

Mercados nucleares internacionales: problemas y perspectivas

por Robert Skjoeldebrand

El comercio nuclear internacional reviste actualmente gran importancia para el equilibrio energético de diversos países. Desde sus inicios, el comercio nuclear ha estado regido por acuerdos bilaterales o multilaterales que siempre han incluido condiciones para obtener garantías de no proliferación con requisitos de verificación, y ahora se basan en las salvaguardias del OIEA. En realidad, el comercio nuclear hubiera sido imposible sin el régimen de no proliferación que se ha establecido.

Recientemente, los objetivos y condiciones de la no proliferación han predominado en los debates relativos al comercio nuclear internacional mediante las restricciones que se introdujeron en el decenio de 1970 como resultado del desarrollo de políticas nacionales. La evaluación internacional del ciclo del combustible nuclear (INFCE) de 1977 a 1980, y más recientemente el Comité para Asegurar los Suministros (CAS) creado por la Junta de Gobernadores del OIEA en 1980, han estudiado a fondo esos asuntos.

No obstante, a veces parece que se da una importancia secundaria a otros problemas y limitaciones que posiblemente sean de mayor peso. En este artículo se analizan algunos de esos factores relativos al comercio internacional de centrales nucleares y el ciclo del combustible, así como algunas perspectivas para el futuro.

Antecedentes y esferas de problemas

Plantas de energía nucleoelectrica. Existen centrales nucleares en funcionamiento o en construcción en 32 países. De ellos, alrededor de 10 tienen industrias que construyen plantas fundamentalmente con recursos internos, y los restantes son o han sido importadores, situación ésta que se resume en el Cuadro 1.

Cabe señalar que en ese cuadro se muestra una situación que ha estado y sigue estando en evolución. Por ejemplo, Francia y la República Federal de Alemania fueron importadores de tecnología para los primeros reactores de agua a presión, pero actualmente han alcanzado la autosuficiencia y son exportadores. El Japón ha logrado la autosuficiencia industrial y podría aparecer como exportador, pero no lo ha hecho. Es

probable que pueda decirse lo mismo de, por ejemplo, Checoslovaquia e Italia, y en el futuro ese será el caso de más países, incluidos algunos países en desarrollo, como la India, que actualmente es casi autosuficiente en cuanto a la construcción de plantas energéticas.

Igualmente, es interesante observar que se están estableciendo sociedades en que la experiencia y la competencia de algunos de los países en desarrollo más avanzados podría incidir en las actividades de exportación de los proveedores tradicionales.

Auge del interés por la exportación

En algunos países, la no dependencia de las importaciones ha sido un objetivo de la política nacional, primordialmente para el ciclo del combustible, pero también, a más largo plazo, para los suministros de las plantas energéticas. No obstante, la capacidad técnica e industrial para alcanzar la autosuficiencia total o parcial no significará necesariamente que ese sea un objetivo nacional en todas partes. De la misma forma es probable que países que pueden hacerlo y también confiar en la disponibilidad de suministros futuros utilicen los mecanismos del mercado internacional para adquirir componentes principales y especializados así como sistemas completos sencillamente por razones económicas.

Se ha estimado que en los países de economía de mercado la capacidad total de fabricación de plantas de energía nucleoelectrica es de unos 60 gigavatios anuales, con arreglo al torrente de pedidos de nuevas plantas de 60 a 70 gigavatios anuales que se produjo durante el período 1972-1974. Por supuesto, esta demanda tan elevada no se sostuvo —en realidad no podía haberlo hecho— y actualmente la industria trabaja sólo de 20 a 30% de su capacidad total. En la mayoría de los países proveedores, los mercados internos han disminuido y se mantienen inseguros.

Es lógico, pues, que los mercados de exportación se consideren con creciente interés como una posible vía para evitar una penosa reestructuración de la industria. Cabe señalar que, a modo de preparativo para lo que podría ser un nuevo impulso a la exportación así como para mejorar las posibilidades de financiación, se están creando varias empresas mixtas industriales y de cooperación internacional.

