

## 1 Editorial

---

## 3 Hacia una política eléctrica en España

---

*La red eléctrica española en los próximos años*

---

## 10 El futuro nuclear en el Reino Unido

---

*El Reino Unido, entre los pioneros nucleares*

---

*El sector nuclear actual en Reino Unido*

---

## 19 Noticias de actualidad

---

## 21 Estadísticas

---

## 22 Direcciones "web"

---

## Editorial

A la vista de la Directiva de la Unión Europea sobre la limitación de emisiones de CO<sub>2</sub> y la inclusión de las energías renovables para hacer frente al cambio climático, se están revisando las definiciones de cestas energéticas para atender la demanda eléctrica en los distintos países hasta el año 2030 y posteriormente. **el núcleo** presenta dos casos diferentes.

En el caso de España parte de dos estudios sobre la prospectiva de la demanda hasta 2030 y las posibilidades técnicas y económicas de una cesta energética adecuada para atender la demanda de forma fiable y teniendo en cuenta los condicionantes medioambientales. Después, siguiendo las indicaciones de la prospectiva de la Agencia Internacional de la Energía en su análisis World Energy Outlook (WEO) 2007, se presenta un modelo de generación eléctrica en el que la oferta se reparte entre centrales renovables, nucleares y de carbón con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en proporciones parecidas. La construcción de centrales nucleares en este modelo resulta razonable en cuanto a la inversión necesaria, al porcentaje en la energía total y al esfuerzo industrial necesario, ya conseguidos anteriormente.

En el caso del Reino Unido, en donde el Gobierno ha decidido que las centrales nucleares (junto a las renovables y las de carbón limpio) deben formar parte de la cesta energética en los próximos años, y se ha comprometido a crear el marco estable necesario para que puedan decidirse las inversiones necesarias. En este número de **el núcleo** se presenta la evolución del sector nuclear británico hasta el momento presente y el futuro que se prevé según los pla-

*Reino Unido apuesta por la energía nuclear para garantizar sus necesidades energéticas y frenar las emisiones contaminantes a la atmósfera*

nes anunciados. Al tratarse de un país con una historia nuclear muy dilatada y con aspectos muy brillantes, se presentan los esfuerzos iniciales, los cambios habidos en los últimos años y el futuro que se está definiendo en la actualidad.

**el núcleo** aprovecha la ocasión para saludar a sus lectores en esta nueva etapa de publicación digital y se compromete a seguirles informando sobre los aspectos del sector nuclear de forma veraz y con la brevedad y sencillez necesaria, no reñida con el rigor. ■



**VOLVER  
AL SUMARIO**

# Hacia una política eléctrica en España

## El mercado nacional y la política energética

A pesar del gran esfuerzo integrador europeo, el mercado eléctrico sigue siendo esencialmente nacional. Incluso la integración con Portugal en el llamado mercado ibérico presenta aún limitaciones técnicas que imponen una práctica desconexión durante períodos de tiempo.

Los agentes que actúan en el mercado liberalizado tienen que ajustar su operación a las demandas de la red y programar sus inversiones por sus propios medios, en un régimen de competencia con los demás agentes, lo que en teoría asegura el mejor servicio a la sociedad por los agentes más eficientes. Sin embargo, el mercado está condicionado por las reglas de política energética que fija el Gobierno, de acuerdo con su papel garante del interés general (garantía de suministro, balanza de pagos, política de suministros exteriores, compromisos internacionales, etc.) y por el sistema de tarifas reguladas, que todavía existe y que ha dado lugar, en los últimos años, al llamado déficit tarifario. Las empresas que actúan en el sector, que han de realizar fuertes inversiones, y las entidades financieras, que han de aportar recursos suplementarios, necesitan una política seria, técnica y económicamente viable y suficientemente consensuada por los grupos políticos, para asegurar su estabilidad a largo plazo. Esta política deberá quedar definida durante la legislatura que comienza ahora.

## Estudios de prospectiva

Los estudios de prospectiva energética publicados a nivel internacional por diversos organismos, como la Agencia Internacional de la Energía y la Comisión Europea, ya se han comentado en estas páginas. En particular, la Unión Europea ha establecido Directivas que tienen que ver con aspectos determinados del mercado energético, especialmente los relacionados con el efecto invernadero y la inclusión paulatina de las energías renovables. Aparte de estas Directivas de obligado cumplimiento, recomienda soluciones a incluir en las políticas energéticas de los países miembros, a los que reconoce, sin embargo, su facultad de decisión al respecto.

*Las empresas que actúan en el sector eléctrico y las entidades financieras necesitan una política seria, técnica y económicamente viable*

Recientemente se han publicado en nuestro país dos estudios de las varias alternativas que se consideran por los agentes que actúan en el mercado como viables desde el punto de vista técnico y económico, y acordes con los condicionantes técnicos y los compromisos internacionales. Ambos fijan como referencia el año 2030, partiendo de la situación actual de estructuras operativas y en fase de ejecución.

