



**Foro Nuclear lanza una campaña para transmitir que las centrales nucleares no emiten CO<sub>2</sub>**



**Francia considera la energía nuclear como sector estratégico para relanzar su economía**



**Canadá y China cooperan para demostrar la viabilidad de los reactores con torio**

reactores con torio

## FORO NUCLEAR RECUERDA QUE LA NUCLEAR ES PARTE DE LA SOLUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Con motivo de la Cumbre del Clima, que se inició en Copenhague el pasado 7 de diciembre, Foro de la Industria Nuclear Española distribuyó a los pasajeros que volaron a esa ciudad una bolsa ecológica con el lema "TU ENERGÍA PUEDE MEJORAR EL PLANETA: las centrales nucleares no emiten CO<sub>2</sub>". De esta forma simbólica, el mensaje voló a la Cumbre para recordar que la energía nuclear es parte de la solución al cambio climático. Asimismo, la bolsa se distribuyó especialmente a políticos y representantes sociales vinculados con la estrategia española para combatir el cambio climático.

A través de esta campaña se transmitió que la energía nuclear es la única fuente capaz de producir grandes cantidades de electricidad sin contaminar la atmósfera. Asimismo, se quiso recordar que los ocho reactores nucleares que funcionan en España evitan la emisión anual de 40 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalentes a las emisiones de más de la mitad del parque automovilístico español. Por estas razones, la operación a largo plazo de los reactores actuales es una primera solución a la necesaria construcción de nuevas centrales para alcanzar un suministro de electricidad limpio y competitivo.

Fuente: Foro Nuclear, diciembre 2009



## LOVELOCK PIDE MÁS ENERGÍA NUCLEAR PARA FRENAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

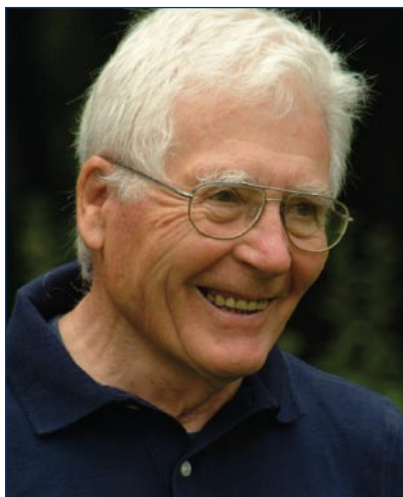
El científico británico James Lovelock ha abogado por invertir más en energía nuclear y menos en renovables para atenuar lo que en su opinión es un imparable proceso de cambio climático y permitir que la humanidad pueda "sobrevivir".

"La energía renovable nunca podrá proveer suficiente electricidad, excepto en un futuro en zonas como el sur de España o el desierto del Sahara", comentó Lovelock, que acudió a la Universidad de Santiago de Compostela (USC) para recibir el premio Fonseca de divulgación científica.

"No podemos ir emitiendo dióxido de carbono a la atmósfera, algo inevitable al quemar carbón o petróleo, ya que atraer el dióxido de carbono y enterrarlo representa una visión que no se producirá hasta dentro de 40 o 50 años, cuando ya sea demasiado tarde", afirmó Lovelock en una conferencia de prensa, en la que reconoció tener una visión apocalíptica del planeta.

Indicó que "el problema de los residuos nucleares ha sido ampliamente exagerado". Sufrayó que "los residuos que una central nuclear produce al año caben en un coche". Asimismo, se declaró dispuesto a enterrar residuos nucleares cerca de su casa ya que "no son peligrosos porque puede ser neutralizados y no representan amenaza alguna, comparados con el dióxido de carbono que "eso sí que es una mortífera basura que nos matará a todos si continuamos produciéndolo".

Fuente: Agencias, octubre 2009



James Lovelock

## FRANCIA SITÚA A LA ENERGÍA NUCLEAR COMO ASUNTO ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DEL PAÍS

El Presidente francés Nicolas Sarkozy ha anunciado una apuesta de 35.000 millones de euros en inversiones públicas para relanzar la economía del país con una posible contribución privada de 25.000 más. La energía nuclear se encuentra entre los asuntos estratégicos para impulsar la prosperidad, modernidad y la competitividad de Francia. Concretamente, se destinarán 5.000 millones de euros, a partes iguales, a las energías renovables y a la nuclear; concretamente con el desarrollo de una nueva generación de reactores más avanzados, conocida como la cuarta generación.

Estos reactores, todavía en investigación, serán capaces de consumir menos uranio, y además de producir grandes cantidades de electricidad, puedan desalar el agua del mar y producir hidrógeno.

La apuesta nuclear de Francia, con 58 reactores en operación y uno más de tercera generación en construcción, es clara desde hace años. El 76% de su electricidad es de origen nuclear. Además, el Gobierno francés anunció en enero de 2009 el inicio de la construcción de un reactor más a partir de 2012 con la idea de que en 2017 pueda estar en funcionamiento.