A la diferencia de la situación en los países con economía de mercado, la tasa de introducción de la energía nucleoelectrica en los países que pertenecen al

El Sr. Skjoeldebrand es Jefe de la Sección de Ingeniería de Reactores de la División de Energía Nucleoelectrica del Organismo.

Cuadro 1. Importaciones de plantas nucleoelectricas: Perfil mundial*

	Reactores en funcionamiento o en construcción				Importados de													
	Total		Nacionales		Estados Unidos de América		Alemania, República Federal de		Canadá		Francia		Suecia		Reino Unido		Unión Soviética	
	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW
Países industrializados y de economía centralmente planificada de Europa																		
Alemania, Rep. Federal de	27	23 018	26	23 003	1	15												
Bélgica	8	5 485			5	2 806					3	2 679						
Bulgaria	6	3 538															6	3 538
Canadá	23	14 228	23	14 228														
Checoslovaquia	11	5 116															11	5 116
España	15	12 129			12	9 669	2	1 980			1	480						
Estados Unidos de América	135	124 400	135	124 400														
Finlandia	4	2 206											2	1 316			2	890
Francia	61	56 103	61	56 103														
Hungría	4	1 632															4	1 632
Italia	6	3 231	1	35	4	3 046									1	150		
Japón	38	29 045	28	21 859	9	7 027									1	159		
Países Bajos	2	501			1	51	1	450										
Polonia	2	880															2	880
Reino Unido	42	12 556	42	12 556														
República Democrática Alemana	5	1 694															5	1 694
Rumania	2	1 320							2	1 320								
Sudáfrica	2	1 842									2	1 842						
Suecia	12	9 455	9	6 825	3	2 630												
Suiza	5	2 882			4	1 962	1	920										
Unión Soviética	85	59 625	85	59 625														
Yugoslavia	1	632			1	632												
Total Parcial	496	371 518	410	318 634	40	27 838	4	3 350	2	1 320	6	5 001	2	1 316	2	309	30	13 750
Países en desarrollo																		
Argentina	3	1 627					2	1 027	1	600								
Brasil	2	1 871			1	626	1	1 245										
China	1	300	1	300														
Corea, República de	9	7 263			6	4 785			1	628	2	1 850						
Cuba	2	816															2	816
Filipinas	1	621			1	621												
India	10	2 130	6	1 320	2	398			2	414								
México	2	1 308			2	1 308												
Pakistán	1	125							1	125								
Taiwán, China	6	4 924			6	4 924												
Total Parcial	37	20 985	7	1 620	18	12 660	3	2 272	5	1 767	2	1 850					2	816
Mundial																		
Total	533	392 503	417	320 254	58	40 498	7	5 622	7	3 087	8	6 851	2	1 316	2	309	32	14 566

* En el cuadro se incluyen todos los reactores que estaban conectados a las redes de distribución o en construcción el 31 de diciembre de 1983.

Fuente: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia del OIEA (SIRP).

Cuadro 2. Tipos de reactores nucleares importados*

Tipo	Reactores en funcionamiento o en construcción				Importados de													
	Total		Nacionales		Estados Unidos de América		Alemania, República Federal de		Canadá		Francia		Suecia		Reino Unido		Unión Soviética	
	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW	Número	MW
PHWR 100-599 MW	19	6 524	15	5 650			1	335	3	539								
PHWR 600 MW	18	13 116	13	9 876			1	692	4	2 548								
AGR	14	8 132	14	8 132														
GCR 100-599 MW	26	6 549	23	5 760							1	480			2	309		
PWR 100-599 MW	68	28 208	31	13 405	8	2 755	1	450									28	11 598
PWR 600 MW	221	219 797	182	184 521	25	21 854	4	4 145			7	6 371					3	2 906
BWR 100-599 MW	17	7 356	11	5 420	6	1 936												
BWR 600 MW	80	74 641	62	59 448	16	13 877							2	1 316				
LWGR 600 MW	22	22 900	22	22 900		*												
Prototipos	48	5 280	44	5 142	3	76											1	62
Total	533	392 503	417	320 254	58	40 498	7	5 622	7	3 087	8	6 851	2	1 316	2	309	32	14 566

* En el cuadro se incluyen todos los reactores que estaban conectados a las redes de distribución o en construcción el 31 de diciembre de 1983, excepto los que no estaban funcionando en esa fecha.

