

Perspectiva de la energía nuclear y los nuevos reactores

José López Jiménez y José Cobián

El crecimiento futuro de la generación de electricidad se basa fundamentalmente en las incorporaciones graduales a la red de las centrales que hoy en día se encuentran en fase de construcción y planificación, y que constituirán el futuro parque de centrales nucleares. Según la OIEA, existen 34 centrales en construcción, 81 con los permisos necesarios y la financiación, y 223 propuestas con compromiso firme de ejecución, pero en fase inicial de obtención de permisos y financiación. Estas cifras indican un considerable incremento sostenido en las próximas décadas, que se caracteriza por la incorporación de nuevos países al club nuclear y por el aumento del peso específico de los países asiáticos. Durante esta fase expansiva, se están utilizando y utilizarán diseños de la generación III y III+, que incorporan la experiencia adquirida por las centrales en operación e introducen innovaciones importantes en cuanto a la racionalización, eficiencia y seguridad nuclear, con especial énfasis en la seguridad pasiva. En una fase posterior, se emplearán los reactores de IV generación, actualmente en desarrollo. Se trata de reactores de varios tipos (rápidos, de altas temperatura, etc.), que tienen el objetivo de mejorar aun más los conceptos de sostenibilidad, economía, seguridad y fiabilidad. Es fácil concluir que la situación descrita está conduciendo a un resurgimiento de la energía nuclear hasta cotas difícil de imaginar hace unos años.

Future nuclear energy growth will be the result of the contributions of every single plant being constructed or projected at present as it is connected to the grid. As per IAEA, there exists presently 34 nuclear power plants under construction, 81 with the necessary permits and funding and 223 proposed, which are plants seriously pursuing permits and financing. This means that in a few decades the number of nuclear power plants in operation will have doubled. This growth rate is characterised by the incorporation of new countries to the nuclear club and the gradually increasing importance of Asian countries. During this expansive phase, generation III and III+ designs are or will be used. These designs incorporate the experience from operating plants, and introduce innovations on rationalization, design efficiency and safety, with emphasis on passive safety features. In a posterior phase, generation IV designs, presently under development, will be employed. Generation IV consists of several types of reactors (fast reactors, very high temperature reactors, etc), which will improve further sustainability, economy, safety and reliability concepts. The described situation seems to lead to a renaissance of the nuclear energy to levels hardly thinkable several years ago.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial y la elevación del nivel de vida han contribuido en forma decisiva al aumento de la demanda de energía primaria en general y de energía eléctrica en particular. Esta demanda se satisface utilizando las fuentes de energía disponibles, de las cuales, los combustibles fósiles, y en especial el petróleo y el gas, han tenido y tienen un papel predominante. Como contrapartida a las grandes reservas existentes de este tipo de combustibles, se encuentran la volatilidad de sus precios, la incertidumbre de sus suministros y la gran dependencia que tienen del Oriente Medio donde se concentran más de dos tercios de las reservas mundiales. La vulnerabilidad de muchos paí-

ses a estos factores suscita serias preocupaciones geopolíticas.

La planificación del suministro eléctrico de los países requiere el análisis de varios factores, entre los que destacamos los siguientes: la competitividad económica de las diferentes fuentes de energía disponibles, la repercusión que las opciones disponibles tienen sobre el desarrollo económico y social, y el efecto sobre el medio ambiente.

En el momento actual, es preciso también considerar otros factores de orientación más bien de orden político como la problemática de la creciente liberalización de los mercados energéticos, la aceptación pública de las diferentes tecnologías, y el impacto que en ellas puede tener el protocolo de Kioto. Cabe decir



JOSÉ LÓPEZ JIMÉNEZ es Doctor por las universidades de París y Madrid. Actualmente, es jefe de la División PIMIC para el desmantelamiento del CIEMAT y colaborador de la SNE como presidente de la Comisión de Publicaciones. Ha participado en proyectos de I+D, nacionales e internacionales, y pertenecido a comités, como al Comité Científico y Técnico de EURATOM, TSOG y LOBI de la UE y al Grupo de la OCDE para el reactor Jules Horowitz.