Fuentes: *World Nuclear News*, diciembre 2009

## AVANCE EN LOS PLANES NUCLEARES DE FLORIDA

Los planes de las empresas eléctricas de Florida (Estados Unidos) para construir nuevas centrales nucleares y aumentar la potencia de las existentes han cobrado un nuevo impulso con la decisión de la Comisión de Servicios Públicos (PSC) de Florida de autorizar un aumento de las tarifas eléctricas para ayudar a la financiación de los gastos incurridos por las empresas en los estudios y trabajos previos. La Comisión está de acuerdo con que estos aumentos son razonables y ayudarán a obtener mejores condiciones financieras para la construcción, lo que redundará en un beneficio para los consumidores. Hay que señalar que decisiones análogas a las de la PSC han sido adoptadas ya por las comisiones paralelas en otros estados regulados de la Unión, como Georgia, Kansas, Mississippi y South Carolina.

Las autorizaciones han sido para Florida Power and Light para su central de Turkey Point (dos AP-1000 de Westinghouse, de 1.117 MW cada uno), y para Progress Energy para su nuevo emplazamiento en Levy County (dos nuevos AP-1000). Ambas empresas proyectan que sus nuevas unidades comiencen a funcionar entre 2016 y 2020 y estiman el coste total de la inversión en unos 17.000 millones de dólares para cada una. Sin embargo, la decisión final de construir las centrales no es aún definitiva.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 22 octubre 2009 y *Nuclear Energy Overview*, 16-22 octubre 2009

## EL GOBIERNO BRITÁNICO LANZA SU PROPUESTA ENERGÉTICA Y APRUEBA DIEZ EMPLAZAMIENTOS NUCLEARES

Seguendo su concienzudo plan para la constitución de una infraestructura energética en Inglaterra y Gales que cumpla los objetivos de seguridad de suministro y lucha contra el cambio climático, el Departamento de Energía y Cambio Climático

(DECC) del Reino Unido ha enviado al Parlamento un borrador de Declaración de Política energética Nacional (NPS), con una propuesta de infraestructura eléctrica de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. La parte nuclear incluye la construcción de 16.000 MW nucleares para lo que aprueba diez emplazamientos potenciales para las futuras centrales nucleares y manifiesta que existe la infraestructura necesaria para el tratamiento y disposición final de los residuos radiactivos y combustibles gastados. El proceso de consulta acabará en febrero de 2010, tras lo cual un nuevo organismo, la Comisión de Planificación de Infraestructuras (IPC) recibirá a partir de marzo de 2010 las solicitudes de nuevas instalaciones y las analizará sólo en materias relacionadas con el ámbito local de cada emplazamiento.

La Declaración contempla, en general, una fuerte incorporación de energías renovables, especialmente eólica, centrales nucleares en los emplazamientos apro-

bados y el desarrollo de tecnologías con captura y almacenamiento de carbón. Las concesiones para emplazamientos nucleares aprobados han sido adquiridas por grupos internacionales de empresas interesadas en construir centrales en el Reino Unido. Los emplazamientos, con dos excepciones, albergan o han albergado instalaciones nucleares, y son:

- Hinkley Point, Sizewell, Heysham, Hartlepool y Bradwell, cuyo titular es Electricité de France, que tiene la intención de construir cuatro unidades de tipo EPR en los dos primeros emplazamientos, con entrada en servicio del primero en 2017. EDF, sin embargo, no excluye admitir otros socios que participen en la inversión.
- Wylfa y Oldbury, adquiridos por el consorcio Horizon Power Company, formado por E.On UK y RWE npower, empresas británicas de matriz alemana. El consorcio proyecta construir 6.000 MW nucleares hasta 2025.



- Los nuevos emplazamientos de Braystones y Kirksanton, en Cumbria, sobre los cuales tiene opción de compra RWE npower.
- Sellafield, en Cumbria, cuya opción de compra corresponde al consorcio formado por Iberdrola, GDF Suez y Scottish and Southern Energy, que proyecta construir 3.600 MW nucleares.

El Gobierno se compromete a llevar a cabo de forma eficaz las acciones técnicas, legales y administrativas necesarias para obtener las autorizaciones de construcción de las futuras centrales, siempre que los solicitantes aporten la documentación pertinente. No prevé, por el contrario, participar en el programa con subvenciones de ningún tipo, dejan-

do todo el esfuerzo financiero bajo la responsabilidad de las empresas participantes.

*Fuentes: Foratom e-bulletin noviembre 2009; Nucnet 9 noviembre 2009; NEI Nuclear Energy Overview nov 6-nov 12, 2009; Nucleonics Week 12 noviembre 2009 y Nuclear News Flashes 5 octubre 2009*

## PLANES NUCLEARES EN EUROPA

La actual crisis económica está influyendo en los planes nucleares de varios países, especialmente los que desean comenzar su andadura comercial. Sin embargo, los planes siguen adelante en varios países europeos.