Tipos de reactor:

PHWR reactor moderado y refrigerado por agua pesada a presión
 AGR reactor avanzado refrigerado por gas, moderado por grafito
 GCR reactor refrigerado por gas, moderado por grafito

PWR reactor moderado y refrigerado por agua ligera a presión
 BWR reactor refrigerado y moderado por agua ligera hirviendo
 LWGR reactor refrigerado por agua ligera, moderado por grafito

Fuente: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia del OIEA (SIRP)

Consejo de Ayuda Económica Mutua (CAEM) parece estar limitada principalmente por las capacidades de producción industrial. Como esos países tienen un fuerte compromiso conjunto para desarrollar rápidamente la utilización de la energía nucleoelectrónica, no parecería probable que se trate de dar un impulso importante a las exportaciones fuera del CAEM.

En los países industrializados de economía de mercado, las 149 plantas de energía nucleoelectrónica que están actualmente en construcción, todas, excepto 12, tienen una capacidad superior a los 800 megavatios. De esas 12, 9 son reactores Candu y reactores avanzados refrigerados por gas (RARG) y 3 son prototipos.

En el Cuadro 2 se muestra el pequeño número de tipos de reactores que se han exportado. Cabe señalar que, salvo los reactores de agua a presión de 440 megavatios de origen soviético que se exportan dentro del marco del CAEM y a Finlandia, hace más de 10 años que no se suscriben contratos de exportación de plantas de menos de 600 megavatios. De igual forma, todos los diseños estandarizados de centrales energéticas que se elaboran actualmente en varios países son de más de 900 megavatios.

Actividad en los reactores más pequeños

Las capacidades superiores a 600 megavatios a menudo son demasiado elevadas para el tamaño de las redes de distribución de los países en desarrollo. Esto justifica, al

menos en parte, el renovado interés de varios países "exportadores" por los reactores de pequeña y mediana potencia (RPM) de entre 200 y 600 megavatios. En principio, una mayor disponibilidad de esos reactores podría viabilizar la introducción de la energía nucleoelectrónica en fecha más temprana en unos 10 a 15 países en desarrollo. Esos reactores también podrían utilizarse como fuentes de calor para el calentamiento directo o para plantas de desalación.

En consecuencia, el OIEA ha promovido el intercambio de información sobre reactores de pequeña y mediana potencia durante más de dos decenios. Sin embargo, no se han concretado solicitudes de exportación debido a la inseguridad de la situación económica y la financiación, la disponibilidad limitada de diseños probados aptos para ser autorizados en los países productores y la evidente falta de voluntad entre los posibles compradores para convenir en un diseño que cuente con un mercado sustancial comprobado que satisfaga al proveedor.

Esta situación puede cambiar. Entre las razones para ello están el creciente interés de los proveedores en el futuro mercado de exportación y el posible interés de algunos países industrializados en plantas más pequeñas, basado en el deseo de lograr una mejor gestión de los riesgos financieros en cada proyecto cuando el crecimiento de la demanda es lento. Así pues, si en los países industrializados llegan a desarrollarse mercados internos para plantas más pequeñas y probablemente más

Infraestructuras necesarias para los programas nucleoelectricos

- Tamaño y posibilidades de las redes de distribución
- Disponibilidad de mano de obra calificada a todos los niveles
- Estructuras organizativas de planificación, toma de decisiones, y ejecución, explotación y reglamentación de proyectos
- Apoyo de la industria
- Financiación

estandarizadas, ello podría tener profundas repercusiones en la introducción de la energía nucleoelectrica en los países en desarrollo.

