

## Centrales nucleares avanzadas: Aspectos sobresalientes de su desarrollo a nivel mundial

*En muchos países se están diseñando e introduciendo nuevas centrales nucleares aprovechando las mejores características operacionales y de seguridad actuales*

En todo el mundo se realizan ingentes esfuerzos por desarrollar centrales nucleares avanzadas. En ese empeño participan diversas organizaciones, incluidos gobiernos, industrias, compañías eléctricas, universidades, laboratorios nacionales e institutos de investigaciones. Se estima que anualmente los gastos por concepto de desarrollo de nuevos diseños, innovaciones tecnológicas e investigaciones conexas relacionadas con los principales tipos de reactores superan los 1,5 millardos de dólares de los EE.UU.

Por conducto de las actividades que realiza en el marco de su programa nucleoelectrico, el OIEA actúa de fuente internacional de información de referencia objetiva sobre los diferentes conceptos que se están desarrollando y la situación de los proyectos, así como sobre las tendencias de desarrollo características en todo el mundo.

Todo el espectro de diseños o conceptos de centrales nucleares avanzadas abarca diferentes tipos de diseño, a saber, los evolutivos, así como los innovadores que requieren una labor de desarrollo sustancial. Estas dos categorías están divididas por una línea divisoria natural debida a la necesidad de construir y poner en funcionamiento una central prototipo o central de demostración para que un concepto muy innovador alcance su madurez comercial, ya que ese tipo de central reclama la mayor parte de los recursos necesarios. Los diseños de ambas categorías requieren tecnología, y tal vez también actividades de investigación y desarrollo (IyD) y pruebas confirmatorias antes de congelar el diseño, ya sea de la primera central de una línea dada en la categoría evolutiva, o de la central prototipo y/o central de demostración

de la segunda categoría. El volumen de IyD y de pruebas confirmatorias depende del grado de la innovación que se haya de introducir y de la labor conexas ya realizada, o de la experiencia que se pueda aprovechar. Ello es particularmente válido en el caso de los diseños de la segunda categoría, en que es muy posible que todo lo que requiera un concepto sea una central de demostración, en caso de haberse terminado en lo fundamental el proceso de desarrollo y de pruebas confirmatorias. En el otro extremo, además de la tecnología, se requiere una labor de IyD, pruebas de factibilidad, pruebas confirmatorias, y una central prototipo y/o central de demostración. (Véase el cuadro de la página 20) Es preciso realizar distintas tareas, y sus costos correspondientes en términos cualitativos son una función del grado en que se diferencian de los diseños existentes. En particular, los costos se elevan enormemente debido a la necesidad de construir un reactor como parte del programa de desarrollo.

### **Reseña de los programas de desarrollo de reactores refrigerados por agua.**

En varios países industrializados la labor de desarrollo gira fundamentalmente en torno al diseño de grandes unidades de reactores refrigerados con agua ligera (LWR), con potencias muy superiores a los 1000 megavatios eléctricos (MWe). Por lo general, el objetivo es lograr ciertas mejoras con respecto a los diseños existentes, y hacer la menor cantidad posible de reformas y modificaciones al diseño específico con miras a aprovechar al máximo las características y componentes de diseño que hayan dado buen resultado, tomando en cuenta a la vez la retroalimentación de la experiencia en materia de concesión de licencias, construcción, puesta en servicio y funcionamiento de las centrales con reactores refrigerados con agua ligera que se encuentran en explotación.

por  
**Poong Eil Juhn,**  
**Juergen Kupitz**  
y  
**John Cleveland**

El Sr. Juhn es Director de la División de Energía Nucleoelectrica y del Ciclo del Combustible Nuclear del OIEA. El Sr. Kupitz es Jefe de la Sección de Desarrollo de la Energía Nucleoelectrica de esa División. El Sr. Cleveland es funcionario de categoría superior de la Sección. El Sr. Tor Pedersen, que también aportó información al artículo, fue funcionario de la División.

En general, las mejoras de diseño son muy diversas. Los objetivos comunes que se persiguen con los nuevos diseños son: más fiabilidad, características más inocuas, más rentabilidad y el aumento de la seguridad.

**Reactores avanzados refrigerados con agua ligera (ALWR).** En algunos países se están desarrollando diseños de grandes reactores ALWR. También se están desarrollando centrales avanzadas de mediano tamaño, en la mayoría de los casos con gran hincapié en el uso de sistemas de seguridad pasiva y dispositivos de seguridad propios.

**Estados Unidos.** A mediados del decenio de 1980 se iniciaron en los Estados Unidos importantes programas de desarrollo de ALWR. En 1984, Electric Power Research Institute (EPRI), en colaboración con el Departamento de Energía de los Estados Unidos y con la participación de diseñadores estadounidenses de centrales nucleares, inició un programa para establecer los requisitos de las compañías eléctricas respecto de los ALWR a fin de orientar su diseño y desarrollo. En el programa también participaron varias compañías eléctricas extranjeras que contribuyeron a su financiación. Se establecieron los requisitos de las compañías eléctricas respecto de grandes reactores de agua en ebullición (BWR) y reactores de agua a presión (PWR) con potencias nominales de 1200 a 1300 MWe, y respecto de los BWR y PWR de mediano tamaño con potencias nominales de unos 600 MWe.