### • Rumanía

A pesar de que la crisis ha afectado seriamente a Rumanía, los planes para la construcción de las unidades 3 y 4 de la central de Cemavoda (dos reactores de tipo CANDU-6, de 720 MW, suministrados por la canadiense AECL) siguen en pie, con la intención de consolidar la estructura financiera necesaria a finales de 2010.

El consorcio EnergoNuclear, liderado por la empresa estatal Nuclearelectrica, con participaciones menores del 10% de ENEL, CEZ, GDF Suez, RWE, Iberdrola y ArcelorMittal Galati, será el responsable de la construcción y operación de las unidades. La actual situación, que restringe de forma importante la capacidad financiera de Nuclearelectrica, hace que esta entidad reduzca su participación del 51% inicial al 20-25%, con el deseo de que el resto de los inversores incremente su participación proporcionalmente. Aún así, la participación de Nuclearelectrica sería mediante la aportación del agua pesada y el combustible. Los detalles de la operación deberían concretarse antes de fin de 2010. Los trabajos preliminares no se detendrán, ya que existen fondos para ello.

### • Bulgaria

Los planes de Bulgaria para construir dos unidades nucleares del tipo ruso AES-92 de 1.000 MW en Belene corren un serio peligro de ser cancelados o pospuestos indefinidamente. Estas dos unidades estaban destinadas a sustituir a las cuatro

de Kozloduy 1 a 4 (VVER de 440 MW, modelo 240) que han sido retiradas de servicio como condición para el acceso de Bulgaria a la Unión Europea, por razones de seguridad asociadas al diseño de ese tipo de reactor.

La propiedad de la central de Belene estaba prevista que fuera de la empresa estatal búlgara NEK en un 51% y la alemana RWE en un 49%. En vista de la crisis económica, que ha afectado mucho a Bulgaria, NEK ha anunciado que tiene que reducir su participación hasta el 20%, y que espera que RWE mantenga su participación mientras encuentra otros socios. En estas condiciones RWE ha anunciado que se retira del proyecto.

El Gobierno búlgaro ha invitado participaciones francesa y rusa, y se ha pensado incluso en solicitar nuevas ofertas que in-

cluyan la aportación de financiación por nuevos ofertantes.

### • Rusia

La empresa estatal Rosatom ha recibido finalmente la licencia del organismo regulador Rostechnadzor para la construcción en el emplazamiento de Seversk, cerca de Tomsk, en Siberia, de dos unidades nucleares de tipo VVER de 1.200 MW, para suministro dual de energía eléctrica y calor (hasta 7.500 billones de julios, equivalentes a 180.000 toneladas equivalentes de petróleo al año) para la zona circundante.

La ciudad de Seversk, con unos 100.000 habitantes, formaba parte de un gran complejo de industria química en la era

soviética, y lleva a cabo hoy algunas actividades en el campo nuclear, entre ellas la conversión de plutonio militar para uso civil. Los nuevos reactores, cuya construcción comenzará en 2010, entrarán en servicio en 2017 y 2019, dos años después de las

fechas originalmente propuestas, en vista del descenso de la demanda causada por la crisis económica. El coste total de las nuevas unidades se calcula en unos 3.100 millones de euros.

*Fuentes: Nucleonics Week, 3 septiembre 2009; Nucleonics Week, 15 y 29 octubre 2009; Nucnet, 23 octubre 2009 y Nuclear News Flashes, 28 octubre 2009; Nuclear News Flashes, 30 octubre 2009; WNN, 16 noviembre 2009 y WNA Nuclear Power in Russia, 1 diciembre 2009*



Central nuclear de Belene (Bulgaria), en construcción

cluyan la aportación de financiación por nuevos ofertantes.

La situación del Gobierno búlgaro es muy comprometida, porque la cancelación del proyecto puede tener implicaciones legales, con demandas cuantiosas por incumplimiento por parte de las empresas contratadas, como el consultor financiero Deloitte & Touche, el arquitecto-inge-

## NUEVA CANCELACIÓN DE LA CENTRAL TURCA DE AKKUYU

La construcción de una central nuclear en Akkuyu, en la costa turca del Mediterráneo, parecía acercarse cuando han surgido diferencias que han dificultado, una vez más, la decisión final de contratar y construir la central. Los planes para esta central se remontan hasta los años 70 del pasado siglo y se han cancelado varias veces. Este parece ser de nuevo el caso.

El Gobierno había solicitado ofertas para construir 5.000 MW nucleares en Akkuyu, un emplazamiento ya estudiado desde hace años. La construcción sería por un consorcio de empresas extranjeras con participación turca, que suministraría el proyecto, el equipo, la construcción, la puesta en servicio y la operación. La compañía turca distribuidora, Turkish Electricity Trading and Contracting Co (TETAS), compraría la energía a un precio estipulado durante 15 años, y a precio de mercado a partir de entonces. La compañía operadora habría de suministrar el combustible y retirarlo después de usado.

