

e|núcleo

Energía y Medio Ambiente

NÚMERO 19 • FEBRERO 2007

Sumario

PÁGINAS 2 Y 3

La gestión de los combustibles gastados

PÁGINA 4

Noticias de actualidad
Direcciones web

Es una publicación de:

Foro Nuclear
Foro de la Industria Nuclear Española

Editorial

El núcleo ha tratado en otros números de los residuos radiactivos. Quedó patente que los residuos procedentes de las actividades nucleares representan una parte pequeñísima de los residuos que genera la sociedad. En

España se generan cada año 300 millones de toneladas de contaminantes que se vierten a la atmósfera (especialmente CO₂), 20 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos y 3,5 millones de toneladas de residuos industriales que incluyen 350.000 toneladas de residuos tóxicos y peligrosos. Frente a estas cantidades, los residuos radiactivos representan únicamente 2.000 toneladas, de las cuales 160 corresponden a residuos de alta actividad. Estos pequeños volúmenes permiten un control total en cuanto a su gestión segura y sin peligro alguno para el medio ambiente.

Los radiactivos son hoy día los residuos mejor controlados de todos los existentes. España dispone de una instalación para los residuos de baja y media actividad en El Cabril, que funciona desde 1992 y almacena los residuos procedentes de las instalaciones nucleares y radiactivas del país. Para los residuos de alta actividad, incluidos los combustibles gastados, el Parlamento aprobó en junio de 2006 la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC). Las reacciones iniciales del público revelan que sigue habiendo un notable desconocimiento sobre este asunto. Se alude al mal llamado

Los residuos radiactivos son hoy día los mejor controlados de todos los existentes

"cementerio nuclear" y se sigue creyendo que la gestión temporal de los residuos representa un peligro para la sociedad.

En este número **el núcleo** pretende concentrarse en los residuos de alta actividad consistentes inicialmente en los combustibles gastados de las centrales nucleares, y explicar cómo se gestionan de forma controlada y adecuada a corto, medio y largo plazo y las razones que han llevado a la construcción del ATC. También se explica cuáles son las distintas opciones para la gestión posterior de estos residuos, incluidas la utilización de su contenido energético, su transformación en otros residuos de menor vida radiactiva y la disposición final de los residuos que queden.

En la actualidad existe solución técnica para el almacenamiento temporal, el reproceso de los combustibles y la disposición final. Las alternativas avanzadas para aprovechar mejor los recursos energéticos y facilitar la disposición final están en fase de desarrollo. Durante el almacenamiento temporal podrá decidirse el camino a seguir en el futuro con mayor conocimiento de causa. La generación presente está en ello, pero con la tranquilidad de que la solución básica está ya disponible y que el legado a las futuras generaciones no contiene incertidumbres. ♦

BUZÓN DE LOS LECTORES

Desde que estudiaba BUP, en el que hice un trabajo sobre la energía nuclear, me di cuenta de lo necesario que es esta fuente de energía para España. Creo que hay que luchar para que llegue algún día la racionalidad y el sentido común a la mayoría de los españoles sobre este tema. ¡Basta ya de energía nuclear no gracias! Tengo dos hijos pequeños que me gustaría que heredaran un país mejor del que yo me he encontrado.

J. M.º Pérez

La prensa escrita comunica siempre que una central nuclear ha parado de forma no programada, dándole una importancia que a todos los lectores nos hace pensar y nos preocupa. Sin embargo, he comprobado que nunca se ha mencionado lo que pregunto a

continuación: ¿Cuál es el máximo accidente que puede sufrir un reactor nuclear de tecnología occidental? ¿Puede explotar como lo hizo el de Chernobil —tecnología comunista—, si se anularan las seguridades tal como hicieron los técnicos de esa central? Lanzo estas preguntas y me gustaría que las respondieran porque me preocupa que la sociedad esté en contra de la energía nuclear por tener poca información o porque la que recibe no es la adecuada. Gracias.

Ramón Martínez

La energía nuclear es la más limpia. Pero, a largo plazo, si no se descubre el modo de reciclaje de los residuos para reducir su tiempo de vida, ¿se llenarán los países de "cementos nucleares" cuyos costes son acumulativos? Si esta so-

lución resulta económicamente inviable, ¿se tendrán que cerrar las centrales nucleares en funcionamiento y se tomará la decisión de no construir nuevos reactores?

