaciones). Para obtener más detalles sobre los programas coordinados de investigaciones del OIEA, dirigirse a la Sección de Administración de Contratos de Investigación en la Sede del OIEA. Los programas están encaminados a facilitar la cooperación a escala global en temas científicos y técnicos en diversas esferas, que van desde las aplicaciones de las radiaciones en la medicina, la agricultura y la industria hasta la tecnología nucleoelectrónica y la seguridad nuclear.





Publicado trimestralmente por la División de Información Pública del Organismo Internacional de Energía Atómica, Apartado de Correos 100, A-1400 Viena (Austria).

Tel. (43-1) 2360-1270
Facsimile (43-1) 234564

DIRECTOR GENERAL: Dr. Hans Blix
DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:
Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud,
Sr. Boris Semenov, Sr. Sueo Machi,
Sr. Jihui Qian
DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMACION
PUBLICA: Sr. David Kyd

REDACTOR-JEFE: Sr. Lothar H. Wedekind
AYUDANTES DE REDACCION:
Sr. Rodolfo Quevenco, Sra. Juanita Pérez,
Sra. Brenda Blann
COMPOSICION/DISEÑO:
Sra. Hannelore Wilczek
COLABORADORES DE LOS DEPARTAMENTOS:
Sra. S. Dallalah, Sra. L. Diebold, Sra. A.B. de
Reynaud, Sra. R. Spiegelberg
APOYO PARA LA PRODUCCION: Sr. G. Dreger,
Sr. R. Kelleher, Sra. I. Emge, Sra. H. Bacher,
Sra. A. Primes, Sra. M. Swoboda,
Sr. W. Kreutzer, Sr. G. Demal, Sr. A. Adler,
Sr. R. Luttenfeldner, Sr. F. Prochaska,
Sr. P. Patak, Sr. L. Nimetzki

Ediciones en diversos idiomas

APOYO PARA LA TRADUCCION: Sr. J. Rivals,
Sra. E. Fritz

EDICION EN FRANCÉS:

Sr. S. Drège, traducción; Sra. V. Laugier-
Yamashita, auxiliar de edición

EDICION EN ESPAÑOL: Equipo de Servicios
de Traductores e Intérpretes (ESTI), La
Habana (Cuba), traducción; Sr. L. Herrero,
edición

EDICION EN CHINO: Servicio de Traducciones
de la Corporación de la Industria de la Ener-
gía Nuclear de China, Beijing, traducción,
impresión, distribución.

El Boletín del OIEA se distribuye gratuita-
mente a un número limitado de lectores
interesados en el OIEA y en la utilización de
la energía nuclear con fines pacíficos. Las
solicitudes por escrito deben dirigirse al
Redactor-jefe. Pueden citarse libremente
extractos de los textos del OIEA contenidos
en este Boletín del OIEA, siempre que se
mencione su origen. Cuando en un artículo
se indique que su autor no es funcionario del
OIEA, deberá solicitarse a ese autor o a la
organización a que pertenezca permiso para
la reimpression del material, a menos que se
trate de reseñas.

Las opiniones expresadas en los artícu-
los firmados o en los anuncios de este
Boletín no representan necesariamente
las del Organismo Internacional de Ener-
gía Atómica, que declina toda respon-
sabilidad por las mismas.

Publicidad

La correspondencia relativa a la publicidad
debe dirigirse a la División de Publicaciones
del OIEA, Dependencia de Promoción
y Venta de Publicaciones, Apartado de
Correos 100, A-1400, Viena (Austria).

1957

Afganistán
Albania
Alemania
Argentina
Australia
Austria
Belarús
Brasil
Bulgaria
Canadá
Cuba
Dinamarca
Egipto
El Salvador
España
Estados Unidos de América
Etiopía
Federación Rusa
Francia
Grecia
Guatemala
Haití
Hungría
India
Indonesia
Islandia
Israel
Italia
Japón
Marruecos
Mónaco
Myanmar
Noruega
Nueva Zelandia
Países Bajos
Pakistán
Paraguay
Perú
Polonia
Portugal
Reino Unido
de Gran Bretaña
e Irlanda del Norte
República de Corea
República Dominicana
Rumania
Santa Sede
Sri Lanka
Sudáfrica
Suecia
Sulza
Tailandia
Túnez
Turquía
Ucrania
Venezuela

Viet Nam
Yugoslavia

1958

Bélgica
Camboya
Ecuador
Filipinas
Finlandia
Irán, República Islámica del
Luxemburgo
México
Sudán

1959

Iraq

1960

Colombia
Chile
Ghana
Senegal

1961

Libano
Malí
Zaire

1962

Liberia
Arabia Saudita

1963

Argelia
Bolivia
Côte d'Ivoire
Jamahiriya Arabe Libia
República Arabe Siria
Uruguay

1964

Camerún
Gabón
Kuwait
Nigeria

1965

Costa Rica
Chipre
Jamaica
Kenya
Madagascar

1966

Jordania
Panamá

1967

Sierra Leona
Singapur
Uganda

1968

Liechtenstein

1969

Malasia
Niger
Zambia

1970

Irlanda

1972

Bangladesh

1973

Mongolia

1974

Mauricio
República Popular Democrática
de Corea

1976

Emiratos Arabes Unidos
Qatar
República Unida de Tanzania

1977

Nicaragua

1983

Namibia

1984

China

1986

Zimbabue

1991

Letonia
Lituania
Yemen, República del

1992

Croacia
Eslovenia
Estonia
Uzbekistán

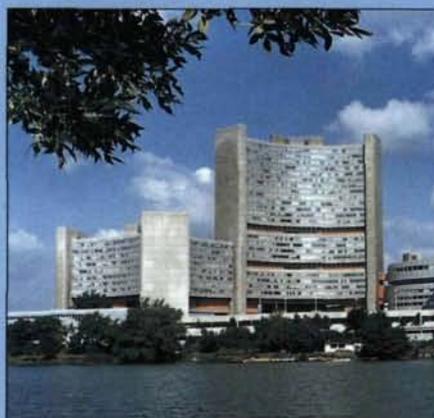
1993

Armenia
Ex República Yugoslava
de Macedonia
Islas Marshall
Kazajistán
República Checa
República Eslovaca

Para la entrada en vigor del Estatuto del OIEA se requería la ratificación de dieciocho Estados. Al 29 de julio de 1957, los Estados que figuran en negrilla habían ratificado el Estatuto.

El año indica el año de ingreso como Estado Miembro. Los nombres de los Estados no corresponden necesariamente a su designación histórica.

El ingreso de los países que figuran en cursivas ha sido aprobado por la Conferencia General del OIEA y entrará en vigor una vez depositados los instrumentos jurídicos pertinentes.



El Organismo Internacional de Energía Atómica, creado el 29 de julio de 1957, es una organización intergubernamental independiente dentro del sistema de las Naciones Unidas. El Organismo, que tiene su Sede en Viena (Austria), cuenta actualmente con más de 100 Estados Miembros que mancomunadamente sus esfuerzos para realizar los objetivos principales del Estatuto del OIEA: acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurar en la medida que le sea posible que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares.

La sede del OIEA, en el Centro Internacional de Viena.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.

6-22-1 Muro, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan

Telephone: (0422) 45-5111

Facsimile: (0422) 45-4058

Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9.999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9.999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102