

# 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.

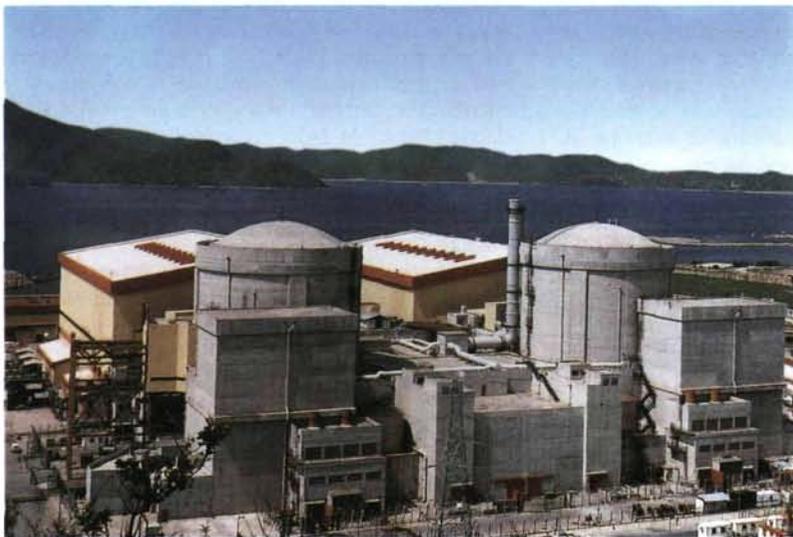
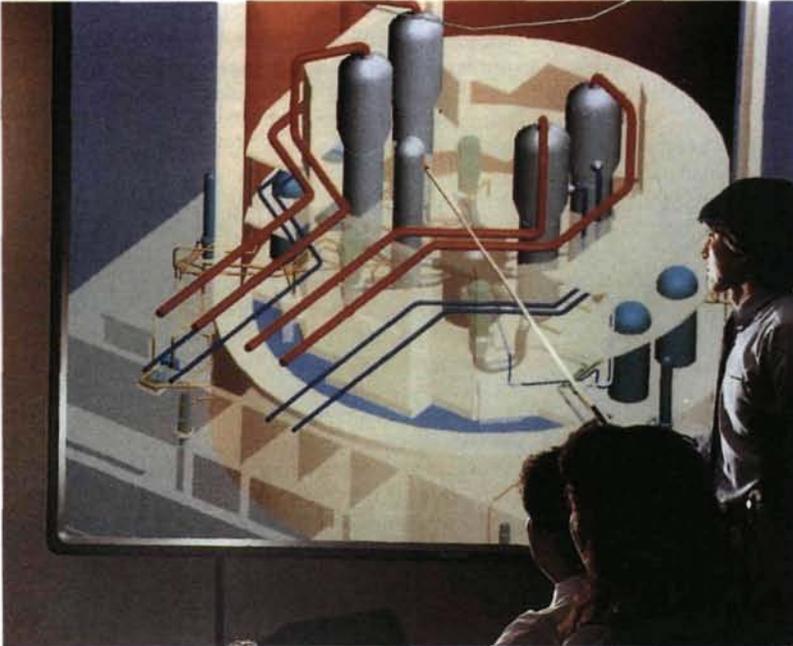
El consumo per cápita de electricidad en la mayoría de los países asiáticos es muy inferior al de los países industrializados. En comparación con los más de 10 000 kWh per cápita al año que se consumen en los Estados Unidos, Suecia y el Canadá, en 1989 el consumo per cápita anual de electricidad de la 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.