No obstante, sigue siendo cierto que una pequeña central energética planteará básicamente los mismos requisitos a la infraestructura de un país que una planta grande. A menudo se han citado las dificultades de financiación como el obstáculo más importante que se opone a la introducción de la energía nucleoelectrica en los países en desarrollo, y en el decenio pasado no fue fácil encontrar financiación para esos grandes proyectos, que los financieros consideraban de alto riesgo.

Con todo, cabe señalar que, aunque hubiera habido financiación, como las demás infraestructuras eran débiles, no se habrían iniciado programas de energía nucleoelectrica. Sin embargo, en los casos en que se han creado las infraestructuras en general, se han vencido los problemas financieros y actualmente existen programas viables de energía nucleoelectrica. Esta experiencia respalda el enfoque asumido en el programa del OIEA, a saber, fortalecer las infraestructuras en los países en desarrollo y, en particular, mejorar la capacidad técnica como paso previo necesario para la introducción satisfactoria de la energía nucleoelectrica y el logro de la transferencia de tecnología.

Suministro de uranio y de combustible. El uranio tiene dos características singulares. En primer lugar, sólo puede utilizarse en gran escala en los reactores de potencia cuyos propietarios no pueden recurrir a ningún combustible alternativo, excepto de forma marginal mediante el reciclaje del plutonio. En segundo lugar, los yacimientos de uranio por sí mismos no contribuyen al equilibrio energético de un país, ya que su uso exige una tecnología muy perfeccionada.

En el informe de diciembre de 1983 titulado *Uranio: recursos, producción y demanda*,* se afirma que en 32 países hay nuevos recursos (razonablemente garantizados y probables) de 3,25 millones de toneladas de uranio, que pueden recuperarse a un costo inferior a los 130 dólares por kilogramo. En 15 de esos países funcionaban o estaban en construcción centrales de

energía nucleoelectrica. Las cifras que se informan significaron en realidad una reducción de recursos en las categorías de más bajo costo, debido a aumentos en los costos de producción que desviaron algunos recursos hacia otras categorías más costosas.

Una de las características del mercado del uranio es que el grueso del material se entrega en virtud de contratos a largo plazo, de manera que el mercado al contado ha desempeñado un papel marginal. Los contratos a largo plazo han tenido precios bastante estables, pero los precios del mercado al contado, que ahora son muy diferentes, son una indicación clara del estado y las perspectivas de la industria productora.

Cambios cíclicos en la oferta y la demanda

En el pasado el mercado del uranio experimentó algunos cambios cíclicos severos. A finales de los años sesenta y principios de los setenta, los precios estuvieron muy bajos, pero en 1974, por diversas circunstancias que impulsaron la demanda hasta el tope de la capacidad de producción, el precio aumentó abruptamente hasta alcanzar la cifra de 40 a 45 dólares por libra de óxido de uranio en el mercado al contado.

Las disminuciones constantes en los programas de energía nucleoelectrica de los países de economía de mercado han hecho que en la actualidad la demanda sea mucho menor de lo previsto hace sólo de 5 a 8 años. El resultado ha sido un exceso de capacidad de producción de uranio y una gran acumulación de inventarios en el caso de algunos compradores que habían concertado contratos a largo plazo. Se estima que para 1985 esos inventarios de algunos países industrializados por lo menos cuadrupliquen la demanda real anual de suministro de combustible a las centrales nucleares, pero también están distribuidos de manera muy desigual entre los países compradores.

Como es natural, esta situación ha provocado una severa depresión en la industria productora de uranio. Entre 1980 y 1983 la producción anual disminuyó en 15% en los países del mundo excepto los de economía centralmente planificada. En los Estados Unidos la producción se redujo en 1983 a menos de la mitad de la de 1980. Ello se debió en parte a reducciones en la producción, y también en gran medida al cierre de minas y plantas de molinado que ya no resultaban competitivas a los costos imperantes. No parece probable que sea fácil volver a abrir esas minas.