JOSÉ COBIÁN ROA es Doctor Ingeniero por la ETSII de Madrid, Masters of Science y Doctor of Philosophy en Ingeniería Nuclear por la Universidad de Northwestern (EE.UU.). Trabajó en Ingeniería y Proyecto de los Componentes Principales de centrales nucleares en Babcock Wilcox, Bilbao, y 26 años en Westinghouse, ocupando la Jefatura de los Departamentos de Seguridad Nuclear, de Ingeniería y la dirección del Departamento de Apoyo a Almaraz I y II. Desde el año 2003 es Profesor de la Universidad Antonio de Nebrija (Madrid).

aquí que el buen comportamiento de la energía nuclear frente al conjunto de estos factores es lo que ha promovido el interés de muchos países por esta fuente de energía.

IMPLANTACIÓN MUNDIAL

Desde el comienzo de la explotación comercial de la energía nuclear hace cinco décadas, su utilización ha ido creciendo hasta la situación actual. A septiembre de 2007, había 31 países con un total de 439 centrales nucleares en operación comercial, cuatro más que a finales del 2006, ya que tres centrales nuevas (Caiga 3, Tianwan 2 y Cernavoda 2, de India, China y Rumania, respectivamente) y una antigua que había estado parada (Browns Ferry 1 de EE.UU.), se han conectado a la red en el año actual. La energía generada por las centrales nucleares en el año 2006 ha sido de 2.658 TWh, lo cual supone un 16% de toda la electricidad generada en todo el mundo en dicho año.

La tabla 1 da una visión de la contribución de la energía nuclear a la generación de energía eléctrica mundial a fecha de agosto de 2007. Se incluye en ella la lista de países que utilizan la energía nuclear, el número y potencia de centrales en operación en cada uno de ellos, junto con la energía eléctrica de origen nuclear generada durante el año pasado y la contribución en porcentaje de la parte nuclear respecto de la energía eléctrica total. Los datos de la tabla nos muestran el alcance en la explotación de esta fuente de energía.

El parque nuclear mundial de centrales en operación se puede agrupar en seis grandes tipos de centrales, como se menciona a continuación, y en la figura 1; se incluye entre paréntesis el número de centrales de cada tipo:

- PWR: Reactor de agua a presión de origen americano (214). Al reactor de agua a presión de tipo ruso se le conoce con las siglas PWR-VVER (50). Se trata de reactores moderados y refrigerados por agua a presión (264).

- BWR: Reactor de agua en ebullición de origen americano (94). Existe un modelo avanzado de agua en ebullición (ABWR) con cuatro unidades en funcionamiento.

- PHWR (1) y CANDU (Canada Deuterium Uranium) (42): Reactores de agua a presión como refrigerante y agua pesada como moderador de origen alemán y canadiense (43).

- GCR: Reactor refrigerado por gas y moderado por grafito de origen británico. Al avanzado se le conoce con las siglas AGR (18).

- LWGR (o RBMK): Reactor refrigerado por agua en ebullición moderado por grafito de origen ruso (16).

- FBR: Reactor reproductor rápido

Tabla 1: Centrales nucleares en operación comercial y construcción (agosto 2007) (Potencia > 5 MWe).

País	Generación de energía eléctrica nuclear en 2006		Centrales en operación (agosto 2007)		Centrales en construcción (agosto 2007)	
	TWh	% e total	Número	Potencia neta MWe	Número	Potencia neta MWe
Argentina	7,2	6,9	2	935	1(*)	692
Armenia	2,4	42	1	376	0	0
Bélgica	44,3	54	7	5.728	0	0
Brasil	13,0	3,3	2	1.901	0	0
Bulgaria	18,1	44	2	1.906	0	0
Canadá	92,4	16	18	12.595	2	1.540
China	51,8	1,9	11	8.587	5	4.540
China: Taiwán	38,3	20	6	4.884	2	2.600
República Checa	24,5	31	6	3.472	0	0
Finlandia	22	28	4	2.696	1	1.600
Francia	428,7	78	59	63.473	1	1.630
Alemania	158,7	32	17	20.339	0	0
Hungría	12,5	38	4	1.826	0	0
India	15,6	2,6	17	3.779	6	2.976
Irán	0	0	0	0	2	915
Japón	291,5	30	55	47.577	3	2.285
Corea del Sur	141,2	39	20	17.533	0	3.000
Lituania	8	69	1	1.185	0	0
Méjico	10,4	39	2	1.310	0	0
Holanda	3,3	3,5	1	485	1	0
Pakistán	2,6	2,7	2	400	0	300
Rumanía	5,2	9	2	1.310	7	0
Rusia	144,3	16	31	21.743	2	4.920
Eslovaquia	16,6	57	5	2.064	0	840
Eslovenia	5,3	40	1	696	0	0
África del Sur	10,1	4,4	2	1.842	0	0
España	57,4	20	8	7.442	0	0
Suecia	65,1	48	10	9.086	0	0
Suiza	26,4	37	5	3.220	0	0
Ucrania	84,8	48	15	13.168	0	0
Reino Unido	69,2	18	19	11.035	0	0
EEUU	787,2	19	104	99.049	0	0
Total	2.658	16	439	372.002	34	27.838