En estas condiciones, el Gobierno turco recibió una única oferta, de un consorcio formado por las rusas Atomstroyexport y RAO UES, y la turca Park Teknik. Este consorcio debería construir cuatro unidades de 1.200 MW del tipo VVER con la primera unidad entrando en servicio hacia 2020.

Últimamente han surgido problemas legales suscitados por el Consejo de Estado, tribunal supremo en materia administrativa, que se opone en la práctica a la firma de un contrato definitivo en las condiciones actuales, incluyendo la garantía del Estado de pagos por la energía producida que se estiman muy altos. TETAS acaba de anunciar en su página electrónica la cancelación del proyecto.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 17 septiembre y 19 noviembre 2009; *Power Engineering International* y 23 noviembre 2009 y *WNN*, 9 diciembre 2009

## FIN DE LA OPERACIÓN DEL REACTOR PHÉNIX EN FRANCIA

El reactor prototipo reproductor rápido Phénix, de 140 MW eléctricos, situado en Marcoule (Departamento francés de Gard), cesó definitivamente su operación el 17 de septiembre de 2009, según han comunicado el Comisariado francés de Energía Atómica (CEA) y Electricité de France (EDF).

El reactor Phénix, que comenzó a funcionar en 1974 con una potencia de 250 MWe, ha sido un prototipo de reactor de neutrones rápidos refrigerado por sodio líquido y con un combustible de óxidos mezclados de uranio y plutonio.

Durante su larga carrera ha servido como herramienta de irradiación

con neutrones rápidos para el desarrollo de combustibles para este tipo de reactores, comportamiento de materiales y tecnología de los metales líquidos. Además ha contribuido a la tecnología de la reproducción, según la cual puede generarse en el uranio-238 plutonio en mayor cantidad que la que se consume en el combustible, con lo que crece sustancialmente el aprovechamiento energético del uranio.

Últimamente en el Phénix se venían efectuando experimentos sobre la transmutación de los llamados actínidos menores, conducentes a la utilización de este tipo de reactor para incinerar los residuos radiactivos de vida larga contenidos en los combustibles gastados de los reactores comerciales, reduciendo su radiotoxicidad.

Después de la parada del Phénix, los experimentos de irradiación proseguirán en reactores experimentales extranjeros y en el reactor de investigación Jules Horowitz, en construcción por el CEA en Cadarache, con puesta en servicio en 2014.

Fuente: *Revue Générale Nucléaire*, julio-agosto 2009

**El reactor de investigación francés Phénix comenzó su funcionamiento en 1974**



Reactor Phénix, Francia

## Publicaciones

- ✓ **Energía nuclear para el siglo XXI.** Instituto de la Ingeniería de España, Universidad Pontificia de Comillas y Foro Nuclear.
- ✓ **World Energy Outlook.** Agencia Internacional de la Energía, noviembre 2009.
- ✓ **Mémento sur l'Énergie.** Energy Handbook, CEA 2009.
- ✓ **Les centrales nucléaires dans le monde.** CEA 2009.

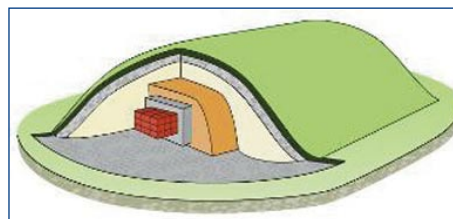


## ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS Y COMBUSTIBLES GASTADOS EN LITUANIA

La autoridad reguladora nuclear lituana, Vatesi, concedió en septiembre de 2009 la autorización para construir dos almacenes en Lituania, uno para residuos radiactivos sólidos y otro para combustibles gastados procedentes de las unidades 1 y 2 de la central de Ignalina. Los almacenes serán construidos en el mismo emplazamiento de Ignalina y forman parte del programa de desmantelamiento de la central, parada definitivamente como condición para el acceso de Lituania a la Unión Europea.

El proyecto para el almacén de residuos radiactivos sólidos, financiado en gran parte por el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo (BERD), ha sido contratado con un

consorcio liderado por Areva y participado por la empresa francesa Andra y tres entidades lituanas. Se trata de un repositorio a pequeña profundidad para los residuos radiactivos de baja y media actividad generados durante el desmantelamiento de la central de Ignalina. Constará de 50 celdas de hormigón que alojarán los residuos (hasta 100.000 m<sup>3</sup>) colocados en contenedores de hormigón y rellenos de cemento. El repositorio recibirá los residuos hasta 2030, cuando termine el desmantelamiento de la central, y será después recubierto con barreras múltiples anticorrosivas, tras lo cual será objeto de monitorización durante al menos 300 años.



Esquema del almacén de residuos radiactivos

En cuanto al almacén temporal para los combustibles gastados, contratado hace tiempo con la empresa alemana RWE-Nukem, asociada con Gesellschaft für Nuklear-Service GmbH (GNS) se espera que comience a funcionar en 2011 y albergue unos 18.000 elementos combustibles en contenedores durante 50 años.