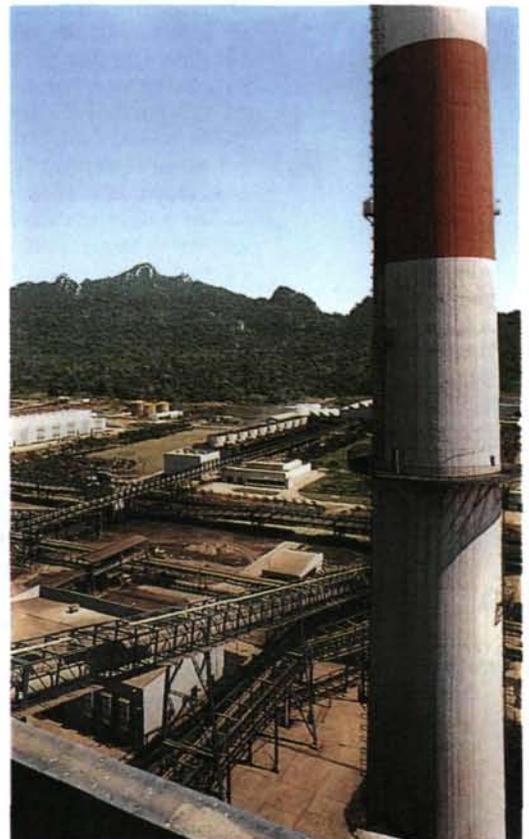
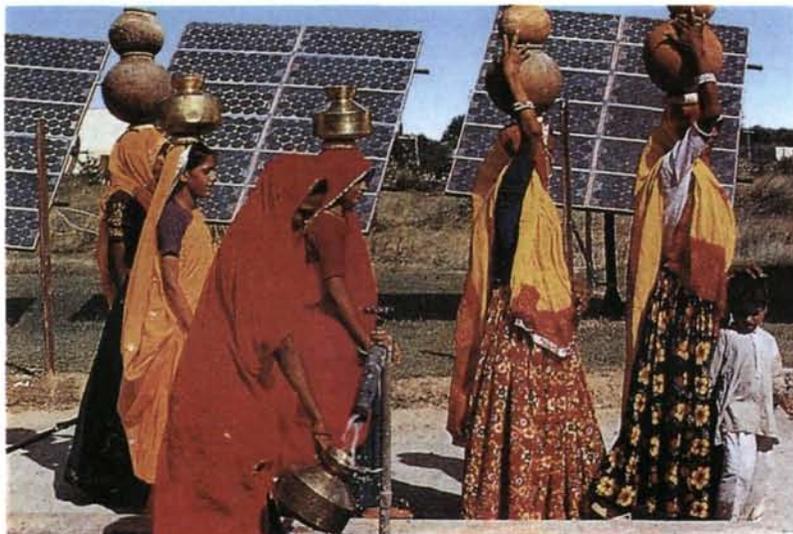
En la India, la capacidad de generación de electricidad aumentó a un ritmo de alrededor de 5 GWe anuales en el período de 1985 a 1990. Sin embargo, se calcula que en 1991 este país experimentaba un déficit máximo de más de 10 GWe, y una escasez de energía de 21 000 millones de kWh aproximadamente. En 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. Hu 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 CO<sub>2</sub> 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
<b>Total Asia*</b>	70	48 354	22	16 513				
<b>Total mundial</b>	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

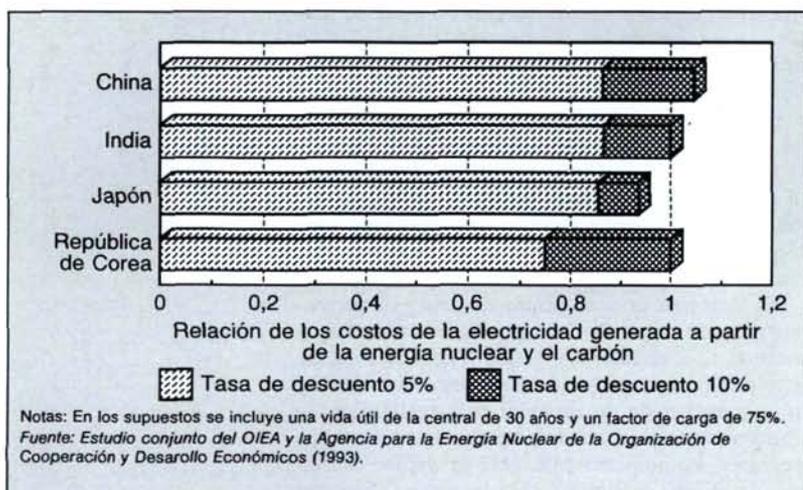
disponer de recursos presupuestarios, el Pakistán se propone comprar a China un segundo reactor de agua a presión de 300 MWe. Indonesia ha manifestado su intención de emprender un programanucleoelectrico en el marco de su planificación a largo plazo, mientras que Tailandia se propone adquirir una capacidad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