Los precios actuales no permiten la prospección y hay vastas zonas del mundo muy promisorias que siguen sin explorar. Para que los nuevos recursos entren en producción se necesitan unos 10 años, o sea, un plazo comparable al que se requiere para lanzar los nuevos proyectos de energía nucleoelectrica. En consecuencia, desde este punto de vista ambos mercados podrían equipararse siempre y cuando los programas de energía nucleoelectrica sigan siendo razonablemente seguros.

En algunos países la producción de uranio ha estado sujeta a las políticas nacionales. Actualmente las futuras capacidades de producción no parecen seguras y pueden descender de los niveles previstos. De no redistribuirse

* Proyecto conjunto denominado "Libro Rojo" del OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo.

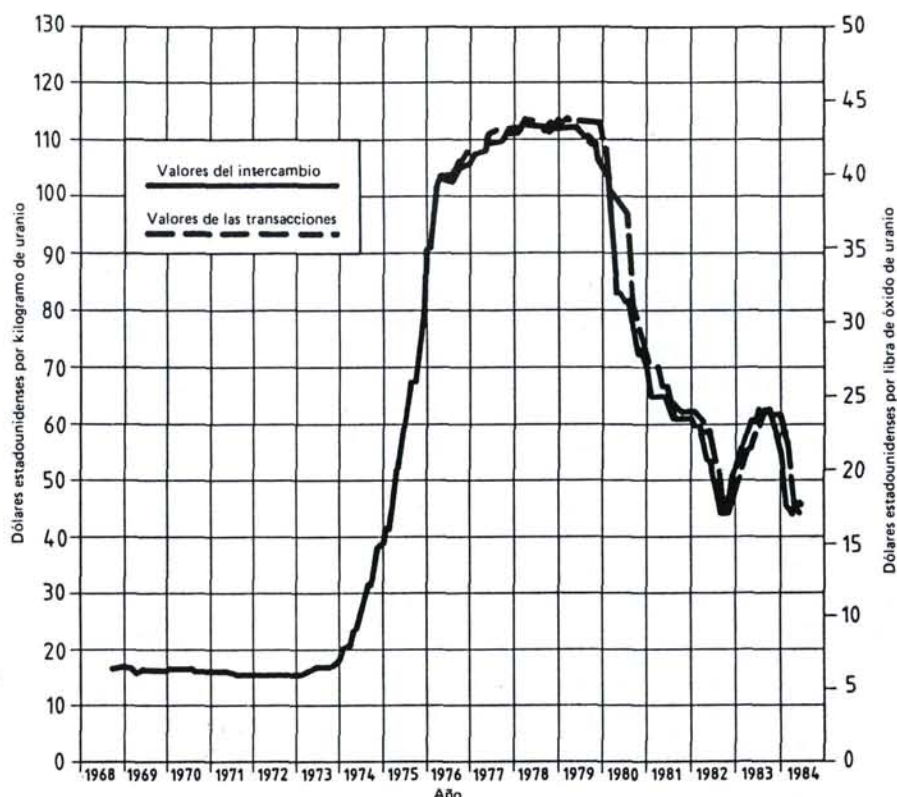


Figura: Valor de los intercambios y transacciones hasta el 30 de junio de 1984 en el mercado del uranio (Datos: cortesía de NUXCO)

entre los compradores los actuales inventarios de excedentes, ya a finales de los años ochenta la demanda de uranio nuevo podría volver a superar la capacidad de producción. No obstante, según el argumento que se adopte puede que no se llegue a esta situación hasta después de 1995. Entonces cambiará la actual situación de exceso de oferta, aunque esperamos que no sea de forma tan violenta como en el pasado.