Fuente: *Forum Nucléaire Suisse*, septiembre 2009 y *WNN*, 2 noviembre 2009

## PROGRESA EL PROGRAMA “MEGATONES A MEGAVATIOS”

El programa ruso-americano “megatonas a megavatios”, por el cual las dos potencias se comprometen a desmantelar 20.000 artefactos nucleares y mezclar el uranio enriquecido contenido con uranio natural o empobrecido para producir uranio de bajo enriquecimiento, apto para reactores comerciales, ha llegado a un 75% de cumplimiento.

El acuerdo entre los gobiernos lo ejecutan la empresa americana US Enrichment Corporation (USEC) y la rusa Techsnabexport (Tenex). Hasta la fecha se han mezclado 375 toneladas de uranio de alto enriquecimiento de las armas rusas para producir 10.858 toneladas de uranio de bajo enriquecimiento, con destino a las centrales americanas.

Hasta finales de 2008 USEC había pagado a Rusia más de 3.700 millones de euros, valor del trabajo de separación asociado al uranio enriquecido.

Fuente: *Nucnet - News in Brief*, 24 septiembre 2009

## CAMBIOS EN LOS REQUISITOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES EN EEUU

La Comisión Reguladora Nuclear (NRC) de Estados Unidos ha propuesto, y ha presentado para comentarios del público, una nueva regulación para las autorizaciones de almacenes individuales para combustible gastado y para los certificados de los contenedores de almacenamiento.

Hasta ahora estos almacenes se autorizaban para 20 años y cualquier posible ampliación (como en los casos de Surry y H. B. Robinson) se trataba como una excepción. Desde ahora se propone que las autorizaciones sean por 40 años y que las ampliaciones se traten como renovaciones por iguales períodos.

De la misma manera, se propone que las certificaciones de los contenedores sean también por 40 años, siempre que el titular pueda demostrar que se han satisfecho todos los requisitos del diseño. En ambos casos los titulares tienen que efectuar y presentar estudios sobre los efectos del envejecimiento para asegurar su funcionamiento según las especificaciones. Los comentarios a la propuesta tienen que ser presentados próximamente.

Fuente: *Nucnet*, 24 septiembre 2009

## CONVERSACIONES SOBRE EL FUTURO DE LA FÁBRICA BRITÁNICA DE COMBUSTIBLES NUCLEARES

Westinghouse está negociando con la Autoridad de Clausura Nuclear del Reino Unido (Nuclear Decommissioning Authority, NDA) una nueva etapa en el funcionamiento de la fábrica de combustibles nucleares en Springfields, que ha estado fabricando los elementos combustibles para los reactores británicos durante los últimos cincuenta años.

El emplazamiento de Springfields, actualmente propiedad de NDA, está hoy gestionado por Westinghouse mediante un contrato con NDA. Con la nueva negociación, Westinghouse adquiriría Springfields Fuels Ltd, la empresa que ostenta la licencia de operación y obtendría un arrendamiento del emplazamiento a largo plazo. Westinghouse proyecta realizar inversiones sustanciales en Springfields que le permitan suministrar combustibles para los futuros reactores británicos, incluyendo el reactor avanzado AP-1000.

Fuente: *Nucnet*, 10 septiembre 2009



Fábrica de combustible de Springfields

## EL MERCADO Y LAS RESERVAS DE URANIO EN 2009

Existen opiniones diferentes respecto a la disponibilidad de uranio para el futuro. Algunos predicen un estancamiento de la demanda por el cierre de reactores y la utilización de uranio de reservas estratégicas y arsenales militares: la producción minera cubre hoy sólo un 60% de la demanda. Otros confían en el relanzamiento nuclear, especialmente en Asia, y la gran demanda resultante. En todo caso, el precio del uranio, tras llegar a cotas altísimas hace dos años, se ha estabilizado al nivel de 44-46 dólares por libra de  $U_3O_8$ . El llamado Libro Rojo de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE asegura que las reservas conocidas son suficientes para satisfacer la demanda futura.

En los últimos meses se han constatado actividades de las principales empresas mineras, entre las cuales pueden citarse:

- Las obras de reparación de la mina australiana de Olympic Dam, propiedad de BHP Billiton, donde una avería de la maquinaria de extracción del pozo principal ha hecho necesaria la instalación de un equipo auxiliar en un pozo secundario. Se

espera que la mina, la mayor del mundo, reanude las operaciones durante 2010.

- Se han abierto dos nuevas minas en Australia: Four Mile, en Australia del Sur, con unas reservas estimadas de unas 28.000 toneladas de  $U_3O_8$ , y Lake Maitland, al oeste del país, con unas reservas de 10.750 toneladas.
- La empresa canadiense Cameco ha reanudado las operaciones de desecación del yacimiento de Cigar Lake, en Saskatchewan. Este yacimiento, propiedad de Cameco con un 50%, de Areva con un 37,1% y el resto de Idemitsu y Tepco, es el mayor del mundo en cuanto a reservas. Podrá entrar en operación dentro de 12 meses si las operaciones de retirada del agua que inundó el yacimiento y el acondicionamiento subsiguiente no deparan otros contratiempos.