- El estudio “Mix de Generación en el Sistema Eléctrico Español en el Horizonte 2030”, por encargo de Foro de la Industria Nuclear Española, presenta con gran detalle las posibilidades técnicas para configurar el parque generador, en varios escenarios de demanda, y asegurando la estabilidad de la red.
- El estudio “Prospectiva de Generación Eléctrica 2030”, preparado por UNESA, analiza y evalúa las posibilidades de generación para atender la demanda esperada, respetando los compromisos internacionales y con la máxima utilización del equipo actual y comprometido, teniendo en cuenta las necesarias bajas de equipo generador por llegar al término de su vida operativa y la previsible continuación del régimen de precios altos de los combustibles fósiles.

Ambos estudios dan un margen de confianza al desarrollo tecnológico en curso, en cuanto a la capacidad de llegar a soluciones técnicas viables, como las centrales de carbón con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, el abaratamiento de las centrales renovables y la gestión de los residuos radiactivos.

### Una senda razonable

Una combinación razonable para España de las cifras propuestas por los estudios de prospectiva y las tendencias marcadas por la prospectiva internacional, como la de la Agencia Internacional de la Energía (WEO 2007), presentada en el número 23 de **el núcleo**, puede ser la siguiente:

#### ■ Régimen de mercado

Se desarrollará un mercado liberalizado, basado en los acuerdos entre productores y consumidores, sin más tarifas que las llamadas de último recurso, para los usuarios de muy bajo

consumo. Se habrá consolidado el mercado ibérico, pero no se espera un intercambio significativo con el mercado europeo.

### ■ Demanda eléctrica

La demanda para 2030 se predice según distintos escenarios de población, moderación de consumo y crecimiento económico. Un escenario intermedio, basado en un crecimiento de la demanda del 3%, 2,2% y 1,2% para 2010, 2020 y 2030, respectivamente, conduce a una demanda en barras de central (es decir, teniendo en cuenta las pérdidas en el transporte), de 430 TWh, comparado con 290 TWh en 2007. La punta esperada de potencia estará cercana a los 70 GW, comparada con la experimentada en 2007, que fue de 45,4 GW.

### ■ Cesta eléctrica posible

La recomendación de WEO 2007 sobre el objetivo de la estabilización del CO<sub>2</sub> en 450 ppm hace pensar en un *mix* eléctrico que incluya aproximadamente un 30% de energías **renovables** para 2030, equivalente a 143 TWh, distribuido en 33 hidráulicos, 85 eólicos y 25 de otras renovables. Este ambicioso objetivo puede cubrirse con una potencia de 18 GW hidráulicos, 32 GW eólicos y 8 GW de otras renovables. Se estima que una buena parte de esta potencia puede estar disponible en 2020, lo que permitiría acercarse a los objetivos marcados por la UE. En todo caso, esta proporción de renovables presenta problemas de regulación en la red que deben ser resueltos con una buena gestión de las demás energías.

La contribución del **carbón** es indispensable, tanto por razones de regulación de la red como por la abundancia de recursos mundiales y estabilidad de suministro a costes estables. Las actuales centrales de carbón, muy contaminantes, deberán en todo caso retirarse del servicio al llegar al término de su vida operativa y reemplazarse por otras centrales de carbón que utilicen las modernas técnicas, aún en desarrollo, de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. El 30% aproximado de la energía recomendada para las centrales fósiles deberá cubrirse con estas centrales y las de ciclo combinado, que habrán de apoyar a las renovables en sus períodos de intermitencia. Parece razonable pensar en unos 40 GW de carbón y ciclos combinados, para producir 120 TWh. Estas centrales estarán, desde luego, infrautilizadas, tanto más cuanto más renovables se incorporen al sistema.

*Un mix eléctrico para España en el horizonte 2030 podría consistir en un tercio de renovables, otro de gas y carbón libre de emisiones y otro tercio de energía nuclear*

Tecnología	Energía TWh	Potencia GW
Nuclear	127	17
Carbón con captura	50	12
Ciclo combinado	70	28
Hidráulica	33	18
Eólica	85	32
Otras renovables	25	8
Cogeneración	40	9
Puntas	2	7
Total	432	131

La fiabilidad de las centrales **nucleares** para cubrir la base y ayudar a la estabilidad del sistema, junto con su nula emisión de gases de efecto invernadero y la estabilidad del mercado de suministro de combustibles, las hace indispensables para un buen *mix* de energías, tal y como avalan las perspectivas internacionales, como la de WEO 2007 en su escenario de limitación de gases a 450 ppm. Puede pensarse en una contribución de 127 TWh, correspondientes a 17 GW de potencia, es decir, unos 10 GW adicionales a las del parque actual, que deben mantenerse hasta los 60 años.

El sistema podrá necesitar centrales de punta, con respuesta rápida y utilidades muy bajas, para funcionar en horas de fuerte demanda en las que no estén disponibles las centrales renovables. Con ello podría mejorarse la utilización de las centrales de carbón y ciclos combinados.

Estas cifras se resumen en la tabla adjunta.