(*) en moratoria

refrigerado por sodio (diseños de origen japonés, francés y ruso) (4).

La cantidad de energía eléctrica nuclear vertida a la red depende de la magnitud del parque de centrales en funcionamiento, que está sujeto a cambios continuos: por una parte, se construyen nuevos reactores y por otra se licencian los que han alcanzado su vida útil. Otros

factores, como la extensión de la vida de las plantas y el aumento de la capacidad de las mismas, incrementan la producción y tornan al parque más eficiente.

Los programas de *extensión de vida* implantados en numerosos países, que amplían la vida de las plantas de 40 a 60 años, vienen avalados por la viabilidad técnica y económica para reemplazar

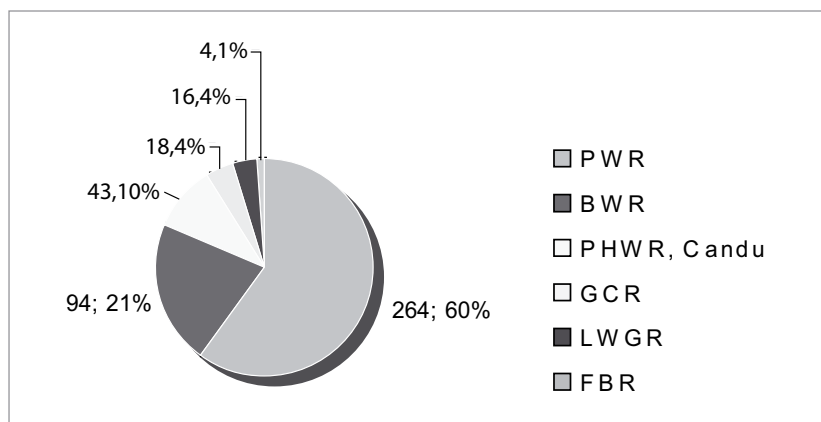


Figura 1: Centrales nucleares en operación por tipo de reactor en el mundo (Agosto 2007) (Potencia > 5 MWe).

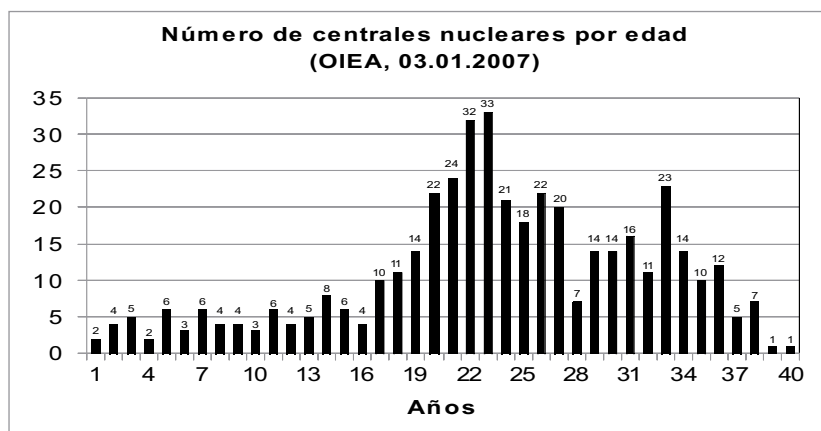


Figura 2: Edad de los reactores en operación en el mundo (2007). (Potencia > 5 MWe).

grandes componentes como generadores de vapor y otros. En Estados Unidos, cerca de 50 plantas han renovado la licencia para prolongar su periodo de operación original de 40 a 60 años, y otras esperan soluciones similares. En Japón se pretende llegar a los 70 años. De igual modo, 15 de los más antiguos reactores rusos han visto prolongada su vida de 30 a 45 años. Por el contrario, factores económicos y en ocasiones políticos han conducido al cierre de algunas plantas antes del tiempo de funcionamiento autorizado. Similares programas se han practicado en las plantas españolas.