Fuentes: *Revue Générale Nucléaire*, julio-agosto 2009; *Nuclear News Flashes*, 23 octubre, 3 y 9 noviembre 2009; *FN Areva News*, 2 diciembre 2009 y *New Scientist*, 28 noviembre 2009

### CANADÁ Y CHINA COOPERARÁN EN EL DESARROLLO DE REACTORES CON TORIO

La empresa canadiense Atomic Energy of Canada Ltd (AECL) y tres empresas chinas han acordado evaluar la utilización de torio como combustible en reactores CANDU. Se trata de poner a punto la tecnología necesaria, demostrar su viabilidad técnica y económica y aplicarla a escala comercial, previsiblemente en los dos reactores CANDU que forman la fase III de la central de Qinshan, en operación cerca de Shanghai.

Tanto China como India, que poseen yacimientos de torio, tienen programas muy activos en esta línea, como alternativa a la que emplea uranio. Se estima que las reservas mundiales de torio son tres o cuatro veces superiores a las de uranio.

Fuente: *Revue Générale Nucléaire*, julio-agosto 2009

### COMBUSTIBLE MOX EN JAPÓN

Los planes japoneses de utilizar combustible de óxidos mezclados de uranio y plutonio (MOX) han comenzado con la puesta en marcha de la central de Genkai-3 (un PWR de 1.127 MW, propiedad de Kyushu Electric Power Co. en operación desde 1994) después de una recarga que contiene 16 elementos combustibles de tipo MOX, con un 5% de plutonio. La empresa proyecta aumentar el sucesivas recargas el número de elementos con MOX hasta 48 de los 193 que contiene el núcleo. El combustible ha sido fabricado en la planta Melox de Areva, en Francia.

El reciclado del uranio usando el combustible MOX aumenta la energía producida por el uranio en 12%, y hasta un 22% si se recicla también el uranio 235 no quemado que contiene el combustible gastado.

Japón proyecta incrementar el uso del MOX en su parque nuclear y construye su primera planta de reproceso y fabricación de este tipo de combustible en Rokkasho-Mura.

Por otra parte, la empresa japonesa Chugoku EP Co. ha contratado con la francesa Areva la fabricación de 40 elementos combustibles MOX para la central de Shimane-2 (un BWR de 820 MW). El combustible será fabricado en la planta Melox a partir de plutonio extraído de combustibles gastados reprocesados en la fábrica francesa de La Hague.

Fuente: *WNN World Nuclear News*, 17 septiembre y 5 noviembre 2009

### Publicaciones

- ✓ **Instrucción IS-20 sobre requisitos de seguridad relativos a contenedores de almacenamiento de combustible gastado.** CSN, BOE no 42 de 18 de febrero de 2009.
- ✓ **Estratos.** Enresa, otoño 2009.
- ✓ **The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual.** OIEA 2009.

## RADIOTELESCOPIOS PARA HALLAR LAS PRIMERAS ESTRELLAS Y GALAXIAS

En el norte de Holanda se levantan actualmente los componentes de un gigantesco radiotelescopio para investigar la historia inicial del universo. Se intenta hallar cuándo se formaron las primeras estrellas y galaxias y explorar un pasado, aún desconocido, del cosmos.

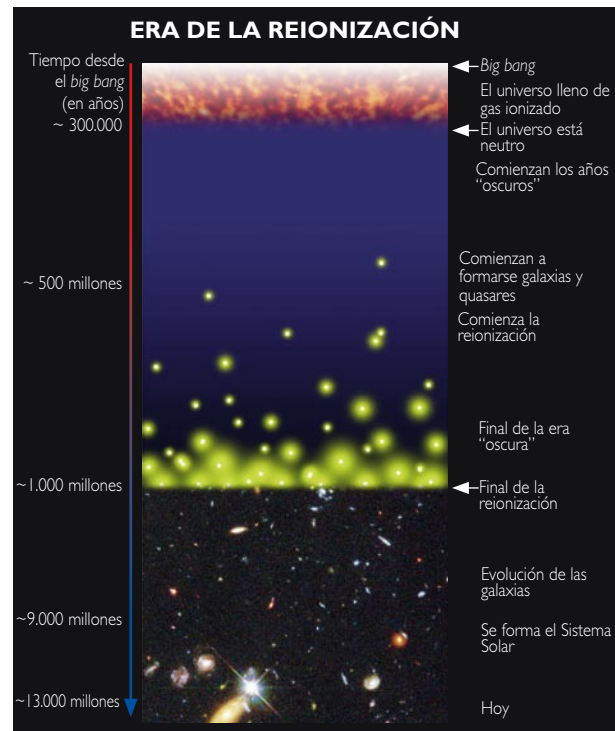
La red de baja frecuencia (LOFAR) se basará en disponer un sistema de antenas sencillas que reciban señales de todas direcciones y mediante un complejo proceso de análisis dirigir una señal hacia una parcela del cielo. Sistemas semejantes funcionarán en China, Australia y Estados Unidos.