### ■ Costes de las distintas alternativas

Parece poco probable que cambien sustancialmente los costes de las materias primas energéticas en el plazo analizado. En todo caso, es de esperar que los posibles aumentos sean mucho mayores en los combustibles fósiles que en los nucleares. En cuanto a las cifras de la inversión, los cambios afectarían a todos los tipos proporcionalmente. Los costes de la energía producida por las centrales consideradas, incluidos los costes fijos y los variables son, en la actualidad, los de la tabla adjunta, donde se incluyen también los costes de la inversión requerida.

Tecnología	Coste energía €/MWh	Inversión €/kW
Hidráulica*	45	630
Eólica terrestre	70	1.100
Carbón con captura	55	1.600
Ciclo combinado	66	510
Nuclear	36	2.000

\*Ampliación de centrales existentes

Fuente: datos tomados del estudio "Prospectiva de Generación Eléctrica 2030" de UNESA

La combinación presentada tiene un coste de inversión para los próximos años muy considerable. Sumando en el período estudiado las inversiones en equipos nuevos y los costes de combustible, de operación y mantenimiento, provisiones para la clausura, gestión de residuos, etc., las alternativas parecidas a la indicada (con un componente nuclear moderadamente alto, pero similar al ya experimentado en nuestro país en el pasado) llevan consigo un coste total del orden de 50.000 millones de euros. Se trata de la alternativa de menor coste. Si se forzara la entrada de una mayor proporción de energías renovables, por ejemplo, se requeriría una mayor potencia convencional y se incrementaría el coste total un 40-50%.

Hay que tener en cuenta que, una vez desaparecido el déficit tarifario y reducidas las subvenciones al régimen especial, los costes deberán reflejarse en los precios del kWh, y las inversiones antieconómicas darían lugar a un encarecimiento de la energía para los consumidores, con la secuela de pérdida de competitividad para las empresas consumidoras y el malestar del cuerpo social. ■

***El parque nuclear debe mantenerse. Además, el sistema necesitará nuevas centrales nucleares para su estabilidad y economía***

## ***La red eléctrica española en los próximos años***

El sistema eléctrico español se ha caracterizado por una participación equilibrada de las distintas fuentes de energía. El mercado, sin embargo, impone unos condicionantes técnicos que es preciso tener en cuenta a la hora de proyectar el futuro, hasta 2030 y posteriormente.

- España es junto con Portugal, una “isla eléctrica”. Para alcanzar una interconexión capaz de 4.000 MW con Francia y la red europea se necesitaría construir dos nuevas líneas de transporte de 400 kV de doble circuito a través de los Pirineos, y aun así no se podría contar con un apoyo eficaz en puntas de más de 70.000 MW que va a demandar el sistema ibérico. De hecho, el Sistema Interconectado Europeo (UCTE) recomienda no tener en cuenta las interconexiones a la hora de planificar la cobertura de la demanda.
- La demanda de punta (potencia demandada en el momento de máximo consumo) es muy alta en relación con la demanda de valle (en las horas de demanda reducida), lo que obliga a disponer de equipo generador adecuado para el suministro de puntas, como las centrales de bombeo o las turbinas de gas, o recurrir para las puntas a equipo no diseñado para este servicio y, por tanto, infrutilizado. En los años próximos deberían incentivarse las pautas de consumo que tiendan a aplanar las curvas de carga.
- Por necesidades de regulación y estabilidad de la red (mantenimiento de la tensión y de la frecuencia) es necesario que el 50-60% de la generación provenga de grandes turbinas de vapor (centrales nucleares o convencionales de carbón) o hidráulicas, que proporcionan una respuesta inmediata, por inercia, a las variaciones de carga.
- El parque nuclear debe mantenerse y el sistema necesitará para su estabilidad y economía la construcción de nuevas centrales nucleares. Las centrales de carbón actuales deberían en su mayoría retirarse del servicio, por llegar al final de su vida operativa antes de 2030, y sustituirse, cuando la tecnología esté disponible, por centrales de carbón con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

- Los ciclos combinados, que contribuyen a la regulación de forma limitada, serán necesarios como apoyo a la base y en los servicios de punta o media punta.
- Las energías renovables, según las directivas europeas, deben representar en 2020 el 40% de la producción eléctrica. Dado que la parte no hidráulica de este tipo de energía es intermitente y no contribuye a la regulación de la red, se considera que hay que instalar 0,9 MW de potencia de apoyo (nuclear, carbón o ciclo combinado) por cada MW renovable, sobre todo eólico. Cuanta más potencia nuclear o de carbón opere en el sistema, más renovables podrán instalarse.
- Con las adiciones nucleares, de carbón limpio y renovables, en proporciones similares, podrán controlarse, aunque no anularse, las emisiones de CO<sub>2</sub>, habida cuenta que la energía de puntas que se necesita por la intermitencia de las renovables deberá suministrarse, presumiblemente, por turbinas de gas. ■



## El futuro nuclear en Reino Unido

En el último año el Gobierno británico ha llevado a cabo una profunda reflexión, que ha conducido a una nueva situación respecto a las centrales nucleares. Reino Unido necesita en los próximos 20 años construir centrales con una potencia total de 30-35 GW. Para entonces, habrá debido retirar del servicio 22 GW, 12 de carbón y 10 nucleares (todos los Magnox y los AGR). Para cumplir los plazos será necesario diseñar una política energética y tomar decisiones concretas en los próximos dos años.

Últimamente ha cambiado de forma importante el panorama energético, particularmente el eléctrico:

- Las Directivas de la Unión Europea imponen importantes reducciones de las emisiones, haciendo indispensable la presencia de las renovables y las nucleares, además del desarrollo de centrales de carbón con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.
- La necesidad de un suministro seguro, al irse agotando las reservas del Mar del Norte, aconseja utilizar combustible procedente de zonas geográficas estables y fiables.
- La economía de las centrales nucleares ha mejorado respecto a las fósiles, por la subida de precio de los combustibles (petróleo y gas) y las previsibles tasas por la emisión de CO<sub>2</sub>.
- Las centrales nucleares modernas son muy seguras, suministran la base de la demanda con gran fiabilidad y se dispone de soluciones técnicas suficientes para los residuos radiactivos, que por otra parte se producen en volúmenes pequeños.

Por todo ello, Reino Unido ha llegado a la conclusión de que en el futuro debe contar con un parque generador que incluya, en proporciones parecidas, centrales nucleares, renovables y de carbón limpio.



*Reino Unido decidió en enero de 2008 impulsar el uso de la energía nuclear*

*El Gobierno británico considera que las centrales nucleares son un elemento imprescindible en la lucha contra el cambio climático*

## Documento de consulta

El Gobierno británico ha enviado a las partes interesadas un documento en el que consulta sus opiniones sobre puntos de interés relacionados con las centrales nucleares:

- Emisiones de carbono.
- Seguridad de suministro.
- Economía.
- Valor de otras alternativas.
- Seguridad nuclear y seguridad física.
- Transporte de materiales nucleares.
- Gestión de los residuos radiactivos.
- Aspectos medioambientales.
- Suministro de combustible.
- Capacidad de la industria para los suministros.
- Reelaboración de los combustibles gastados.



El Libro Blanco publicado en enero de este año 2008 contiene los estudios efectuados por el Gobierno sobre las aportaciones recibidas sobre todos estos puntos. Las conclusiones son las siguientes:

- Las centrales nucleares son un elemento imprescindible en la lucha contra el cambio climático.
- Desde el punto de vista económico, son las más baratas.
- Son de tecnología probada y de funcionamiento fiable.
- Funcionan dentro de un marco regulador probado e independiente.
- Contribuyen a la diversidad de fuentes energéticas.

Por todo ello, el Gobierno británico se ha manifestado a favor de aumentar el parque nuclear y abre a la industria británica y extranjera la posibilidad de instalar centrales nucleares en Reino Unido, para lo cual ofrece poner en marcha un sistema de concesión de licencias estable a largo plazo, de manera que los titulares y las entidades financieras puedan establecer sus previsiones sin temor a cambios imprevistos. Designa también cuatro tecnologías posibles que se compromete a licenciar, tras los estudios pertinentes, para acortar los plazos de construcción. Estos reactores son, por el momento, el AP-1000 de Westinghouse, el EPR de Areva NP, el ESBWR de General Electric-Hitachi y el ACR-1000 de Atomic Energy of Canada.

Ya existen empresas eléctricas extranjeras (entre ellas españolas) que han tomado contacto con British Energy para explorar la posibilidad de acuerdos de construcción, probablemente en los emplazamientos existentes. Por otra parte, los suministradores de reactores están también manifestando su interés y tomando contacto con los posibles titulares. No se ha especificado el número de unidades que se pretende instalar, pero se piensa que puedan ser alrededor de diez, representando unos 15 GW.

Hay que destacar que Reino Unido ha anunciado su interés por el perfeccionamiento e instalación de centrales de carbón con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Con el interés por las renovables, aún no presentes en el país de forma importante, esta definición coincide bastante con la recomendación de WEO 2007 respecto al escenario de "mantenimiento de CO<sub>2</sub> en 450 ppm", que presenta **el núcleo** en el ejemplo de prospectiva para España. ■



## Reino Unido, entre los pioneros nucleares

Reino Unido contribuyó de forma destacada a la ciencia nuclear. Entre los científicos que desarrollaron esta rama de la ciencia, desde el descubrimiento de la radiactividad por Becquerel hasta el primer reactor nuclear de Fermi, pasando por el átomo de Rutherford y el neutrón de Chadwick, estuvieron prestigiosos físicos, químicos e ingenieros británicos trabajando en universidades y laboratorios británicos y estadounidenses.

Acabada la II Guerra Mundial, el Gobierno británico creó en 1946 el Atomic Energy Research Establishment (AERE), que centralizó todos los esfuerzos nucleares, al principio militares, incorporándose pronto los civiles. En 1954 esta entidad se transformó en la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido (UKAEA), responsable desde entonces de todo el programa nuclear británico. Para los programas militares las autoridades británicas tomaron decisiones básicas que condicionaron la actividad nuclear en el Reino Unido durante las décadas siguientes:

- Para la producción de plutonio con fines militares eligieron la vía de los reactores de grafito-gas, lo que dio lugar, en el campo civil, a las familias de reactores Magnox (de uranio natural metálico y vainas de aleación de magnesio, de ahí su nombre) y AGR (de óxido de uranio ligeramente enriquecido y vainas de acero inoxidable, que permitían mayores temperaturas).
- Para la propulsión naval, especialmente de submarinos, el reactor compacto de agua a presión y uranio enriquecido, de diseño original estadounidense.



*Ernest Rutherford*

Ambas decisiones configuraron la amplia infraestructura que se formó en el país. Se crearon diversos laboratorios e instalaciones experimentales e industriales en un número de establecimientos, como Harwell, Culham, Dounreay y Winfrith. Salvo el uranio, del que no se disponía en el país, se desarrollaron todas las fases del ciclo del combustible nuclear.

- La producción de uranio metálico.
- La producción de grafito de pureza nuclear.
- La conversión de los concentrados de uranio a hexafluoruro de uranio.
- El enriquecimiento en U-235 del hexafluoruro de uranio.
- La producción de óxido de uranio enriquecido.
- La fabricación de elementos combustibles, de uranio natural y de uranio enriquecido.
- La reelaboración de los combustibles irradiados, con separación del plutonio producido.

Para todo ello se construyeron numerosos reactores experimentales y de prueba de materiales, se constituyó un potente grupo de diseño de reactores y se pusieron en marcha instalaciones de proceso. Por otra parte, se construyó en Dounreay un prototipo terrestre de un reactor de propulsión naval y se inició un programa tecnológico para los futuros reactores rápidos. Este ingente esfuerzo colocó al Reino Unido en primera fila de la tecnología del ciclo de combustible. En cuanto a los reactores, la elección de la línea de grafito-gas condujo a dos generaciones de reactores grandes, de alto coste y problemas de operación y mantenimiento, que están hoy en un proceso de retirada del servicio. El último reactor construido en el país ha sido Sizewell-B, del tipo PWR de tecnología americana, que funciona satisfactoriamente. El futuro nuclear británico se basará sin duda en la buena estructura legislativa y reguladora, la colaboración internacional y la fortaleza de la industria británica del combustible. ■

## El sector nuclear actual en Reino Unido

La Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido (UKAEA) organizó en los años 1960 dos grupos: el Grupo de Reactores, que centralizó las tareas de proyecto de reactores, y el Grupo de Producción, que asumió todas las actividades del ciclo del combustible, militares y civiles, en los establecimientos de Windscale, Capenhurst, Springfields y Aldermaston. Este Grupo se constituyó en 1971 en empresa pública, con el nombre de British Nuclear Fuels Ltd. (BNFL), que sufrió después profundos cambios.

**Tabla I. REACTORES MAGNOX**

Central	Número de grupos	MWe/grupo	Inicio operación	Fin operación
Calder Hall	4	50	1956-1959	2003
Chapelcross	4	50	1959-1960	2004
Berkeley	2	138	1962	1988/89
Bradwell	2	123	1962	2002
Hunterston A	2	160	1964	1989/90
Hinkley Pt A	2	235	1965	2000
Trawsfynydd	2	196	1965	1993
Dungeness A	2	225	1965	2006
Sizewell A	2	210	1966	2006
Oldbury	2	217	1967	2008 (prev)
Wylfa	2	490	1969-1970	2010 (prev)

### Los reactores de grafito-gas-uranio natural (Magnox)

En 1953 la UKAEA comenzó la construcción de cuatro unidades de uranio natural metálico y vainas de magnesio, con moderador de grafito y refrigeración por dióxido de carbono, llamadas Magnox, de doble uso (civil y militar), en Calder Hall. Estas pequeñas unidades (50 MW), inauguradas por la Reina Isabel en 1956, fueron las primeras en todo el mundo en producir electricidad comercial, y pronto se dedicaron solo al uso civil. Tras la crisis de Suez se amplió el programa previsto de centrales mayores de este mismo tipo. La titularidad de estas nuevas centrales pasó a las empresas eléctricas nacionalizadas Central Electricity Generating Board (CEGB) y South of Scotland Electricity Board (SSEB) y la construcción corrió a cargo de la industria británica, agrupada en varios consorcios y utilizando la tecnología de la UKAEA. Se exportaron además dos unidades del mismo tipo a Italia y Japón. Las centrales Magnox han funcionado de forma discreta, con problemas técnicos que se han ido resolviendo y con unos costes altos, no competitivos con otras alternativas. Al liberalizarse la generación eléctrica en el Reino Unido a partir de

1988, todo el parque Magnox quedó en el sector público y, últimamente, pasó al organismo público NDA, encargado de la descontaminación, desmantelamiento y clausura de todas las instalaciones nucleares. En la actualidad solo están en funcionamiento dos de estas centrales, como se ve en la tabla I.

### Los reactores avanzados grafito-gas-uranio enriquecido (AGR)

En los años 1960 se decidió adoptar un modelo avanzado de reactor grafito-gas de mayor rendimiento (AGR), con una mayor temperatura del gas, combustible de óxido ligeramente enriquecido y vainas de acero inoxidable. Se construyó primero un prototipo en Windscale y a partir de 1964 comenzaron los trabajos para instalar esta segunda generación de reactores, compuesta por las unidades que se indican en la tabla II.

Los AGR han tenido un comportamiento complicado, tanto durante la construcción como durante el funcionamiento. Varios de ellos han experimentado problemas con el grafito, diversos componentes, tubos, etc., y han sufrido reducciones de potencia y períodos de parada. En todo caso, la flota estará fuera de servicio para 2030.

Cuando se puso en marcha la liberalización del mercado eléctrico en 1989 el parque de los AGR pasó a las empresas públicas formadas al desaparecer CEGB y SSEB. Después de varias vicisitudes el titular es actualmente British Energy, participada por el Gobierno en un 36%.

**Tabla II. REACTORES AGR**

<b>Central</b>	<b>Número de grupos</b>	<b>MWe/grupo</b>	<b>Inicio operación</b>	<b>Final previsto</b>
Dungeness B	2	545	1985/86	2018
Hartlepool	2	595	1984/85	2014
Heysham A	2	615	1985/86	2014
Heysham B	2	615	1988/89	2023
Hinkley Pt B	2	610	1976/78	2016
Hunterston B	2	610	1976/77	2016
Torness	2	625	1988/89	2023

## Los reactores rápidos

Desde los años 1960 la UKAEA dedicó especial atención a los reactores reproductores rápidos, con vistas a la utilización del plutonio acumulado con la reelaboración del combustible gastado en los reactores de grafito-gas (el Reino Unido acumula hoy más de 100 toneladas de este material, además del contenido en el combustible aún no reprocesado). Durante dos décadas construyó en Dounreay un pequeño reactor experimental de este tipo y el prototipo PFR, de 250 MW, que funcionó entre 1974 y 1994. Al mismo tiempo la UKAEA consiguió grandes avances en la tecnología de los combustibles de este tipo de reactor y en el manejo de su refrigerante, sodio líquido. No obstante en los años 1990, en una época de bajos precios del uranio y disponibilidad de petróleo y gas del Mar del Norte, el Reino Unido decidió abandonar esta línea de actividad. La experiencia adquirida será, sin duda, valiosa para el programa Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), liderado por EE.UU., del que el Reino Unido es partícipe.

## La apertura a los reactores de agua ligera

Después de diversos planes de diversificación en 1978 se decidió construir una serie de cuatro centrales de agua ligera, de tecnología americana PWR. Para entonces habían desaparecido prácticamente todos los consorcios industriales proveedores de reactores y el primer reactor, Sizewell B, de 1.200 MW, fue contratado por Nuclear Electric, antecesora de British Energy, a Westinghouse, que actuó a través de su filial británica, asociada con la ingeniería NNC. Después de un dilatado proceso de licenciamiento, solo fue construida esta primera unidad, que funciona desde 1995 con un comportamiento excelente. Esta será la única unidad del parque actual que seguirá funcionando en 2030.

## La industria del combustible

La empresa BNFL sigue siendo, después de muchas vicisitudes, poseedora de la tecnología del combustible nuclear, si bien adquirió y vendió posteriormente la empresa americana Westinghouse y sufrió reestructuraciones con formación de filiales, que no han terminado todavía. Está

en marcha su venta, total o parcial. En todo caso, dispone de una moderna tecnología y ha actuado en varios frentes, entre los cuales pueden destacarse:

- **Enriquecimiento.** BNFL formó con holandeses y alemanes la empresa multinacional URENCO, que ha desarrollado y posee en los tres países instalaciones de enriquecimiento de uranio por centrifugación. La planta británica está en Capenhurst, donde operaba la instalación inicial de enriquecimiento por difusión gaseosa, hoy retirada del servicio y en fase de clausura. URENCO suministra uranio enriquecido en el mercado mundial. La participación del 33% que tenía BNFL es hoy del Gobierno británico y probablemente será vendida.
- **Reelaboración.** Este proceso, necesario para los combustibles irradiados de los reactores Magnox, que no pueden almacenarse mucho tiempo, se lleva a cabo en Sellafield, donde se ha tratado y se trata todo el combustible de los reactores Magnox y también los de los reactores AGR y otros procedentes de reactores extranjeros de agua ligera. Al crecer la demanda de estos servicios, BNFL ha construido una instalación de mayor capacidad, THORP, que funciona desde 1994. La primera instalación se cerrará cuando termine de tratar el combustible Magnox y la segunda ha pasado a ser propiedad de NDA y tiene un futuro incierto, dado que el Reino Unido parece por el momento decidido al ciclo abierto, sin reelaboración.
- **Las instalaciones de fabricación de combustible** pasaron a Westinghouse y después a Toshiba cuando esta sociedad adquirió la empresa norteamericana. La instalación de conversión a hexafluoruro, cuyo titular es ahora NDA, funciona gestionada por Westinghouse y será retirada del servicio cuando acabe sus compromisos actuales.

Las filiales de BNFL que son vendidas aplican la tecnología que poseen a prestar servicios de operación de las instalaciones de reelaboración, fabricación de combustibles de óxidos mezclados (MOX) y descontaminación y desmantelamiento, con destino a NDA. La antigua filial Project Services Ltd, vendida a la americana Energy Solutions, gestionará los reactores Magnox hasta su clausura y desmantelamiento, bajo contrato de NDA, y la parte de Investigación y Desarrollo, bajo el nombre de Nexia Solutions, será la base de un laboratorio nuclear nacional. ■

## Noticias de actualidad

### Acuerdo franco-británico sobre energía nuclear

La decisión del Gobierno británico en el mes de enero de 2008 de ampliar significativamente el parque nuclear en las próximas décadas se suma a la firma del acuerdo con el Gobierno francés para llevar a cabo una estrecha cooperación en materia de tecnología y desarrollo nuclear. El renacimiento nuclear en el Reino Unido es una oportunidad para dar un giro a la política energética de los últimos años, basada en el carbón y el gas. La firme apuesta de Francia e Inglaterra por el uso de la energía nuclear es una evidencia de la necesidad de contar con las centrales nucleares para la garantía de suministro en el futuro. La nueva planificación energética en Reino Unido asume dos principios: combatir el cambio climático y garantizar el suministro de electricidad de forma competitiva, para lo que se construirán nuevas centrales nucleares usando la última tecnología de reactores. El apoyo político y el consenso entre los distintos partidos han sido decisivos para emprender esta nueva estrategia energética, siendo plausible el acuerdo en materias de interés nacional.

### Compra de terreno para una nueva central en Finlandia

La compañía finlandesa Fennovoima Oy ha anunciado la adquisición de un total de más de 200 hectáreas de terreno en los municipios de Kariskko y Laitakari, zona del país donde se está considerando la construcción de una nueva nuclear. Fennovoima está constituida por un consorcio de empresas que tienen la intención de construir una nueva central nuclear de entre 1.000 y 1.800 MW de potencia, que esté en operación entre 2016 y 2018. En octubre de 2007, la compañía ya había comprado otras 600 hectáreas de terreno en el municipio de Ruotsinpyhtää, y en enero de este año ha enviado una solicitud de evaluación de impacto ambiental (EIA) al Ministerio de Trabajo y Economía para dos nuevos reactores; los emplazamientos evaluados se encuentran en los municipios de Kristiinankaupunki, Pyhäjoki, Ruotsinpyhtää y Simo. El informe correspondiente a la EIA debe estar terminado en octubre de 2008, y el proceso completo finalizado en febrero de 2009. En ese momento, Fennovoima estará en disposi-

ción de enviar al gobierno finlandés una solicitud inicial para la construcción de una nueva central nuclear.

Actualmente, Finlandia dispone de cuatro centrales en operación, y se encuentra en construcción una quinta unidad, Olkiluoto-3, un reactor avanzado europeo (EPR) de 1.600 MW de potencia que está previsto comience su operación comercial a finales de 2010 o principios de 2011.

### Planes nucleares en Turquía, Egipto y Bahrain

La Agencia de Electricidad de Turquía ha anunciado una solicitud de ofertas, dirigida a compañías locales y extranjeras, para la construcción de la primera central nuclear del país. Esta iniciativa forma parte del plan para la reducción de la dependencia de los suministros de gas procedentes de Irán y Rusia. Las ofertas se podrán presentar hasta el 24 de septiembre de 2008, para una central planificada en la ciudad portuaria de Mersin, situada en el mar Mediterráneo. El gobierno turco ha garantizado a los potenciales inversores que comprará la electricidad producida en la central durante los primeros 15 años de operación. Este es el primer reactor de los tres que el primer ministro turco, Recep Tayyip Erdogan, tiene previsto construir hasta el año 2015 para satisfacer las necesidades energéticas del país.

Por su parte, Egipto ha firmado un acuerdo con Rusia para la colaboración en el campo del uso pacífico de la energía nuclear. Este acuerdo permitirá a Rusia participar en la presentación de ofertas que Egipto anunció en enero de 2008 para la construcción de una central nuclear en el país, y es fruto de las conversaciones mantenidas por los primeros ministros de ambos países, Vladimir Putin y Hosni Mubarak.

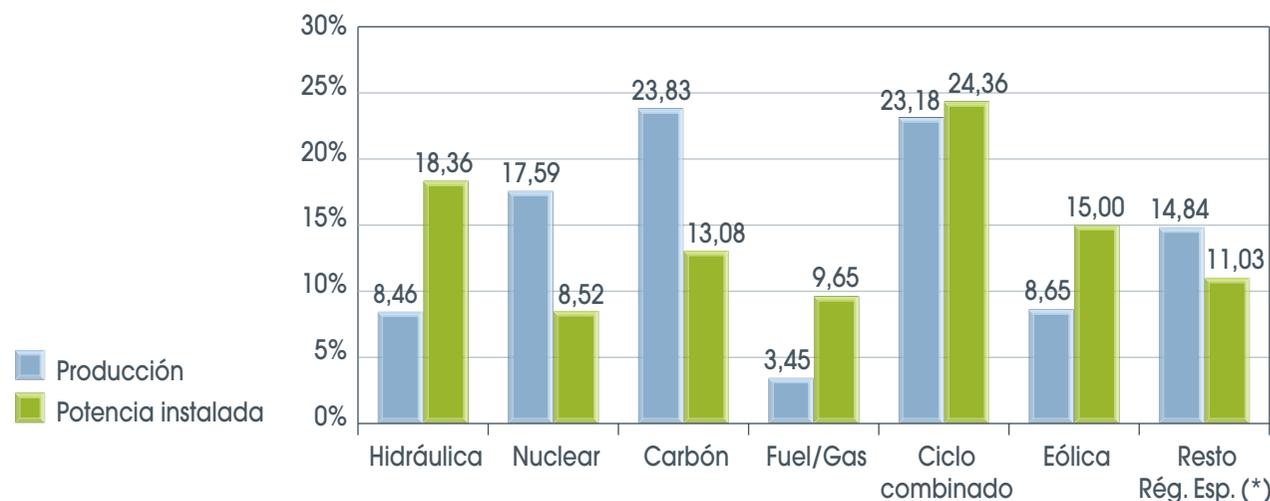
A su vez, Bahrain y Estados Unidos han firmado un acuerdo de cooperación sobre energía nuclear para garantizar la estabilidad y diversidad de los suministros energéticos de este país del Golfo Pérsico. La embajada de Bahrain en Washington ha declarado que los planes para desarrollar un programa nuclear en su país se encuentran en concordancia con las exigencias del Organismo Internacional de Energía Atómica y en "completa consistencia" con las obligaciones del Tratado de No Proliferación.

## Areva duplicará su capacidad de producción de uranio

La compañía francesa Areva ha firmado un contrato con la empresa de ingeniería y construcción Technip que le permitirá doblar su capacidad de producción de uranio en los próximos cinco años, comenzando con la explotación de diez nuevas minas, la mayor parte de ellas en África. Estos proyectos representan una inversión total de 3.000 millones de euros. La producción de uranio de Areva en el año 2007 fue de 6.000 toneladas. La compañía ha declarado su intención de acelerar los proyectos de Imouraren en Níger y de Trekkopie en Namibia. ■

## Estadísticas

### Sistema Eléctrico en España en 2007



(\*) Cogeneración, minihidráulica, biomasa, residuos

Fuente: elaboración propia con datos de UNESA - Avance Estadístico de la Industria Eléctrica 2007 y REE - El Sistema Eléctrico Español - Avance del Informe 2007

[elnucleo@foronuclear.org](mailto:elnucleo@foronuclear.org)

**DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN**

Piluca Núñez y Luis Palacios

**SOCIOS DE FORO NUCLEAR**

AMPHOS XXI  
AREVA NP ESPAÑA  
CN ALMARAZ  
CN ASCÓ  
CN COFRENTES  
CN JOSÉ CABRERA  
CN TRILLO I  
CN VANDELLÓS II  
COAPSA - CONTROL  
DOMINGUIS  
EMPRESARIOS AGRUPADOS  
ENDESA  
ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS  
EQUIPOS NUCLEARES  
GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL  
GHESA  
HC ENERGÍA  
IBERDROLA  
INITEC  
LAINSA L.A.I.  
LAINSA S.C.I.  
NUCLENOR  
PROINSA  
SIEMSA ESTE  
TAMOIN POWER SERVICES - TPS  
TECNATOM  
TÉCNICAS REUNIDAS  
UNESA  
UNIÓN FENOSA  
WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES

**SOCIOS ADHERIDOS**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD  
AGRUPACIÓN DE MUNICIPIOS EN ÁREAS CON CENTRALES NUCLEARES  
CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BARCELONA  
CLUB ESPAÑOL DEL MEDIO AMBIENTE  
CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS DE ESPAÑA  
ETS INGENIEROS DE CAMINOS DE MADRID  
ETS INGENIEROS DE MINAS DE MADRID  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE BILBAO  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALENCIA  
ETS INGENIEROS NAVALES DE MADRID  
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE ESPAÑA  
SEOPAN  
SERCOBE

**VOLVER  
AL SUMARIO**

## Direcciones “web” recomendadas

World Energy Outlook. WEO:

[www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)

Libro blanco sobre la energía nuclear (Reino Unido):

<http://nuclearpower2007.direct.gov.uk/docs/WhitePaper.pdf>

Estudio Mix de Generación en el sistema eléctrico español:

[http://www.foronuclear.org/pdf/mix\\_electrico.pdf](http://www.foronuclear.org/pdf/mix_electrico.pdf)

Prospectiva de Generación Eléctrica 2030 (UNESA):

[http://www.unesa.es/documentos/prospectiva\\_libro.pdf](http://www.unesa.es/documentos/prospectiva_libro.pdf)

World Nuclear Association (WNA):

<http://www.world-nuclear.org>

Autoridad de Energía Atómica de Reino Unido:

[www.ukaea.org.uk](http://www.ukaea.org.uk)

British Nuclear Fuels (BNFL):

[www.bnfl.com](http://www.bnfl.com)

Nuclear Decommissioning Authority (NDA):

[www.nirex.co.uk](http://www.nirex.co.uk)

## Última hora

***Francia y Gran Bretaña han firmado un acuerdo para impulsar la energía nuclear y el desarrollo de nuevos reactores***