En 1986, el Departamento de Energía de los Estados Unidos, en colaboración con el EPRI y organizaciones de diseño de reactores, inició un programa de certificación de diseños para centrales evolutivas sobre la base de un nuevo proceso de concesión de licencias, a este programa siguió, en 1990, otro para centrales de mediano tamaño con sistemas de seguridad pasiva. El nuevo proceso de concesión de licencias permite que los diseñadores de centrales nucleares presenten sus diseños a la Comisión Reglamentadora Nuclear de los Estados Unidos (NRC) para su certificación. Una vez certificado el diseño, las unidades normalizadas podrán ponerse en venta, y la compañía eléctrica podrá ordenar una central con la seguridad de que se han resuelto los problemas genéricos de diseño y seguridad. El proceso de concesión de licencias permitirá a la compañía de electricidad solicitar una licencia combinada para construir y explotar una nueva central, y siempre que la central se construya según especificaciones aprobadas previamente, la compañía podrá poner en marcha la central cuando se complete su construcción, suponiendo que no hayan surgido nuevos problemas de seguridad.

Cuatro diseños de reactores avanzados desarrollados en los Estados Unidos han sido presentados a la NRC para su certificación conforme al programa de ALWR del Departamento de Energía de ese país. Dos grandes centrales evolutivas—la System 80+ de ABB-Combustion Engineering y la ABWR de General Electric—recibieron la aproba-

ción de diseño final en 1994 y la certificación de diseño en mayo de 1997. La NRC está examinando la AP-600 de 600 MWe de Westinghouse, y se espera su aprobación de diseño final para marzo de 1998. Hasta mediados de 1996, el BWR simplificado de 600 MWe creado por General Electric también estuvo sometido a examen, pero la compañía dejó de trabajar en la versión de 600 MWe y se dedicó a una unidad de más potencia. El programa tecnológico "primero de su tipo" (FOAKE, diseño detallado necesario para verificar los costos y el calendario de construcción) autorizado en virtud de la Ley de Política Energética de 1992, para el ABWR terminó en septiembre de 1996; respecto del AP-600 se realiza un trabajo similar que debe concluir en 1998. En Taiwan, China, la compañía de electricidad seleccionó recientemente el diseño de ABWR de General Electric para dos nuevas unidades cuya entrada en funcionamiento está prevista para el 2004.

**Francia y Alemania.** En Europa, Framatone y Siemens han formado una empresa mixta, Nuclear Power International, que está desarrollando un nuevo reactor avanzado, el reactor de agua a presión (PWR) europeo, central de 1500 MWe con mejores características de seguridad. Para mediados de 1997 estará a punto el diseño básico que será sometido al análisis conjunto de las autoridades de seguridad de Francia y Alemania. Este procedimiento favorecerá muchísimo la armonización práctica de los requisitos de seguridad de dos importantes países, que más tarde podrían extenderse sobre una base más amplia. Siemens también trabaja, conjuntamente con compañías eléctricas alemanas, en el desarrollo de un diseño de BWR avanzado, el SWR-1000, que incorporará una serie de características de seguridad pasiva para activar las funciones de seguridad, eliminar el calor residual y eliminar el calor de contención.

**Suecia y Finlandia.** En Suecia, ABB Atom, con la participación de la compañía eléctrica Teollisuuden Voima Oy (TVO) de Finlandia, está desarrollando el BWR-90 que es una versión perfeccionada de los BWR en funcionamiento en ambos países.

**República de Corea.** En 1992, la República de Corea comenzó a desarrollar un diseño avanzado conocido como reactor coreano de la próxima generación (KNGR), diseño de PWR de 4000 MWt. En la actualidad, Korea Electric Power Corporation (KEPCO) está desarrollando el diseño básico con el apoyo de la industria nuclear coreana. El objetivo es terminar un diseño tipo detallado en el año 2000.

**Federación de Rusia.** En la Federación de Rusia se está trabajando en el diseño del V-392 evolutivo, versión perfeccionada del VVER-1000, y se está desarrollando otra versión de diseño en cooperación con la empresa finlandesa Imatran Voima Oy (IVO). También se están desarrollando una central de mediano tamaño, el VVER-640 (V-407), diseño evolutivo que incorpora sistemas de seguridad pasiva, y el VPBER-600, que es un

diseño integral más innovador. Se prevé que la construcción de la primera unidad del VVER-640 comience en Sosnovy Bor en 1997. Se está analizando con la República Popular de China la construcción de dos VVER de 1000 MWe.

**Japón.** En el Japón, el Ministerio de Comercio e Industria está llevando a cabo un programa de "modernización tecnológica del LWR" centrado en el desarrollo de los LWR futuros y que incluye requisitos y objetivos de diseño. Las compañías eléctricas japonesas, conjuntamente con proveedores nucleares, están desarrollando un diseño evolutivo de PWR avanzado de 1350 MWe de gran tamaño, y se prevé la construcción de una unidad gemela en el emplazamiento de Tsuruga. Además, en 1991 se inició un estudio sobre el mejoramiento y la evolución del BWR avanzado, que incluye el desarrollo de un BWR de referencia de 1500 MWe que refleja la experiencia acumulada en el funcionamiento y mantenimiento de los BWR. También se encuentran en marcha programas de desarrollo de un BWR (JSBWR) y un PWR (JSPWR) japoneses simplificados, proyectos en los que participan proveedores y compañías eléctricas. El Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica (JAERI) ha venido investigando diseños conceptuales de reactores refrigerados por agua avanzados que hacen hincapié en los sistemas de seguridad pasiva, a saber, el Reactor de Seguridad Pasiva (JPSR) y el PWR de Sistema Integrado (SPWR) del JAERI.