Una situación estable y previsible del mercado sería un factor importante para garantizar el suministro de combustible a las centrales energéticas a lo largo de su vida activa. Para lograrlo, es necesario un mejor intercambio de información entre vendedores y compradores, así como tener la posibilidad de prever las acciones externas en el mercado.

Servicios de enriquecimiento

La otra función importante de la oferta, los servicios de enriquecimiento, se ha caracterizado igualmente por el exceso de oferta y la creciente diversificación de las fuentes de suministro. Actualmente existen cuatro proveedores principales en el mercado internacional, y otros tres países han anunciado su capacidad para el enriquecimiento con al menos plantas piloto en funcionamiento. La capacidad de la oferta es estable o aumenta lentamente, por lo que debe ser suficiente para satisfacer las demandas hasta bien entrado el decenio de 1990.

Otros servicios de las etapas iniciales que no requieren mucho capital se caracterizan actualmente por el

exceso de capacidad y, especialmente en la fabricación de combustible, en varios países es evidente la tendencia a instalar plantas que satisfagan las necesidades nacionales.

Aun cuando la situación actual en las etapas iniciales del ciclo del combustible no parecería ser motivo de preocupación en cuanto a los suministros, sería conveniente seguir de cerca los acontecimientos en ese sector para evitar que se repitan los cambios súbitos que ocurrieron en el pasado.

Reelaboración y almacenamiento

Lógicamente, en las etapas finales del ciclo del combustible la situación es totalmente diferente. Las capacidades de reelaboración, aun en el decenio de 1990, sólo podrán hacer frente a una parte del combustible irradiado, y en varios países se están evaluando de nuevo planes sobre nuevas plantas de reelaboración, lo cual hace que la capacidad planificada para el futuro no sea segura.

Los programas de reproducción se están demorando, en parte debido a la abundante disponibilidad de uranio para abastecer de combustible a las centrales nucleares térmicas y a los elevados costos de los reproductores. Además del uso del plutonio en los reproductores, se han dado otras dos razones fundamentales para la reelaboración del combustible de los reactores térmicos: 1) una evacuación más fácil de los desechos de alto contenido de radiactividad, y 2) el reciclaje del plutonio en reactores térmicos como una contribución a la

seguridad energética nacional. No obstante, la economía del reciclaje térmico parece ser muy insegura. Todavía no se ha realizado una demostración de la evacuación de los desechos de alto contenido de radiactividad, aunque sin duda sería sumamente conveniente para aumentar la aceptación de la energía nuclear.

Algunos países, por ejemplo, Suecia y España, han anunciado sus planes de almacenar el combustible irradiado en almacenes intermedios durante un período de 20 a 50 años, manteniendo abierta la opción de evacuar posteriormente los desechos no reelaborados en formaciones geológicas profundas. Las razones que se exponen son que los costos de reelaboración son demasiado elevados y que no hay mercado para el plutonio recuperado. Cabe esperar que esa tendencia hacia el almacenamiento provisional se intensifique en la segunda mitad del decenio de 1980.

Al mismo tiempo, se está agotando la capacidad de almacenamiento de combustible irradiado en muchos reactores y a finales de los años ochenta este problema se agudizará en diversos países. Se hará necesario el almacenamiento fuera del reactor y entonces las instalaciones internacionales serían una opción aconsejable. La Unión Soviética siempre ha aceptado que se le devuelva el combustible irradiado por las centrales nucleares que ha exportado. Recientemente, la República Popular China también se ha ofrecido para recibir combustible de reactores irradiado para su almacenamiento a plazo medio.

Perspectivas de crecimiento: muchos factores

Durante el decenio pasado, los altos precios del petróleo dieron origen a la reestructuración de la demanda de energía para consumo final. Pese a la recesión, en los climas más fríos ha sido ventajoso, desde el punto de vista económico, instalar calentadores eléctricos en las calderas de calefacción de las viviendas, ya que los precios de la electricidad han sido bastante estables. En Suecia, por ejemplo, ello ha dado lugar a un cambio importante en la demanda de ese sector, es decir, electricidad en lugar de petróleo, aunque la tasa de crecimiento de la demanda total de electricidad ha sido bastante baja.