F. Sánchez

Me pregunto si la fusión nuclear será la solución o alternativa energética en un futuro a 15 o 20 años o si, al tratarse de un proceso tan complejo, la energía nuclear de fisión seguirá siendo el futuro hasta que se acaben las reservas de uranio. Por otro lado, para que España no dependa energéticamente de otros países tal y como ocurre actualmente, ¿debe apostar sólo por las energías alternativas, o más bien por la nuclear apoyada por las renovables y otras fuentes?

F. J. Gallego

Leo u oigo a menudo que la energía nuclear no genera CO₂, pero me pregunto... ¿No genera acaso CO₂ la minería, la extracción del U-235, la construcción de nucleares etc.? ¿Se han llegado a hacer cálculos de todo el CO₂ emitido en todo el ciclo nuclear?

Saturnino Barbé

¡Reservamos este espacio para tus opiniones!

elnucleo@foronuclear.org

Envía tu carta, comentario, sugerencia o crítica a elnucleo@foronuclear.org

Los textos destinados a esta sección no deben exceder de 10 líneas y es imprescindible que estén firmados.

el núcleo se reserva el derecho de publicar tales colaboraciones, así como de resumirlas cuando lo considere oportuno.

La gestión de los combustibles

Almacenamiento inicial

Los combustibles gastados, cuando se retiran definitivamente del reactor, se trasladan siempre bajo agua a una piscina donde se colocan en un bastidor situado en su fondo que lleva un enrejado metálico que asegura su inmovilidad. El agua refrigera los elementos combustibles y sirve de blindaje eficaz contra las radiaciones. La piscina se considera saturada cuando se ocupan todas las posiciones, excepto las precisas para alojar el núcleo entero del reactor si fuera necesario vaciarlo. Las piscinas españolas de combustible, que están en las propias centrales nucleares, tienen ya bastidores compactos con capacidad de almacenamiento entre 2013 y 2022, con la excepción de Trillo, que tuvo que suplementar su capacidad con un almacenamiento en seco. En las piscinas el combustible gastado permanece un mínimo de cinco años, durante los cuales se enfría y pierde parte de su radiactividad, permitiendo su traslado a otros lugares.

Destino del combustible gastado

Una vez que los combustibles gastados se han enfriado en las piscinas se introducen en contenedores para cualquiera de estas opciones:

- Traslado a repositorios (almacenes definitivos) para su disposición final.
- Traslado a instalaciones de reproceso.
- Almacenamiento temporal en la central, cuando no haya sitio en las piscinas.
- Almacenamiento temporal centralizado, en donde se espera hasta la disposición final.

La primera opción es necesaria, antes o después, para los combustibles gastados o para los residuos de período largo. Conviene insistir en que ya existe la tecnología para trasladar los residuos de vida larga a repositorios, una vez que su carga calorífica ha disminuido y se dispongan, con las barreras tecnológicas adecuadas, en formaciones geológicas profundas. Esta solución, aunque posible técnicamente, no se ha implantado de manera generalizada por varios motivos que aconsejan un período de espera:

- La construcción de los repositorios definitivos requiere largos períodos para la selección de las formaciones geológicas adecuadas, estudios para respaldar las autorizaciones necesarias y la construcción de importantes infraestructuras. Por otra parte, no existe aún una percepción completa por la sociedad de la necesidad de estas instalaciones que permita su aceptación pública.

La investigación de formaciones geológicas profundas de arcillas, granitos, basaltos o rocas salinas, y los ensayos realizados para asegurar la ausencia de sismicidad, de corrientes de agua, etc., permiten diseñar la disposición de los residuos finales en cápsulas herméticas (primera barrera, tecnológica) rodeadas por una capa impermeable o absorbente, por

RADIATIVIDAD DE LOS COMBUSTIBLES GASTADOS

El combustible nuclear tiene en el reactor una utilización de unos tres a cuatro años. Después de este tiempo el combustible, que entró en forma de óxido de uranio con una composición del 3 al 4 por ciento de uranio-235 y el resto de uranio-238, contiene, además del U-238 residual y de un 0,9% de U-235 que no ha sufrido fisión, una cantidad (3,5%) de productos de fisión sólidos o gaseosos, todos ellos radiactivos, y un 1% de nucleidos pesados llamados actínidos, el más importante de los cuales es el plutonio, que colabora en las fisiones. El elemento combustible se considera gastado cuando el crecimiento de los productos de fisión (absorbentes de neutrones) y el decrecimiento del U-235 que se va consumiendo hacen que el elemento ya no colabore en el mantenimiento de la cadena de fisiones. Entonces se retira el elemento del reactor y se sustituye por uno nuevo.