La figura 2 muestra el número de centrales a nivel mundial por su edad y permite visualizar la repercusión de la extensión de vida de las centrales en el mundo; en ella se aprecia que casi un tercio de las plantas sobrepasa los treinta años de vida útil.

En gran número de países, el *incremento de potencia* de las plantas actuales ha venido como resultado de los planes de mejora y modernización de sus parques nucleares. Esta ventajosa estrategia ha sido seguida, entre otros, por países como EE.UU., Bélgica, Suecia, Alemania y España. En EE.UU., la NRC ha aprobado el aumento de

potencia a 110 plantas, que totalizan 4.700 MWe de incremento; Suiza ha visto aumentada la potencia de sus cinco reactores en un 12,3%; en Finlandia, la planta de Olkiluoto en más del 5% y Loviisa en un 10%; en Suecia, los planes abarcan a las unidades de Forsmark, con aumentos del 13% (410 MWe) y de Oskarshamn-3, con el 21%. España, que no ha sido ajena a esta tendencia, ha incrementado la potencia en sus plantas en unos 600 MWe, al día de hoy.

Un aspecto que ha influido positivamente en el parque de centrales en los últimos años ha sido la vuelta a operación de casi una decena de plantas en parada prolongada, principalmente en Estados Unidos.

Obviamente, la clausura de las plantas es un término que resta magnitud al parque nuclear. El programa de *clausura* a lo largo del tiempo ha constituido un capítulo muy importante de la industria nuclear en el mundo, donde son aspectos esenciales la restauración de los emplazamientos y el almacenamiento de los residuos radiactivos generados. A finales de 2006, la clausura de centrales, a escala mundial, abarcaba a 19 países y a un número total de 123 plantas, de una potencia bruta de 38.541 MWe y 36.155 MWe neta. Destacan, por su elevado número de clausuras, países como EE.UU., con 29 plantas; Reino Unido, con 26; y Francia y Rusia con seis. En la mayoría de los casos, se trata de plantas de pequeña potencia pertenecientes a las *generaciones primera y segunda*, construidas entre los años 1950 y 1970. En España, se han cerrado para clausura Vandellós 1 (GCR, 500 MWe, 1972-1989), ya desmantelada, y José Cabrera (PWR, 160-150,1 MWe, 1968-2006), en inicio de desmantelamiento.

CENTRALES EN CONSTRUCCIÓN

Hay que considerar que el tiempo de construcción de una central se ha reducido mucho en los diseños actuales, por lo que estas centrales se incorporarán en menos tiempo a la red desde el momen-

Tabla 2: Tipos de reactores en construcción en el mundo (Potencia > 5 MWe).

Tipo	Número	Potencia bruta MWe	País
PWR, EPR	14	12 904	China (5), Finlandia (1), Francia (1), Japón (1), Corea del Sur (5), Pakistán (1)
PWR-VVR	9	7120	China (1), India (2), Irán (1), Rusia (5)
BWR, ABWR	3	4087	Japón (1), Taiwán (2)
CANDU	5	1586	India (4), Rumania (1)
LWGR	1	1000	Rusia (1)
SBR	2	1300	India (1), Rusia (1)
Total	34	27.997	

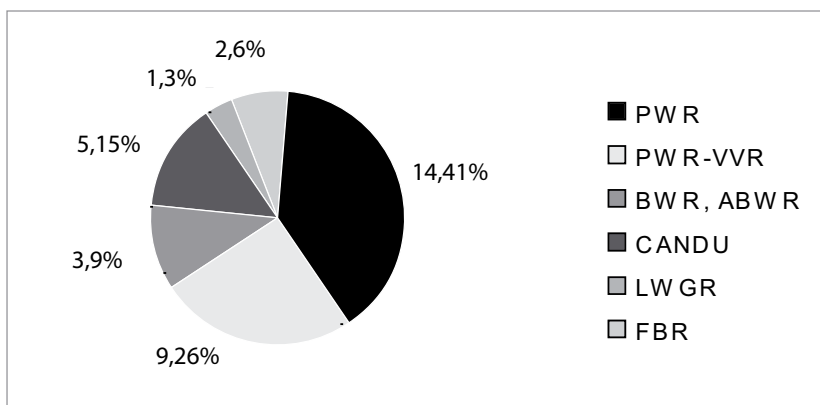


Figura 3: Centrales nucleares en construcción por tipo de reactor en el mundo (Agosto 2007) (Potencia > 5 MWe).