**China.** El Instituto de Energía Nuclear (Chengdu) de China está desarrollando el PWR avanzado AC-600, que incorpora sistemas de seguridad pasiva para la eliminación de calor.

En todos estos países, los LWR avanzados que se están desarrollando incorporan importantes simplificaciones de diseño, aumentan los márgenes de diseño, e introducen diversas mejoras de procedimiento técnico y operacional. Entre ellas cabe mencionar un mejor comportamiento del combustible y mejor quemado, mejor interfaz hombre-máquina con el empleo de computadoras y mejores medios de visualización de la información, mejor normalización de las centrales, y mejores posibilidades de construcción y mantenimiento, así como una más alta calificación de los operadores y el perfeccionamiento de la capacitación de éstos mediante simuladores.

**Reactores refrigerados por agua pesada (HWR).** Además de los reactores refrigerados por agua ligera, la tecnología de los HWR también ha demostrado ser económica, segura y fiable. Aproximadamente el 7% de todas las centrales en explotación son HWR. Se ha establecido una base de infraestructura y reglamentación de eficacia comprobada en varios países, sobre todo en el Canadá, pionero del desarrollo del concepto HWR. Se han desarrollado dos tipos de HWR comerciales, a saber, la versión de tubos de presión y la de vasijas de presión, y ambas han quedado plenamente comprobadas. Existen HWR con potencias nominales que oscilan entre

unos cuantos cientos de MWe hasta aproximadamente 900 MWe. La moderación del agua pesada hace que se logre una buena economía de neutrones y ha permitido utilizar uranio natural como combustible, lo que reduce los costos por ese concepto en comparación con los LWR. Con todo, la cantidad de material fisionable es bastante limitada y, por ende, los diseños de tubos de presión están utilizando la recarga en servicio a fin de lograr una correcta reactividad de la explotación de la central. Se ha demostrado satisfactoriamente la efectividad de esta recarga en servicio. Los factores de carga anuales y de vida útil de la mayoría de los HWR de tubos de presión han figurado entre los mejores de todos los tipos de reactores comerciales. Su comportamiento en materia de seguridad también ha demostrado ser muy bueno.

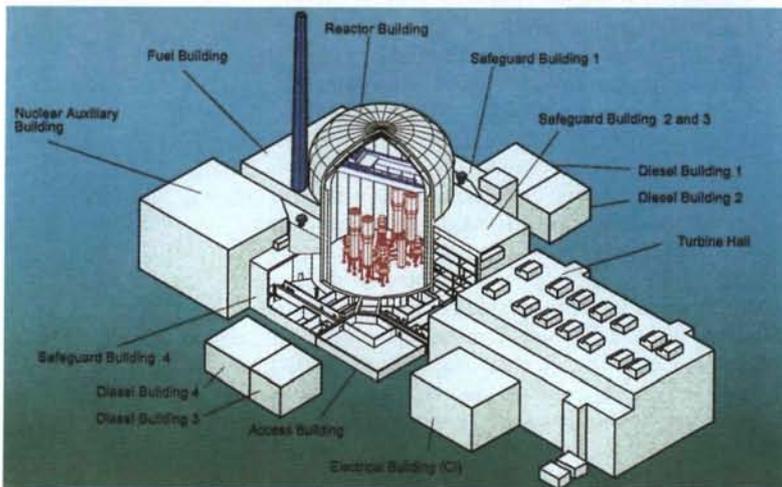
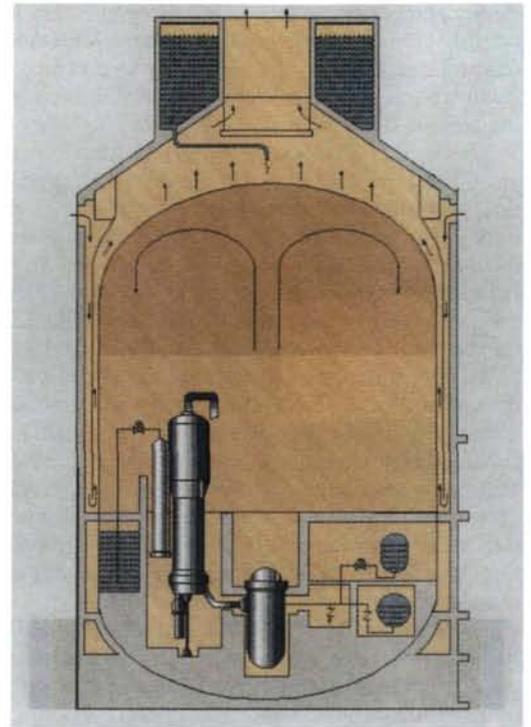
**Canadá.** El diseño continuo y el programa de desarrollo de los HWR en el Canadá están dirigidos fundamentalmente a la disminución de los costos de las centrales y al mejoramiento evolutivo del comportamiento y la seguridad de éstas. En Qinshan, China, se están construyendo dos nuevas unidades CANDU-6 de 715 MWe que incluyen mejoras con respecto a versiones anteriores de este modelo. Se sigue trabajando en la tecnología básica inicial del reactor CANDU-9 de 935 MWe, una adaptación de una sola unidad de las unidades de reactor en funcionamiento en Darlington, Canadá. En enero de 1997, la Comisión de Seguridad Nuclear del Canadá terminó el examen de dos años de duración de las posibilidades de concesión de licencias, y llegó a la conclusión de que el CANDU-9 reúne los requisitos para la concesión de licencias establecidos en el país. Se siguen estudiando versiones avanzadas de esos modelos de reactor con miras a incorporar nuevas mejoras evolutivas y aumentar hasta 1300 MWe la potencia del reactor más grande.

**India.** En la India también se está desarrollando un HWR de 500 MWe avanzado, y se prevé la construcción de ese tipo de unidades. Este diseño de HWR aprovecha las experiencias de las centrales HWR de 220 MWe de diseño autóctono que funcionan en el país.

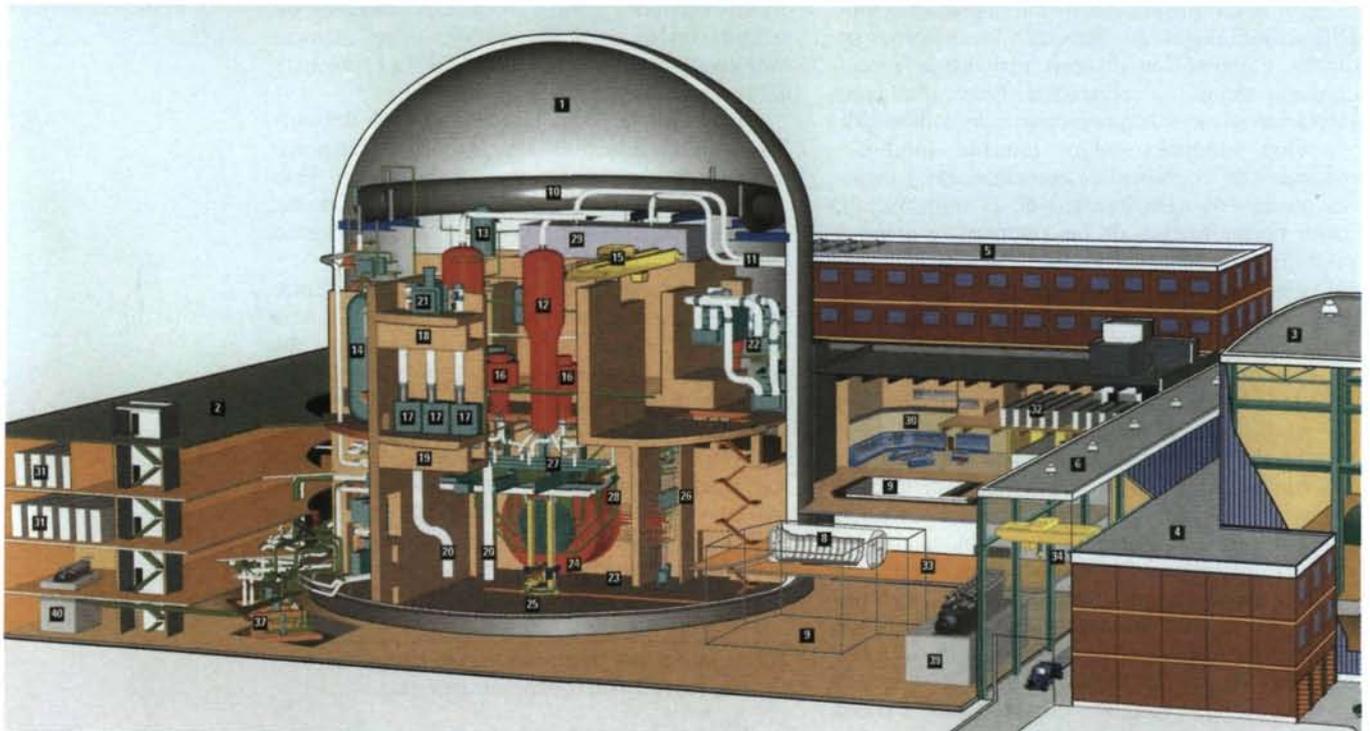
**Últimos acontecimientos importantes.** Entre los acontecimientos importantes de 1996 en la esfera de los reactores refrigerados por agua cabe mencionar la puesta en marcha de nuevas centrales en varios países: el PWR Genkai-4 de 1130 MWe, y los primeros dos reactores de agua en ebullición (ABWR) avanzados de 1315 MWe en Kashiwazaki Kariwa, Japón; el primer PWR N4 de 1455 MWe en Chooz, Francia; el HWR Cernavoda-1 de 650 MWe en Rumania; y el PWR Watts Bar-1 de 1165 MWe en los Estados Unidos.

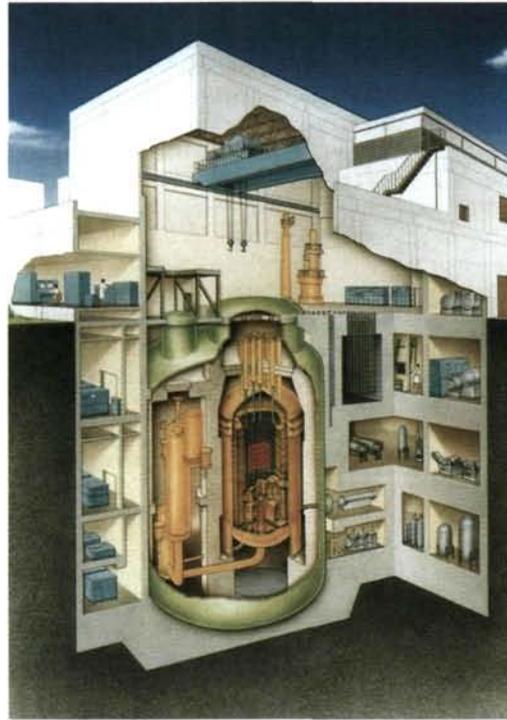
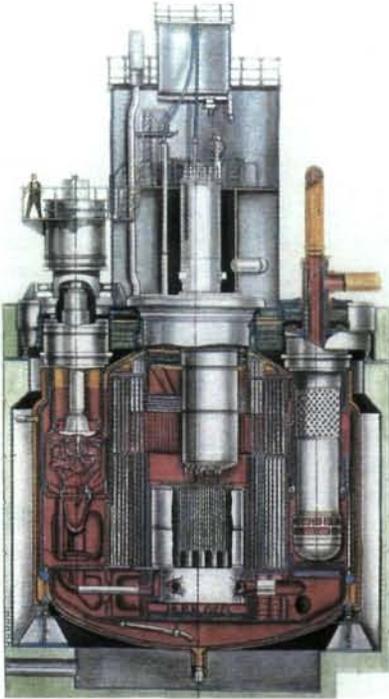
#### Reseña de los programas de desarrollo de reactores refrigerados por gas

Importantes actividades están teniendo lugar



En esta página: Entre los reactores avanzados que se están desarrollando en el mundo se encuentran (a partir del margen izquierdo superior y en el sentido de las manecillas del reloj) el reactor avanzado de agua en ebullición (Japón); el AP-600 (Estados Unidos); el reactor de agua pesada CANDU-9 (Canadá); y el reactor de agua a presión europeo, desarrollado conjuntamente por Francia y Alemania. En la siguiente página: Diagrama del reactor reproductor rápido BN-600 (Rusia); diagrama del HTTR del Japón; y foto de los trabajos en el HTR-10 de China. (Cortesía: TEPCO; Westinghouse; AECL; NPI; Minatom; JAERI; INET)





en el proceso de desarrollo de los reactores de alta temperatura refrigerados por gas (HTGR), en particular con respecto a la utilización del reactor refrigerado por gas para lograr una elevada eficiencia en la generación de electricidad y las aplicaciones del calor para procesos industriales. Los adelantos tecnológicos en materia de procesos y diseño de componentes –unidos a la capacidad internacional para fabricar, ensayar y adquirir los

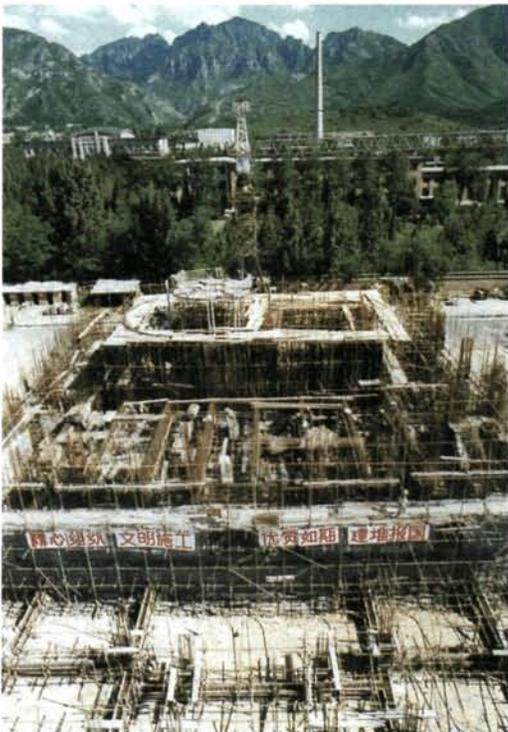
componentes– proporcionan una excelente oportunidad para lograr la comercialización del HTGR.

**Reino Unido, Alemania y Estados Unidos.** Los reactores refrigerados por gas llevan muchos años en explotación. En el Reino Unido, la electricidad nuclear se genera mayormente en reactores magnox enfriados por  $\text{CO}_2$  y en reactores avanzados refrigerados por gas (AGR). Otros países también han tratado de desarrollar reactores de alta temperatura refrigerados por gas (HTGR), utilizando helio como refrigerante y grafito como moderador. El reactor AVR de 13 MWe ha funcionado satisfactoriamente en Alemania durante 21 años, con lo que ha quedado demostrada la aplicación de la tecnología de los HTGR para la producción de electricidad.

Entre otros reactores refrigerados por helio y moderados con grafito, cabe mencionar el reactor de torio de alta temperatura de 300 MWe, en Alemania, y las centrales Peach Bottom de 40 MWe y Fort St. Vrain de 330 MWe en los Estados Unidos.

**Sudáfrica.** En Sudáfrica, la gran compañía eléctrica nacional Eskom, con una potencia de generación instalada de alrededor de 38 000 MWe, está llevando a cabo una evaluación técnica y económica de un reactor modular de lecho de bolas refrigerado por helio que se acoplaría directamente a un sistema de conversión energética por turbina de gas, con miras a estudiar la posibilidad de aumentar la capacidad del sistema eléctrico de la compañía.