El combustible gastado, como resultado de la desintegración de los nucleidos presentes en él, produce calor y radiaciones, de las cuales deben ser protegidos los trabajadores y el público a corto y largo plazo. Los factores más importantes a considerar son:

- El calor, que disminuye rápidamente a medida que se desintegran los radionucleidos que lo producen. Sólo después de un enfriamiento adecuado deben transportarse o tratarse estos elementos.
- Las radiaciones gamma (rayos X de alta energía), producidos principalmente por los radionucleidos de vida corta (con períodos de semidesintegración inferiores a 30 años, lo que significa su desaparición práctica en unos decenios). La exposición a la radiación gamma es peligrosa para la salud por la interacción de la radiación con los tejidos y órganos vivos. La protección se logra mediante blindajes adecuados (agua, plomo, acero, hormigón).
- La emisión de radiaciones alfa por los radionucleidos de vida larga, con períodos de semidesintegración de hasta miles de años. La radiación alfa, incluso de alta energía, se detiene con facilidad, incluso por una hoja de papel. Sólo es peligrosa si el emisor se incorpora al cuerpo por ingestión, inhalación o a través de heridas en la piel. Entonces la fracción que permanece en el cuerpo puede dañar los tejidos circundantes durante años, dando lugar a células cancerosas. La protección se logra mediante el confinamiento a largo plazo de la sustancia emisora.

En resumen, debe haber una etapa corta de enfriamiento para reducir la carga calorífica, una etapa más larga de blindaje para protección contra las radiaciones gamma, y una etapa muy larga de confinamiento hermético (sin necesidad de blindaje) para impedir que los emisores alfa lleguen por cualquier camino a la biosfera, donde puedan ser incorporados a los seres vivos. La tecnología dispone ya de las soluciones adecuadas para cada etapa, y están en desarrollo nuevas y más avanzadas alternativas para la mejor gestión de estos residuos. ♦

ejemplo, de arcilla o bentonita (segunda barrera, tecnológica) y alojadas en la roca circundante (tercera barrera, geológica). Se calcula que este conjunto será impermeable ante improbables intrusiones de agua en el curso de los siglos que pudieran atacar al contenido de las cápsulas.

- Mediante el reproceso de los combustibles gastados pueden separarse el uranio residual y el plutonio, ambos con un gran potencial energético, eliminando la escasez de recursos energéticos durante muchos decenios, incluso siglos. Los residuos de este proceso, con bajo contenido de emisores beta y alfa de período largo, pueden tratarse hasta producir barras vitrificadas, que se prestan a una disposición final mucho más fácil en repositorios. Varios países han elegido esta vía, incluidos Francia, India y Japón. En España se destinaron inicialmente al reproceso en el Reino Unido varias recargas de Zorita y Santa Mª de Garoña, además de todo el combustible gastado de Vandellós-1, que se reprocesa en Francia. La mayor parte de estas operaciones implican la obligación contractual de devolución de los residuos vitrificados del reproceso al país de origen.
- Actualmente se encuentran en fase de desarrollo técnicas de separación de radionucleidos de período largo (actínidos menores como neptunio, americio y curio, y algunos productos de fisión) y su transmutación en otros de período más corto, utilizando reacto-

res rápidos o conjuntos subcríticos acoplados a aceleradores de partículas de alta energía. Con esta técnica, la disposición final podría simplificarse mucho.

Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI)

Cuando las piscinas quedan saturadas, los elementos combustibles gastados pueden almacenarse en seco en las instalaciones de las centrales mediante técnicas diversas, todas ellas probadas y licenciadas, que siempre proporcionan la refrigeración natural, el blindaje contra las radiaciones y el confinamiento hermético. En España se utilizan en la central de Trillo contenedores de unas 100 toneladas que contienen 21 elementos gastados. Están construidos en acero inoxidable, plomo y venenos neutrónicos en una configuración cilíndrica y están rellenos con un gas inerte y provistos de dos tapas herméticas. Se colocan verticalmente sobre una losa de hormigón en un edificio ventilado. En el caso de Zorita, recientemente parada, los elementos gastados se almacenarán utilizando una técnica distinta, que combina materiales metálicos con blindajes de hormigón.

Los almacenes individualizados en central pueden utilizarse durante decenios para después trasladar los contenedores a plantas de reproceso o a repositorios definitivos, si se han elegido estas opciones y cuando estén disponibles las instalaciones correspondientes.

Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC)

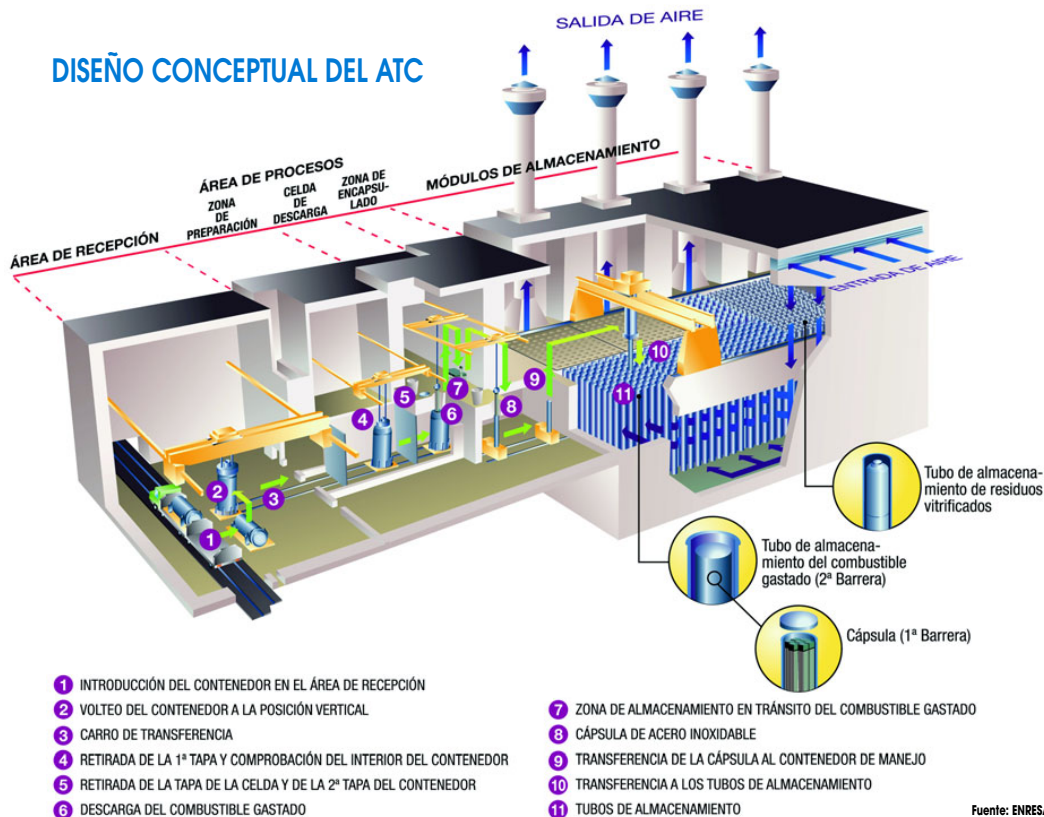
La solución de los almacenes temporales individualizados no es la mejor a plazo medio, por el coste de instalaciones y equipos de mantenimiento y vigilancia en cada central. La solución óptima es la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC). Con ello, se optimizan las operaciones de vigilancia y seguridad. Estos almacenes se diseñan para varios decenios. Países como Alemania, Francia, Holanda, India y Japón han elegido esta solución, que no requiere para su emplazamiento características especialmente particulares.

En junio de 2006, el Gobierno español aprobó la construcción de un ATC en un emplazamiento a determinar, siempre con la aprobación de la población vecina. El ATC español está diseñado para albergar durante un período de 60 años unas 6.700 toneladas de elementos combustibles consumidos por las centrales nucleares españolas durante toda su vida de operación, así como los residuos vitrificados procedentes del reproceso, especialmente de Vandellós-1, que deben ser aceptados y gestionados a partir de 2010, con fuertes penalizaciones económicas en caso de incumplimiento. El ATC tendrá características modulares y podrá ampliarse en caso de alargamiento de la operación de las centrales o de construcción de otras nuevas.

Con el fin de reutilizar los residuos y disminuir su volumen, está previsto instalar en el mismo emplazamiento un centro tecnológico sobre técnicas de gestión avanzada de los combustibles gastados, la separación y transmutación de los residuos de período largo y la utilización óptima de los materiales energéticos recuperados en el reproceso.

La solución elegida para el ATC, gestionado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), es la llamada de cámaras o bóvedas de almacenamiento, consistentes en recintos de hormigón armado de gran espesor dotados de tubos metálicos verticales de almacenamiento en dos zonas distintas para combustibles encapsulados en acero inoxidable y para los residuos vitrificados procedentes del reproceso. En la parte superior de la cámara se extenderá el área de manipulación, con la cubierta correspondiente. La disposición de las cámaras asegura las funciones básicas del almacenamiento: subcriticidad, evacuación del calor de desintegración, blindaje contra la radiación y confinamiento del material radiactivo. El módulo de almacenamiento, compuesto por dos cámaras, más los edificios de recepción de contenedores, procesos mecánicos, encapsulado y servicios y sistemas auxiliares, forman una instalación integral de casi 300 metros de largo y 80 de ancho, con una altura de 26 metros. La refrigeración de las cámaras es por circulación natural de aire, con entradas y salidas independientes. El conjunto estará vallado y vigilado. ♦

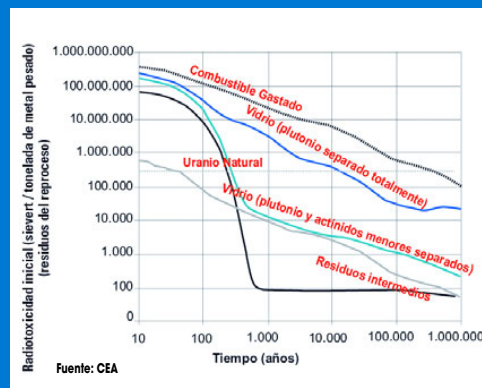
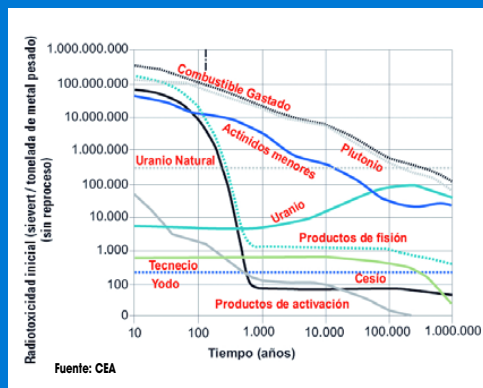
DISEÑO CONCEPTUAL DEL ATC



RADIOTOXICIDAD DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE PERÍODO LARGO. ANÁLOGOS NATURALES

A muy largo plazo, los residuos radiactivos de período largo son principalmente emisores alfa que necesitan ser confinados para que no lleguen por ninguna vía a la biosfera, donde puedan ser ingeridos, inhalados o incorporados de otra forma a los seres vivos. Así como para períodos más cortos (hasta unos pocos cientos de años) puede asegurarse que las soluciones técnicas son suficientemente seguras y no plantearán problemas a las generaciones futuras, cuando se trata de muchos miles de años es imposible contrastar con la práctica que las medidas tomadas van a cumplir exactamente las condiciones del proyecto.

En las figuras adjuntas puede verse, sin embargo, a fin de proporcionar la adecuada perspectiva, la predicción de la radiotoxicidad de los residuos radiactivos de período largo, en las distintas alternativas señaladas.



En la primera figura se observa la radiotoxicidad de los combustibles gastados si se disponen directamente en un repositorio. Desde algo más de 300 millones de sievert por tonelada a los diez años de sacarlos del reactor la radiotoxicidad tarda unos 300.000 años en decaer hasta la del uranio natural, que es de unos 300.000 Sv/t.

En la segunda figura se aprecia que la radiotoxicidad de los vidrios provenientes del reproceso (habiendo separado el plutonio y el uranio) tardan sólo unos 15.000 años en llegar al nivel del uranio natural. Si además se separan los actínidos menores, bastaría con unos 300 años.

La adecuación de los modelos de cálculo con las distintas formaciones geológicas y soluciones tecnológicas cobra una credibilidad muy acusada observando los llamados análogos naturales, situación de materiales en la naturaleza similar a la que se predice mediante cálculos que se producirá a muy largo plazo en una instalación como un repositorio radiactivo. El análogo natural más característico es el llamado reactor natural de Oklo, en Gabón. Se trata de una localización profunda donde existe mineral de uranio muy concentrado. Hace unos 2.000 millones de años el uranio natural contenía un 3% de U-235. La combinación de este uranio y agua que llegó al yacimiento causó reacciones en cadena que duraron quizás centenares de miles de años, lo que está demostrado por muestras de uranio que tienen hoy un contenido de U-235 ligeramente inferior al 0,712% del uranio natural en la Tierra y en todo el sistema solar. Además la composición isotópica de elementos intermedios está alterada, revelando la contribución de productos de fisión y sus descendientes. Pues bien, el rastro del plutonio y de los otros productos del funcionamiento del "reactor", 2.000 millones de años después, sin barreras tecnológicas ni nada parecido, apenas se separa del lugar de los hechos. Las medidas actuales para disponer de los residuos, en el peor de los casos, sin reproceso, tienen que ser eficaces durante 300.000 años, y se cuenta con las barreras tecnológicas. ♦

Este boletín es una publicación del Foro de la Industria Nuclear Española (FINE), asociación sin ánimo de lucro que representa a la industria nuclear, dedicada a la divulgación sobre los usos pacíficos de la energía nuclear.

Edita

Foro de la Industria Nuclear Española
C/ Boix y Morer, 6
28003 Madrid
Tel. 91 553 63 03
Fax: 91 535 08 82
elnucleo@foronuclear.org
www.foronuclear.org

Dirección y Coordinación
Piluca Núñez y Luis Palacios

Depósito Legal
M-10205-2004

ISSN
1697-8684

SOCIOS del FORO NUCLEAR

- AREVA NP ESPAÑA
- CN ALMARAZ
- CN ASCÓ
- CN COFRENTES
- CN JOSÉ CABRERA
- CN TRILLO 1
- CN VANDELLÓS II
- COAPSA - CONTROL DOMINGUIS
- EMPRESARIOS AGRUPADOS
- ENDESA
- ENSA
- ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS
- ENVIROS - SPAIN
- GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL
- GHERSA
- HIDROCANTÁBRICO
- IBERDROLA
- INITEC
- LAINSA L.A.I.
- LAINSA S.C.I.
- NUCLEONOR
- PROINSA
- SIEMSA ESTE
- TAMOIN POWER SERVICES - TPS
- TECNATOM
- UNESA
- UNIÓN FENOSA
- WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERV.

noticias de actualidad

Distintas organizaciones apoyan el uso de la energía nuclear en España.

Las Cámaras de Comercio se han mostrado partidarias de prolongar la vida útil de las centrales nucleares en funcionamiento y de construir nuevas instalaciones para mejorar, entre otros aspectos, la competitividad de la economía española. Así, el Presidente del Consejo de las Cámaras, Javier Gómez-Navarro, ha señalado que la energía nuclear "es una necesidad para lograr un suministro suficiente en cantidad, calidad y precio".

También han indicado la necesidad de la energía nuclear el Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña, la Asociación Valenciana de Empresarios, la Confederación Española de Organizaciones Empresariales, el Director General del Instituto de Estudios Económicos, el Comité Español del Consejo Mundial de la Energía, el Instituto de Empresa Familiar, el Círculo de Economía o la Asociación Española de Comunicación Científica, entre otros organismos. ♦

Pruebas de funcionamiento de la central rumana de Cernavoda-2.

Durante el mes de diciembre de 2006, se han llevado a cabo las pruebas de funcionamiento en caliente de la unidad 2 de la central nuclear de Cernavoda, un reactor de tecnología cana-

diense (agua pesada a presión) de 655 MW de potencia instalada. Está prevista su conexión a la red eléctrica el próximo mes de marzo y el comienzo de su operación comercial a mediados del año. Por su parte, la unidad 1, otro reactor de agua pesada a presión de 655 MW de potencia, alcanzó sus diez primeros años de funcionamiento el día 2 de diciembre de 2006, mientras que los trabajos de preparación para la terminación de las unidades 3 y 4 comenzarán en el primer trimestre del año 2007. ♦

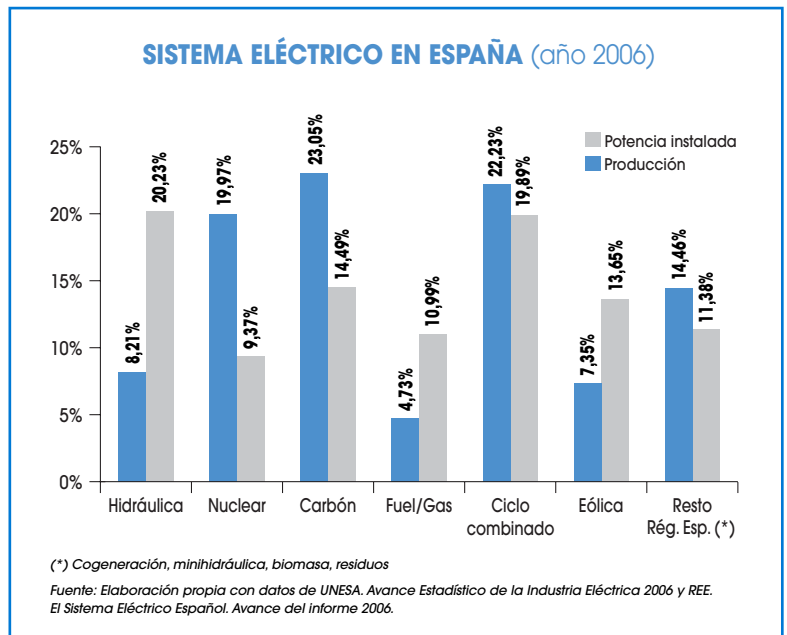
El Director del OIEA recomienda una "cuidadosa planificación" de centrales nucleares en países en desarrollo.

Mohamed ElBaradei, Director del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), ha declarado, en una conferencia sobre energía nuclear en Argelia, que el OIEA está dispuesto a proporcionar ayuda experta a los países que planeen desarrollar un programa de energía nuclear, y que el desarrollo de los países necesita del acceso fiable a modernas fuentes de energía. Sin embargo, llamó la atención de los países que consideran la posibilidad de impulsar programas nucleares propios, como Argelia, Egipto y Nigeria, de que no es una decisión que se haya de tomar a la ligera. "Como tecnología sofisticada, la energía nu-

clear requiere una infraestructura sofisticada, mucho más que otras fuentes energéticas, desde infraestructura industrial hasta marcos legales y regulatorios completos, pasando por instituciones que garanticen la seguridad y los adecuados recursos financieros y humanos. Este desarrollo lleva aparejada una planificación, una inversión y una preparación durante un período de 10 a 15 años". ElBaradei reconoció la validez de los debates sobre la energía nuclear cuando se tiene en cuenta el desequilibrio energético a nivel global. "En África, el consumo anual medio de electricidad es de aproximadamente 500 kWh per cápita, aunque en algunos países es de tan solo 50 kWh per cápita. En comparación, el consumo medio de los países de la OCDE es de 8.600 kWh per cápita, es decir 17 veces la media africana y más de 170 veces el consumo de algunos países africanos". ♦

Estados Unidos desarrolla un plan para incrementar el uso de energía nuclear a nivel mundial.

El Departamento de Energía de Estados Unidos ha publicado un plan estratégico, que forma parte del Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), para incrementar el uso de la energía nuclear a nivel mundial y para la utilización de los nuevos reactores avanzados, sin que se contribuya a la proliferación de armas nucleares y de forma que se gestionen los residuos radiactivos con responsabilidad. El plan proporciona un marco de trabajo a Estados Unidos para un mayor uso de la energía nuclear para cubrir las crecientes necesidades energéticas; desarrollar nuevas tecnologías para reprocesar el combustible gastado sin necesidad de separar el plutonio; desarrollar reactores avanzados que consuman los elementos transuránicos; establecer aprovisionamientos fiables de combustible a nivel mundial; desarrollar reactores resistentes a la proliferación y desarrollar salvaguardias mejoradas para garantizar que la energía nuclear se utiliza con fines pacíficos. Este plan demuestra la necesidad de aumentar el peso de la energía nuclear en la cesta energética de Estados Unidos. El programa GNEP forma parte de la iniciativa de la Administración Bush de reducir la dependencia de Estados Unidos del petróleo importado. ♦



El Parlamento español aprobó en junio de 2006 la construcción de un Almacén Temporal Centralizado

DIRECCIONES "WEB" RECOMENDADAS

- COMISIÓN INTERMINISTERIAL PARA LA SELECCIÓN DEL ATC
www.emplazamientoatc.es
- EMPRESA NACIONAL DE RESIDUOS RADIATIVOS
www.enresa.es
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
www.mityc.es
- CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR
www.csn.es
- CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS
www.ciemat.es
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
www.sepr.es
- ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
www.iaea.org
- AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA
www.iea.org