Si ahora las economías de mercado comienzan a dar nuevas señales de vida, cabe esperar que la industria comience a hacer inversiones en procesos que utilicen menos combustible fósil, lo que en la mayoría de los casos significará un cambio en favor de la electricidad, dada su elevada eficacia para consumo final.

De concretarse esta situación, y todo parece indicar que ya está sucediendo, habrá necesidad de nuevas capacidades de generación. La energía nucleoelectrica es una fuente alterna económicamente probada si se cumplen determinadas condiciones: plazos de construcción que se puedan controlar, gastos de instalación previsibles y garantía de suministro de combustible para las centrales nucleares durante toda su vida útil.

El OIEA estima que la capacidad nuclear instalada en las economías de mercado aumentará de 260 gigavatios en 1985 a 350 a 480 gigavatios para el año 2000. Los pedidos para nuevas plantas de 90 a 220 gigavatios habría que hacerla en los próximos años. Sólo alrededor

del 12% del aumento proyectado ocurrirá en los países en desarrollo.

En los países industrializados deberán reaparecer los pedidos de plantas nucleoelectricas. No obstante, no serán factores económicos puramente competitivos los que determinarán la elección de las empresas de servicios públicos. El factor clave será la capacidad de esas empresas para manejar los riesgos económicos que entraña cada proyecto.

Actualmente, algunos proveedores están listos para hacer frente al resurgimiento de los pedidos con plantas estandarizadas (siempre de tamaño superior a los 900 megavatios) y arreglos contractuales y de administración de proyectos bien probados. En los países donde las instalaciones son más pequeñas, seguramente se elegirán plantas estandarizadas de tamaño menor (digamos, de unos 600 megavatios) de conformidad con contratos que harán que los riesgos de los proyectos sean mínimos. Es probable que esas plantas se basen en diseños actuales y pasados de sistemas comprobados de suministro de vapor nuclear.

No parece probable que otros países industrializados inicien programas de energía nucleoelectrica. Los que aún no lo han hecho, han basado su decisión fundamentalmente en los abundantes recursos energéticos que poseen o en las importaciones que se les han garantizado. No obstante, varios nuevos países en desarrollo están estudiando con detenimiento programas nucleoelectricos, a la vez que mantienen una concepción realista acerca de las necesidades que entraña la nueva tecnología. El OIEA estima que de 10 a 20 países están realizando esos estudios y que la mitad de ellos podría adoptar decisiones positivas antes de que finalice el siglo. En casi todos los casos, ello requerirá importantes programas para mejorar la disponibilidad de mano de obra y el apoyo de la industria.

Para mejorar la situación del mercado del uranio se está aumentando el intercambio de informaciones y los contactos entre compradores y vendedores como factor de estabilización. En este aspecto desempeña un destacado papel el Instituto del Uranio, asociación con sede en Londres, Reino Unido. Los compradores que podían hacerlo, han tratado de protegerse contra los cambios en las políticas de exportación de los gobiernos proveedores diversificando las fuentes de suministro, tanto para el uranio como para el enriquecimiento. Sin embargo, ello no es posible en el caso de los pequeños programas energéticos de países en desarrollo, que, para obtener sus garantías, deben depender de la posibilidad de prever las medidas que adoptarán los gobiernos.

La etapa final del ciclo del combustible es una esfera que aún requiere medidas importantes, y en la que sería muy aconsejable la cooperación internacional. Un proyecto de demostración de evacuación de desechos de alto contenido de radiactividad tiene la mayor prioridad. Asimismo, convendría saber los marcos institucionales que serían prácticos y aceptables para llevar a cabo proyectos de cooperación concretos en las etapas finales, comenzando por almacenes internacionales de combustible irradiado sobre los cuales ya el OIEA ha realizado algún trabajo preliminar.