El objetivo es aventurarse en una zona cosmológica desconocida que abarca desde que se emitió la radiación cósmica de microondas 400.000 años después de la explosión primordial (*big bang*) hasta 850 millones de años más tarde, cuando se hicieron visibles las galaxias superbrillantes denominadas *quasares*. En esta zona se pasó desde una nube casi uniforme de hidrógeno gaseoso a una serie de estrellas, galaxias y agrupaciones de galaxias.

Esta ignorancia deja sin explicar cómo fueron los primeros objetos luminosos y cuándo se formaron y si se forma-

ron directamente las grandes galaxias o se agruparon las de menor tamaño, ni qué proceso causó que el hidrógeno neutro formado en el *big bang* se ionizara más tarde. En la primera fase se cree que el espacio estaba lleno de partículas subatómicas y de fotones y que el proceso de enfriamiento dio lugar a que los protones se unieran a los electrones para formar hidrógeno, lo que se conoce como recombinación. Después de un lento proceso en el que no había absorción de los fotones por el hidrógeno, la gravedad comenzó a actuar por las pequeñas diferencias de densidad entre zonas del gas, agrupando la materia en las zonas más densas.

Se cree que cuando las acumulaciones de materia llegaron a masas superiores a 100.000 masas solares comenzó la etapa de reionización. Sus primeras manifestaciones son muy difíciles de detectar, pero el LOFAR tiende a buscar la pequeña diferencia entre los productos de la reacción hidrógeno normal y el hidrógeno ionizado. El átomo neutro se forma con protones y electrones con espines paralelos o antiparalelos: al pasar del estado paralelo, de mayor energía, al antiparalelo el átomo emite un fotón de longitud de



onda de 21 centímetros. El átomo ionizado no emite ese fotón.

El objetivo de LOFAR es explorar miles de millones de sucesos para hallar la radiación de 21 cm que, muy probablemente, dará información sobre las cuestiones planteadas por este período de tiempo.

Fuente: *Science*, 25 septiembre 2009

## DESARROLLO DE ANTICUERPOS MONOCLÓNICOS EN REACTORES DE INVESTIGACIÓN

Los anticuerpos monoclonales, seleccionados por su capacidad de reconocer y unirse a antígenos específicos para tumores específicos, son agentes muy prometedores como terapia contra tumores. Teniendo en cuenta la ventaja de la especificidad de los anticuerpos a los antígenos de la superficie del tumor, los anticuerpos monoclonales marcados con radisótopos se han estudiado como agentes para la obtención de imágenes (radioinmunoescintigrafía, RIE) y para terapia para reducir o anular el tumor (radioinmunoterapia, RIT).

En la RIT, es preciso buscar los compuestos que puedan ofrecer las tres condiciones requeridas como anticuerpo, la forma de presentación y el radisótopo. La especificidad o afinidad por el tumor y la falta de actividad para los tejidos normales accesibles son necesarios. También lo son la inmunogénesis propia y la cinética de las reacciones implicadas, la penetración con los tejidos normales y el papel de los residuos. Y, evidentemente las propiedades físicas del radisótopo (tipo de emisión, energía, período de semidesintegración), la estabilidad de la unión con el anticuerpo, la facilidad de empleo y la reactividad o estabilidad del conjunto.

Los radionucleidos de mayor interés en RIT son emisores beta (yodo-131, ytrio-90, lutecio-177, cobre-67, renio-188) y alfa (bismuto-212, bismuto-213 y ástato-211). Los emisores beta tienen un poder de penetración de algunos milímetros (de 1,5 a 11), mientras que los emisores alfa lo tienen por debajo de 0,1. Esta diferencia se acusa en la energía máxima que aportan, que en kiloelectronvoltios difieren entre factores inferiores a 2000 para los emisores beta y superiores a 6000 para los emisores alfa.

Por su interés, se detallan los fármacos más empleados en orden cronológico. En 1997, Rituxan y Zenapax; en 1998, Herceptin, Synagis, Remicade, Simulect y Enbrel; en 2000, Mirotarg; en 2001, Campath; en 2002, Zevalin y Humira; en 2003, Xolair, Bexxar y Raptiva y en 2004 Erbitux.

Recientemente se han propuesto varios lantánidos radiactivos como RIT por sus adecuadas características físicas y disponibilidad que pueden producirse en gran escala con reactores de investigación.