**China y Japón.** En China y el Japón se están construyendo reactores de prueba que tendrán la capacidad de lograr temperaturas de salida del núcleo de  $950^\circ\text{C}$  para la evaluación de las aplicaciones del calor nuclear para procesos industriales. Continúa la construcción del reactor de alta



temperatura (HTR-10) de China en el Instituto de Tecnología de la Energía Nuclear (INET) y su criticidad inicial se prevé para 1999. Este reactor de lecho de bolas de 10 MWt se utilizará para ensayar y demostrar la tecnología y las características de seguridad del HTGR. El INET está trabajando en el desarrollo del HTGR con miras a evaluar una amplia gama de aplicaciones, entre ellas, la generación de electricidad, la producción de vapor y calefacción urbana, el funcionamiento del ciclo combinado de turbina de gas y de vapor, y la generación de calor para procesos industriales con vistas al tratamiento del metano. El HTR-10 será el primer HTGR que recibe licencia y se construye en China.

El objetivo primordial del programa japonés de I+D sobre el HTGR es la terminación del reactor de ensayo técnico de alta temperatura (HTTR) en el emplazamiento del Instituto Japonés de Investigaciones de la Energía Atómica (JAERI), en Oarai, Japón. Este reactor refrigerado por helio de 30 MWt se utilizará para establecer y perfeccionar la tecnología para el desarrollo de HTGR avanzados, así como para demostrar la eficiencia de sistemas seleccionados de utilización del calor en régimen de alta temperatura. Se prevé que en 1997 se comience la carga de combustible del HTTR, y que alcance su criticidad inicial para finales de año. El programa de pruebas físicas de la puesta en marcha del HTTR continuará después durante todo 1998.

### Reseña de los programas de desarrollo de reactores refrigerados por metal líquido

Durante muchos años se han venido desarrollando los reactores rápidos refrigerados por metal líquido (LMFR) en varios países. Se han construido y están en funcionamiento 20 LMFR, incluidos cinco prototipos con una potencia eléctrica de entre 250 y 1200 MWe, que han acumulado unos 280 años-reactor de experiencia operacional.

En la mayoría de los casos la experiencia general ha sido muy satisfactoria. La nueva puesta en marcha y el funcionamiento estable del primer gran reactor rápido de demostración Superphenix (1200 MWe) en Francia es un importante logro en la tecnología de los LMFR. El reactor rápido de demostración BN-600 en Rusia, con una potencia de 600 MWe ha funcionado satisfactoriamente durante 16 años con un factor de carga medio del 77%. En los últimos años se han realizado considerables esfuerzos en Francia, la Federación de Rusia, el Japón, los Estados Unidos y la India por reducir los costos de inversión de los LMFR avanzados. Los diseños más modernos del LMFR, como el proyecto del reactor rápido europeo (EFR), están a punto de ser económicamente competitivos con respecto a otros tipos de reactores.

Varios países ejecutan importantes programas de desarrollo tecnológico de LMFR, en particular

Francia (en colaboración con una labor menos intensa de Alemania, el Reino Unido, y otros países europeos), y la Federación de Rusia, el Japón y la India. Se siguen realizando actividades en menor escala en algunos otros países.

A corto y mediano plazos, puede utilizarse la flexibilidad de los LMFR para la gestión del plutonio y de los desechos radiactivos, así como para el logro de otros objetivos futuros. En dependencia de la geometría y composición de sus núcleos, los reactores rápidos a determinada potencia nominal y con un núcleo de determinado tamaño pueden aumentar, mantener o disminuir el inventario de transuránicos. Aprovechando esta flexibilidad, las cargas de los reactores rápidos se pueden configurar/componer de diversas formas para producir coeficientes de conversión transuránicos de menos o más de uno. Si el coeficiente de conversión es mayor que uno, el sistema del reactor se convertiría en reproductor y generaría materiales fisionables como resultado del aumento de la demanda de combustible nuclear (potencia). Si es menor que uno, el reactor rápido se convertiría en quemador y podría reducir las existencias de materiales fisionables (así como de actínidos).

**China.** En China, la labor de investigación básica sobre los LMFR comenzó en 1964. Desde entonces, y hasta 1987, se ha trabajado fundamentalmente en la neutrónica, la termohidráulica y la tecnología del sodio. Durante 1991-1992 se terminó el diseño conceptual del reactor rápido experimental chino (CEFR) de 15 MWe, y durante 1992-1993 se confirmó el diseño conceptual y se realizaron estudios de optimización. A partir de 1993, se ha venido trabajando intensamente en la preparación de un diseño detallado.

**Francia.** En Francia se está aplazando la introducción a escala comercial de los LMFR. Entretanto, se está desarrollando la aplicación de otro importante aspecto de estos reactores, a saber, la transmutación de los desechos nucleares de período largo y la quema de plutonio. Los programas actuales sobre el funcionamiento del Superphenix (SPX) de 1200 MWe y el Phenix de 350 MWt reflejan esos requisitos. Uno de los objetivos de extender la vida útil del reactor Phenix en diez años más es realizar los experimentos de irradiación necesarios.

**India.** En la India está funcionando el reactor reproductor rápido de prueba (FBTR). Los principales programas técnicos son el desarrollo del combustible, la irradiación de materiales y la tecnología del sodio. La introducción de los FBR está vinculada a su aceptabilidad económica. Ya se han seleccionado las características de diseño básicas del reactor-prototipo reproductor rápido (PFBR) de 500 MWe. En 1997-1998 se hará hincapié en el diseño detallado, el desarrollo tecnológico, la tecnología del sodio, y la tecnología de los materiales. Un objetivo importante es reducir el tiempo de construcción.

**Japón.** En el Japón, el prototipo LMFR "Monju" con una potencia de 280 MWe alcanzó su cri-

tividad inicial en abril de 1994 y fue conectado a la red en agosto de 1995. En diciembre de 1995 se interrumpió el funcionamiento del reactor debido a una fuga en el sistema de refrigeración secundario no radiactivo. Se está trabajando en el diseño de un reactor reproductor rápido de demostración (DFBR) de 660 MWe, que previsiblemente se construirá a principios del próximo siglo. Además de esta línea principal de trabajo de desarrollo, se están llevando a cabo estudios relativos al desarrollo de una tecnología que pueda satisfacer las diversas necesidades de la sociedad futura, entre las que cabe mencionar la disminución de los efectos ambientales y la garantía de la no proliferación nuclear, exigencias éstas que amplían las opciones tecnológicas.

**República de Corea.** La República de Corea tiene previsto desarrollar para el año 2001 el diseño conceptual de su primer reactor reproductor rápido, la central Kalimer de 330 MWe. Su construcción está planificada de modo que alcance su criticidad durante el 2011.

**Federación de Rusia.** La experiencia de Rusia en la explotación de reactores rápidos experimentales y prototipo (BR-10, BOR-60 y BN-600) ha sido muy buena. La labor ahora está encaminada a mejorar la seguridad y la fiabilidad, y a lograr que los LMFR sean económicamente competitivos respecto de otras fuentes de energía. Aunque esta labor llevaría cierto tiempo, se prevé el uso de los LMFR a corto plazo para quemar plutonio y actínidos menores.

**Estados Unidos.** En 1993, el gobierno de los Estados Unidos expresó que se autorizaba financiación federal para el desarrollo de reactores sólo en caso de proyectos con posibilidades de aplicación comercial a corto plazo. Como consecuencia, se detuvieron los programas de los LMFR y del reactor rápido de intercambiador integrado (IFR) avanzados. Así y todo, General Electric Company sigue adelante con su importante programa de diseño y desarrollo basado en las tecnologías del LMFR y el IFR avanzados, en colaboración con asociados de ultramar.

### Actividades del OIEA en apoyo al desarrollo de la tecnología nucleoelectrónica

Como foro internacional para el intercambio de información científica y técnica, el OIEA se encarga de reunir a expertos en aras de un intercambio de información mundial sobre los programas nacionales, las tendencias en materia de requisitos de seguridad y de los usuarios, el efecto de los objetivos de seguridad en el diseño de las centrales, y de la coordinación de programas de investigación sobre la tecnología de reactores avanzados.

Las actividades en las esferas del desarrollo de la tecnología nucleoelectrónica se basan en las recomendaciones de los Grupos internacionales de trabajo (GIT). Comités integrados por representantes prominentes de programas nacionales y organizaciones internacionales para cada tipo principal de reactor.

Para apoyar su función en el intercambio de información, el OIEA preparó recientemente dos documentos técnicos –*Status of Advanced Light Water Reactor Designs* y *Fast Reactor Database*. Entre los temas que se analizarán en 1997 se encuentran el perfeccionamiento de los componentes y las tecnologías de los sistemas de reactores con miras a mejorar la disponibilidad y fiabilidad de los reactores actuales y futuros.

**Mejoramiento de la comunicación.** Términos como diseños evolutivos, diseños pasivos y diseños innovadores se han empleado ampliamente para describir las centrales nucleares avanzadas, por lo general sin definirlos y a veces con usos incompatibles entre sí. Habida cuenta de la importancia de la comunicación para el público y los círculos técnicos en general, es conveniente lograr una coherencia y un consenso internacional respecto de los términos que se empleen para describir las diversas categorías de diseños avanzados.

En 1991, con el asesoramiento de organizaciones de diseño de reactores, institutos de investigaciones y organizaciones gubernamentales, el OIEA publicó un documento titulado *Safety Related Terms for Advanced Nuclear Power Plants*, que se está utilizando mucho. Más recientemente, aplicando el mismo enfoque de obtener asesoramiento de las partes pertinentes, el OIEA publicó *Terms for Describing New Advanced Nuclear Power Plants*. El documento tiene el propósito concreto de aclarar el significado de los términos estableciendo distinciones entre las fases de diseño que reflejan el grado de madurez de éstos; por ejemplo, si se trata de diseños innovadores con algunas características aún por probar, o si son evolutivos en el sentido de que conservan muchas características probadas de las centrales existentes.

**Investigaciones en cooperación.** Los GIT recomiendan al OIEA que establezca programas de cooperación internacionales para las investigaciones en esferas de interés común. Estas actividades de cooperación se llevan a cabo por conducto de los Programas coordinados de investigaciones (PCI), que por lo general duran de tres a seis años y suelen incluir actividades experimentales. Esos PCI permiten trabajar de consuno a nivel internacional y aprovechar la experiencia y los conocimientos especializados de los investigadores de los institutos participantes.

Por ejemplo, el OIEA ha coordinado la labor encaminada a reunir y sistematizar una base de datos, que luego se publicó, sobre las propiedades termofísicas de una gran diversidad de materiales para reactores de agua ligera y pesada en una amplia gama de temperaturas. En el caso de los reactores refrigerados por metal líquido, también se han publicado recientemente los resultados de las actividades de cooperación sobre el comportamiento de los materiales. En otros programas de cooperación, el OIEA está estableciendo conjuntos de relaciones termohidráulicas para reactores refrigerados por

### Diseño avanzado

En estos momentos se están desarrollando diferentes tipos de nuevas centrales nucleares a las que suele denominárseles reactores avanzados. En términos generales, el diseño de una central avanzada es un diseño de interés actual que debe introducir mejoras con respecto a sus predecesores y/o a los diseños existentes. Los diseños avanzados consisten en diseños evolutivos y diseños que exigen una labor sustancial de desarrollo. En el caso de estos últimos, puede tratarse desde modificaciones moderadas de diseños existentes hasta conceptos de diseño totalmente nuevos. Se distinguen de los diseños evolutivos en que se requiere una central prototipo o central de demostración, o en que el trabajo realizado resulta insuficiente para determinar si se requiere o no esa central.

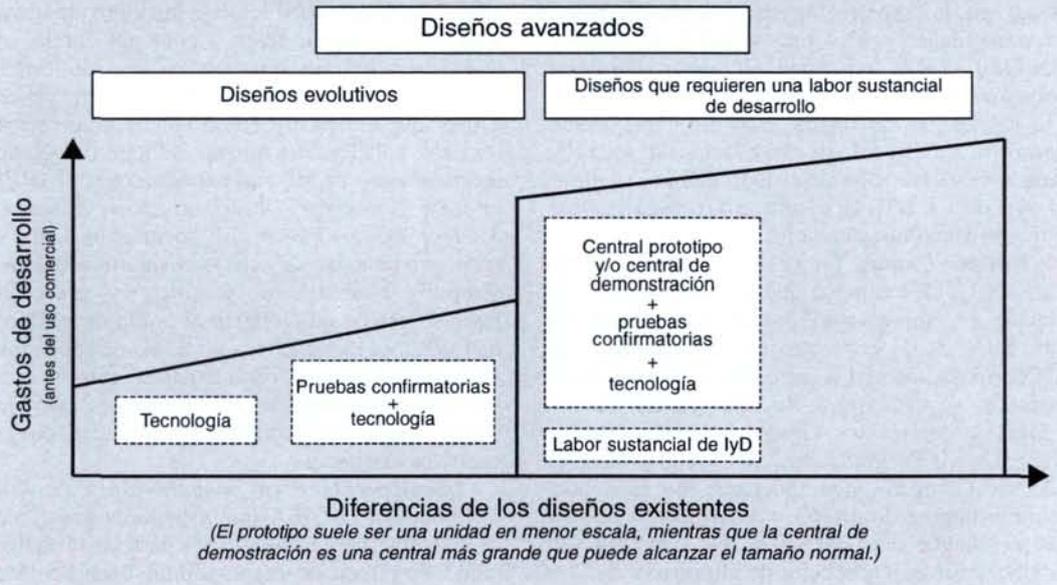
### Diseño evolutivo

El diseño evolutivo es un diseño avanzado cuyas mejoras en relación con los reactores existentes las logra con modificaciones pequeñas o moderadas y sobre todo manteniendo características de diseño comprobadas que minimicen los riesgos tecnológicos. El desarrollo de un diseño evolutivo requiere a lo sumo pruebas tecnológicas y confirmatorias.

### Diseño innovador

El diseño innovador es un diseño avanzado que incorpora cambios conceptuales radicales en los enfoques de diseño o la configuración del sistema en comparación con la práctica existente. Probablemente se requiera un buen volumen de IyD, pruebas de factibilidad y una central prototipo o central de demostración.

**Actividades y gastos de desarrollo de los diseños avanzados contra diseños con algunas diferencias de los existentes**



agua y reactores refrigerados por metal líquido que resultan útiles para el análisis de la seguridad y el comportamiento de los reactores. En la esfera de los reactores refrigerados por gas, la atención se ha centrado en las cuatro esferas técnicas específicas que si bien se prevé que doten al HTGR avanzado de un elevado grado de seguridad, aún deben ser comprobadas. Estas esferas técnicas son: comportamiento físico neutrónico seguro del núcleo del reactor; fiabilidad de las partículas de combustible de revestimiento de cerámica para retener los productos de fisión incluso en condiciones de accidente extremas; capacidad de los diseños para disipar el calor de desintegración mediante mecanismos naturales de transferencia del calor, y comportamiento seguro del combustible y del núcleo del reactor bajo ataque químico (por aire o por agua). Las actividades relacionadas con las aplicaciones de

HTGR se centran en el diseño y la evaluación de los sistemas de utilización del calor de los HTTR japoneses.

Todas estas actividades apuntan a la cooperación a nivel mundial para el desarrollo de tipos avanzados de reactores nucleares. En la medida en que los países avancen con sus planes y se introduzcan nuevas centrales, cabe esperar un ulterior perfeccionamiento en esferas de la economía, la fiabilidad y la seguridad de las centrales. Por conducto de sus grupos internacionales de trabajo sobre reactores avanzados, el OIEA fomentará el intercambio internacional de información sobre tecnología comercial y las investigaciones no en cooperación. También ayudará a los países a conciliar las necesidades de los usuarios, y a conservar la información tecnológica fundamental sobre los sistemas nucleoelectrónicos avanzados.