to en que se inicia su construcción, que en las de generaciones anteriores. Esto se debe a la reducción que han experimentado los procesos de licenciamiento, al tratarse de diseños prelicenciados, y la estructura modular de los mismos, factor que reduce considerablemente el plazo de construcción.

A finales de 2006, había 29 centrales en construcción en el mundo, pertenecientes a 10 países diferentes con una potencia neta total de 23.953 MWe. En el año 2005 había solamente 23 en construcción con una potencia neta total de 18.295 MWe. De estos 29, 21 son de agua ligera, cinco de tipo CANDU, dos del tipo rápido refrigerado por sodio, y uno del tipo refrigerado por agua ligera y moderado por grafito.

De los 21 de agua ligera, 18 son de agua a presión de los cuales seis son del diseño ruso VVER, y tres son de agua en ebullición (1 ABWR en Japón y 2 en Taiwán). Es importante remarcar que durante 2004 se inició en Finlandia la construcción de un reactor avanzado de agua a presión del tipo EPR (1600 MWe), de origen franco alemán, y en 2007, la de otro similar, en Francia (Flamanville). Una parte de los reactores de agua a presión corresponde a China (los del tipo PWR Qinshan II-3 y Qinshan II-4), a la República de Corea (los PWR Shin Kori 1 y 2, Shin Wolsong 1 y 2), y a Rusia, con el FBR de Beloyarsk 4, cuya construcción acaba de comenzar, y el LWGR de Kursk 5, de construcción más avanzada.

De los diez estados que actualmente están construyendo centrales nucleares, nueve ya utilizaban la energía nuclear con anterioridad, y sólo uno, Irán, se embarcaba por primera vez en un proyecto de este tipo. Para ello ha empleado el mismo emplazamiento de Busheher, donde se suspendió la construcción de dos reactores de agua a presión de Siemens/KWU en los años 70. En la actualidad se está instalando un PWR-VVER-1000 por el suministrador ruso Atomstrojexport, de

los dos reactores previstos.

En el curso de 2007, se ha iniciado la construcción de cinco plantas: dos en China (PWR, 1600 MWe); dos en Rusia, de 30 MWe cada una, las primeras plantas flotantes en el mundo; y una en Corea del Sur (PWR, 960 MWe). En la tabla 1, se recogen las 34 plantas en construcción en agosto del presente año, por países, y en la tabla 2 y figura 3, se agrupan por tipo de reactores:

De las tablas 1 y 2 se desprende que la mayoría de las plantas en construcción se concentra en Asia (China, India y Corea del Sur), seguida de Rusia y Japón. Por el contrario, en Estados Unidos no se construye ninguna planta, y en Europa, el número de centrales en construcción se reduce a tres, una en Finlandia, otra en Francia —ambos del tipo avanzado europeo EPR— y una tercera del tipo CANDU en Rumania.

NUEVAS PLANTAS PLANIFICADAS Y PROPUESTAS

Siguiendo las fuentes consultadas, se entiende por centrales *planificadas*, bien aquellas que ya tienen todas las aprobaciones y la financiación o bien las que están en avanzada fase de construcción pero que sobre ellas pesa una suspensión indefinida. Se designan por centrales *propuestas* cuando existe una intención seria de proceder a su construcción pero que todavía faltan o las aprobaciones o la financiación.

La tabla 3 proporciona la lista de países y el número de centrales planificadas o propuestas y la potencia neta instalada, a fecha de agosto de 2007.

El número de centrales planificadas es de 81 y la potencia neta instalada de las mismas se aproxima a los noventa mil MWe. Por otra parte, el de las plantas propuestas asciende a 223, con una potencia neta superior a los doscientos mil MWe; la suma de ambas totaliza la cifra de 304 unidades y una potencia de unos trescientos mil MWe, que re-

presenta el 72,5 % del parque mundial actual de las plantas en funcionamiento y en construcción.

Resulta significativo que la respuesta a los retos que plantea el suministro de energía eléctrica esté generando tal eclosión de nuevos proyectos, algunos de los cuales por países que nunca habían tenido energía nuclear en el pasado y que ven en ella una opción importante para dar repuesta a estos retos. Puede observarse que entre los países emergentes a la energía nuclear, hay uno, Irán, que tiene una central en construcción y dos más en proyecto; y otros como Egipto, Indonesia, Israel, Kazajistán, Corea del Norte, Turquía y Vietnam, que también tienen centrales en fase de proyecto. En este contexto, cabe citar la recientemente anunciada nuclearización del Magreb.

Resulta ilustrativo resaltar que los diez países con mayores expectativas, por número de plantas actuales y comprometidas serían: EEUU (136), China (130), Japón (69), Rusia (63), Francia (60), India (42), Ucrania (37), Corea del Sur (28), África del Sur (27) y Canadá (26).

La cifra de centrales en construcción, planificadas y propuestas nos constata una creciente expansión de la energía nuclear. Este resurgimiento se apoya en los reactores avanzados y pasivos, también designados como de *tercera generación* y *tercera plus*. Estos reactores, que han conseguido altísimas cotas de seguridad, incorporan la experiencia adquirida en la operación de las plantas actuales, a la vez que introducen innovaciones en el diseño y construcción para hacer frente a aspectos específicos de los accidentes severos, como garantizar por diseño la integridad de la contención al menos durante 72 horas tras un accidente severo, sin necesidad de la intervención del operador.

Ejemplo de las expectativas de recuperación nuclear, es reciente estado de certificaciones de nuevos diseños por parte de la US-NRC (tabla 5), que engloba prototipos desarrollados dentro y fuera de los EE.UU., susceptibles de ser construidos en ese país.

PROYECCIONES DE CRECIMIENTO ELÉCTRICO NUCLEAR Y REACTORES DE IV GENERACIÓN

Aunque en la actualidad, sólo se construyen tres nuevos reactores en Europa y ninguno en EE.UU., los indicios de los últimos años, esbozados anteriormente, permiten pronosticar un cambio de tendencia, que puede ser significativo en EEUU, y menos evidente en el conjunto de Europa. No obstante, se oyen opiniones favorables a proseguir el programa nuclear, especialmente en

Tabla 3: Reactores nucleares planificados y propuestos en el mundo (2006-07)
(Potencia > 5 MWe).

País	Centrales planificadas (agosto 2007)		Centrales propuestas (agosto 2007)	
	Número	Potencia neta MWe	Número	Potencia neta MWe
Argentina	1	740	1	740
Armenia	0	0	1	1.000
Brasil	1	1.245	4	4.000
Bulgaria	2	1.900	0	0
Canadá	4	4.000	2	2.200
China	26	27.640	88	72.000
República Checa	0	0	2	1.900
Egipto	0	0	1	600
Finlandia	0	0	1	1.000
Francia	0	0	1	1.600
Hungría	0	0	2	2.000
India	4	2.800	15	11.100
Indonesia	0	0	2	2.000
Irán	2	1.900	3	2.850
Israel	0	0	1	1.200
Japón	11	14.945	1	1.100
Kazajstán	0	0	1	300
Corea del Norte	1	950	0	0
Corea del Sur	5	6.600	0	0
Lituania	0	0	2	3.200
Méjico	0	0	2	2.000
Pakistán	2	600	2	2.000
Rumania	2	1.310	1	655
Rusia	7	7.800	18	21.600
Eslovenia	0	0	1	1.000
África del Sur	1	165	24	4.000
Suiza	0	0	1	1.000
Turquía	3	4.500	0	0
Ucrania	2	1.900	20	27.000
EEUU	7	10.180	25	32.000
Vietnam	0	0	2	2.000
Total	81	89.175	223	200.445

Francia, donde se inicia la construcción de un EPR y se prevé la sustitución de las plantas actuales al final de su vida útil por nuevos reactores; en el Reino Unido, que un reciente estudio concluye que nuevas centrales nucleares contribuirían decisivamente a alcanzar sus objetivos energéticos, y en otros países, incluida España, la energía nuclear es permanente objeto de debate.

2006 fue un año activo en el terreno nuclear. Por una parte, varios países (China, India, Japón, Pakistán, Rusia y

Corea del Sur) anuncian una expansión nuclear significativa, al tiempo que otros manifiestan interés en construir su primera central nuclear; pero además, en Estados Unidos se inician planes de solicitud de licencias para 25 nuevos reactores, en Canadá se solicita la preparación de dos nuevos emplazamientos, y en Estonia, Letonia y Lituania se emprende un estudio de viabilidad para la construcción de una nueva planta conjunta.

También en ese año, organizaciones como el OIEA y la Agencia Interna-

cional de la Energía (IEA) publican estudios de prospectiva relativos a la expansión de las centrales nucleares en el mundo. En la figura 4, se comparan estas proyecciones con la producción eléctrica nuclear en 2005.

El OIEA presenta dos escenarios, uno más conservador que el otro, a los que llama, respectivamente, proyección baja y alta. En la primera, partiendo de que sólo se construirán las plantas actualmente en construcción y las planificadas en firme, se llega a una producción eléctrica de 3.100 TWh (1,1% anual) en 2020, que se mantendrá sin cambio hasta 2030. La segunda, que considera una incorporación razonable de proyectos planificados y propuestos además de los que se tramitan en firme, proyecta un crecimiento constante hasta alcanzar los 5.040 TWh en 2030 (2,6 % anual).

La IEA lleva a cabo dos estudios que alcanzan a los años 2030 y 2050, respectivamente. El primero (*World Energy Outlook, WEO 2006*) incluye un escenario de referencia en el que asume las tendencias actuales, con resultados similares a la proyección baja del OIEA, y un segundo, en el que introducen condiciones más conservadoras que las del OIEA (proyección alta). El segundo estudio, toma en consideración escenarios de diferente tasas de crecimiento, alcanzando, en el caso más conservador, valores de 5.650 TWh para el año 2050 (1,7% anual) y de unos 7.300 TWh en el más favorable, que supone una tasa de crecimiento similar a la proyección al alta del OIEA.

A partir de los años 2030 estaremos hablando de los reactores de IV Generación, y a ellos se dedica la mayor parte de los programas de I+D en reactores nucleares del momento actual. Como es bien conocido, el Foro Internacional para IV Generación (Generation IV International Forum, GIF), que agrupaba en sus orígenes a diez países más EURATOM, creció a trece miembros con la adhesión en 2006 de China y Rusia. Tiene como misión el desarrollo y demostración de uno o varios tipos de reactores que ofrezcan las máximas ventajas en las áreas de sostenibilidad, economía, seguridad y fiabilidad, y de resistencia a la proliferación y protección física. Su objetivo temporal es la comercialización de los prototipos para el año 2030. La cuarta generación agrupa los seis conceptos siguientes:

- GFR - Reactor rápido refrigerado por gas.
- LFR - Reactor rápido refrigerado por plomo.
- MSR - Reactor refrigerado por sales fundidas.
- SFR - Reactor rápido refrigerado por sodio.
- SCWR - Reactor refrigerado por

Tabla 4: Certificaciones de nuevos diseños en EEUU

Tipo de diseño	Suministrador	Potencia MWe	Tipo de reactor	Estado de certificación	Fecha prevista de certificación
AP-600	W	650	PWR	Certificado	Certificado
AP-1000	W	1117	PWR	Certificado	Certificado
ABWR	GE y otros	1371	BWR	Certificado	Certificado
System 80+	W	1300	PWR	Certificado	Certificado
ESBWR	GE	1550	BWR	En curso	2007
EPR	AREVA NP	1600	PWR	Precertificación	2009
PBMR	W, Eskom	180	HTGR	Precertificación	No disponible
IRIS	W y otros	360	PWR	Precertificación	2010
US APWR	Mitsubishi	1600	PWR	En curso	2011
ACR Series	AECL	700-1200	Avanzado CANDU	Precertificación	No disponible
GT-MHR (*)	General Atomics	325	HTGR	Prototipo de investigación	No disponible
4S (**)	Toshiba	10-50	Refrigerado por sodio	Construcción potencial	No disponible

(*) Gas Turbine Modular Helium Reactor; (**) Super Safe, Small and Simple

agua supercrítica.

— VHTR - Reactor de muy alta temperatura.

Actualmente, se manifiesta un interés preferencial entre miembros del GIF para colaborar en cuatro de los diseños anteriores: reactor rápido refrigerado por gas, reactor rápido refrigerado por sodio, reactor refrigerado por agua supercrítica y reactor de muy alta temperatura.

Otro sistema en investigación es el ADS (*Accelerator Driven System*), que combina un acelerador y un reactor rápido subcrítico, se destinará a transmutar actínidos y algunos productos de fisión de vida larga. Además del GIF, existe la iniciativa INPRO del OIEA, que agrupa a 32 países, entre ellos España, y que proporciona un foro de análisis para optimizar las opciones nucleares de los

diferentes países miembros.

CONCLUSIONES

De la cambiante situación actual destacaremos algunos aspectos que nos parecen de interés. En primer lugar, constatar, que, pese al estancamiento de los últimos años, en la actualidad, son tres las centrales en construcción en Europa y numerosas las solicitudes de licencia en Estados Unidos, aparte las manifestaciones claras de interés que se han producido en el Reino Unido, los Países Bálticos y Canadá. Por otra parte, y a juzgar por perspectivas actuales de construcción de nuevas plantas, se constata que la energía nuclear se traslada al Este, donde varios países de Asia, las economías del Pacífico y Rusia se expanden a gran ritmo. Y que un

grupo importe de países, como Japón, África del Sur y Brasil, expanden sus programas nucleares, y otro grupo de ocho países desea construir su primera central nuclear.

La expansión anunciada, que casi duplicaría el parque actual de centrales, se llevará a cabo con plantas de tercera generación y tercera plus, es decir: con reactores avanzados de todos los tipos; la cuarta generación jugará su papel en una etapa posterior. La nueva situación planteará, sin duda, nuevas necesidades de uranio y naturalmente exigirá la optimización del ciclo de combustible.

REFERENCIAS

- Energía 2006, Foro Nuclear, Foro de la Industria Nuclear Española.
- ATW Schnellstatistik Kernkraftwerke 2006, ATW, Januar, 2007.
- Kernenergie: Weltreport 2006–Auswertung, ATW, Juli, 2007.
- Latest news related to PRIS and Status of Nuclear Plants, IAEA, October 2007.
- World nuclear power reactors 2006-2007 and Uranium requirements, World Nuclear Association, London, UK, August 2007.
- New Commercial Reactor Designs, Energy Information Administration, www.eia.doe.gov, Nov. 2006.
- Nuclear Power Plants, world-wide, reactor types, European Nuclear Society, June 2007
- Nuclear Technology Review, IAEA, 2007.
- J López Jiménez y J.L. Díaz Díaz, “Visión general de los reactores de IV Generación”, Nuclear España No 255, Sep. 2005.
- Diario “El País”, 28.10.2007. ■

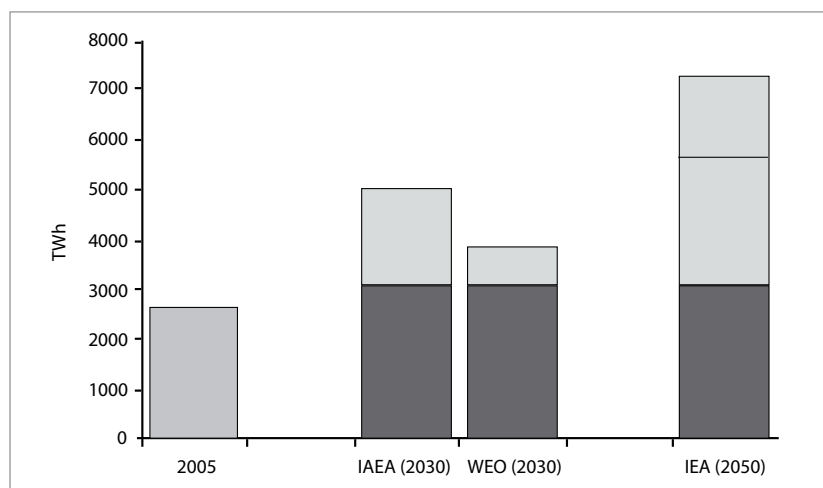


Figura 4: Proyecciones de generación de energía eléctrica nuclear en el mundo.