Fuente: *HANARO Newsletter*, 31 octubre 2009

## LAS PUERTAS DEL BAPTISTERIO DE FLORENCIA ESTUDIADAS CON NEUTRONES

El proyecto de investigación europeo Arte Antiquo (Ancien Charm) asocia la historia del arte y los conocimientos físico-químicos. Con ayuda de una sonda de neutrones de la universidad técnica de Munich, se examinan objetos antiguos con neutrones para diversos fines puramente físico-químicos, de Arqueología y de restauración.



Puerta del Baptisterio de la Catedral de Florencia

Así, se ha estudiado la Puerta del Paraíso, de bronce, del baptisterio de San Juan en Florencia. En esta obra, construida entre 1425 y 1442, el escultor Lorenzo Ghiberti muestra escenas del Antiguo Testamento encuadradas en cabezas de profetas y evangelistas. En una de ellas los profesores de la universidad de Colonia y Munich, Lea Canella y Ralf Schulze resolvieron el problema de la limpieza de la cabeza de un profeta. Dividieron la superficie en tres zonas, una tratada con un láser, otra con métodos químicos y otra conservada sin limpieza alguna. Orientaron la cabeza de tal modo que el haz de neutrones no produjera efecto apreciable sobre la superficie y estudiaron la radiación gamma desprendida por el choque de los neutrones.

Estos neutrones penetran más que los rayos X y permitieron deducir que el tratamiento químico era el más conveniente. Un examen más profundo permitió hallar que en la primitiva fusión se había dado lugar a la formación de un orificio, que fue posteriormente rellenado.

Fuente: Bulletin Forum Nucléaire Suisse, noviembre 2009

## EL DESIERTO DEL SÁHARA NO FUE UN OBSTÁCULO PARA EL PASO DE LOS HOMBRES PRIMITIVOS

Según investigaciones recientes, el desierto del Sáhara habría permitido el paso hacia el norte de los primitivos pobladores. Tal es la conclusión al haberse hallado evidencia de árboles y arbustos que crecieron en esta zona entre hace 45.000 y 120.000 años, lo que sugiere que los cambios climáticos ayudaron a los humanos a cruzar lo que ahora llamamos Sáhara.

Sin esta explicación el Sáhara habría sido un obstáculo insalvable en aquellos tiempos para llegar a Europa desde el sureste de África. La investigadora Isla Castañeda y sus colegas del Instituto Real de Investigaciones Marinas de Holanda han estudiado hidrocarburos de las plantas arrastrados por el polvo sahariano hasta los mares del África occidental en los pasados 192.000 años. De la proporción de los isótopos del carbono en los hidrocarburos los citados investigadores dedujeron los tipos de plantas que estaban presentes en aquellos tiempos.



Desierto del Sáhara

Mientras que los contenidos de hidrocarburos en los suelos actuales muestran que el 40% de ellos proceden de plantas que dependen del agua, este valor sube al 60%, primero entre los años 110.000 y los 120.000 años y de nuevo en el período de 45.000 a 50.000 años. Todo ello significa que entre estos años hubo, al menos varios periodos en los que predominaron tiempos lluviosos.

Esta combinación de periodos más o menos abundantes en lluvias en esta zona permitió que los primeros descendientes de los africanos dieran origen a los residuos de los primitivos habitantes de Israel hallados hace 93.000 años, lo que coincide con los análisis genéticos y arqueológicos.

Estas observaciones confirman teorías anteriores de que los primeros emigrantes podrían haber seguido los ahora enterrados sistemas de ríos en el Sáhara libio que datan de hace unos 120.000 años.

Fuente: New Scientist, 14 noviembre 2009

## Publicación



**Efectos biológicos de la exposición a dosis bajas de radiación ionizante.** UNESA, 2009. Más información: [info@unesa.es](mailto:info@unesa.es) / [www.unesa.es](http://www.unesa.es). Autores: J. Bernar, A. Gómez, F. García y A. Fernández.

## Socios FORO NUCLEAR

AMPHOS XXI - APPLUS/NOVOTEC - AREVA NP ESPAÑA - ASOCIACIÓN NACIONAL DE CONSTRUCTORES INDEPENDIENTES - C.N. ALMARAZ - C.N. ASCÓ - C.N. COFRENTES - C.N. JOSÉ CABRERA - C.N. TRILLO I - C.N. VANDELLÓS II - ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS EN ÁREAS DE CENTRALES NUCLEARES - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD - CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BARCELONA - CLUB ESPAÑOL DEL MEDIO AMBIENTE - COAPSA CONTROL - CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS DE ESPAÑA - EMPRESARIOS AGRUPADOS - ENDESA - ENSA - ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS - 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 - GAS NATURAL SDG - GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL - GHESA - GRUPO DOMINGUIS - HC ENERGÍA - IBERDROLA - INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL - INITEC - INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA - MINERA DE RÍO ALAGÓN - NUCLENOR - OFICEMEN - PROINSA - SEOPAN - SERCOBE - SIEMSA - TAMOIN POWER SERVICES - TECNATOM - TECNIBERIA - TÉCNICAS REUNIDAS - UNESA - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES