

## Reclasificación del accidente de Fukushima

El accidente de la unidad 4 de Chernóbil fue clasificado en 1986 con el nivel 7 de la Escala INES, por la destrucción total del reactor y las graves consecuencias de contaminación y dosis de radiación a grandes distancias del emplazamiento. En el tratamiento de la información predominó el secretismo y la evacuación de la población expuesta tardó varios días.

El accidente de Fukushima ha sido reclasificado por la autoridad reguladora japonesa (NISA) con el nivel 7 de la escala INES, tras una clasificación provisional de nivel 5 para las unidades 1, 2 y 3. La base para la reclasificación ha sido la emisión conjunta de radiactividad al exterior. Con la información disponible se estima, sin embargo, que el material radiactivo liberado es significativamente menor que el de Chernóbil.

El accidente de Chernóbil (un RBMK de grafito, refrigerado por agua en ebullición) fue causado por errores básicos en el diseño y en la operación, dejando fuera de servicio voluntariamente varios sistemas de seguridad para realizar un experimento. El reactor estaba en operación en el momento del accidente. Además, se encontraba dentro de un edificio convencional, sin estructuras de contención.

El accidente de Fukushima (seis unidades de tipo BWR moderado y refrigerado por agua en ebullición, de las cuales tres estaban en funcionamiento) ocurrió al producirse un terremoto de intensidad 9 en la escala de Richter, el mayor ocurrido en Japón. Los tres reactores en operación pararon automáticamente. La cuarta unidad estaba parada por mantenimiento y la 5 y 6, también paradas, estaban separadas de las otras.

En Chernóbil, los errores de operación, junto con una combinación inestable de caudal de agua de refrigeración y situación de barras de control, provocaron una elevación incontrolada de la potencia generada por la fisión nuclear (de 150 a 400 veces la potencia nominal) en unos tres segundos. El combustible se fundió y reaccionó violentamente

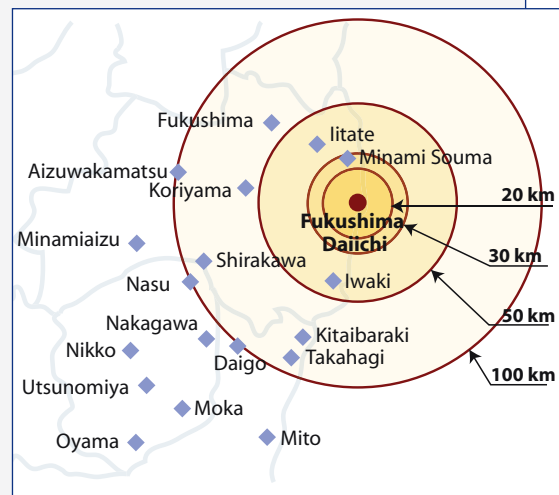
con el agua, originando una onda de presión que destruyó el núcleo, la tapa de la vasija y el edificio convencional que alojaba el reactor, esparciendo una mezcla informe de combustible, grafito y elementos estructurales por varios lugares del edificio y saliendo al exterior.

En Fukushima, con los reactores parados, los elementos combustibles contenidos en las vasijas quedaron con su calor residual, decreciente rápidamente con el tiempo transcurrido desde su apagado (a las doce horas queda sólo un 1%). En ese momento entraron en funcionamiento los sistemas de refrigeración de emergencia.

En Chernóbil, en donde no había recuperación posible, comenzaron los trabajos de vertido aéreo de grandes cantidades de diversos materiales, con el fin de proporcionar blindaje e impedir la dispersión de los materiales radiactivos al exterior. Más tarde, se construyó el llamado sarcófago, que sirvió temporalmente de contención, que no existió en el diseño original.

En Fukushima, desde el sismo hasta la llegada del tsunami menos de una hora después, el procedimiento funcionó como está previsto en el diseño. Tras el tsunami, el agua inundó los edificios y dejó fuera de servicio los generadores diesel, así como sistemas eléctricos y de instrumentación. Desde ese momento se perdieron todas las fuentes eléctricas y la monitorización de parámetros en los diversos lugares de las unidades. Todas las acciones se han encaminado desde entonces a refrigerar los elementos combustibles contenidos en las vasijas de presión y en las piscinas de combustibles usados. No ocurrieron ni pueden ocurrir reacciones de fisión, ya que los reactores se encuentran en condición subcrítica.

La contención en los reactores de Fukushima se basa en una vasija metálica de presión de



Distancias desde Fukushima Daiichi

gran espesor (vasija del reactor), que contiene el núcleo y está encerrada en un recinto de contención primaria, de hormigón con forro metálico. En caso de accidente, si se pierde el agua de refrigeración, pueden llegar a descubrirse parte de los elementos combustibles, tanto en la vasija como en las piscinas. El vapor que se pueda acumular en la contención primaria, o en el edificio del reactor, conteniendo posiblemente productos volátiles de fisión escapados de varillas combustibles deterioradas, puede ventearse al exterior si sube la presión, generalmente por medio de filtros, pero se contribuye con ello a elevar las dosis de radiación en el exterior. También puede acumularse hidrógeno procedente de la reacción de las vainas de circonio con el vapor, y producirse explosiones en el edificio exterior, como ocurrió en Fukushima.

Los efectos del terremoto y tsunami posterior han sido importantes en las instalaciones de Fukushima y han obligado a tomar un gran número de medidas excepcionales, incluyendo la refrigeración en circuito abierto, con acumulación de agua radiactiva en zonas bajas de los edificios. A diferencia de Chernóbil, los operarios están manejando la situación sin que haya habido hasta ahora bajas personales por irradiación excesiva.

Fuente: Foro Nuclear, mayo 2011

**Los accidentes ocurridos en las centrales nucleares ucraniana y japonesa han sido clasificados como nivel 7 en la Escala INES, pero son distintos**

## EXPERTOS INTERNACIONALES EN SEGURIDAD NUCLEAR PIDEN UNA REGULACIÓN MÁS ESTRICTA

Un grupo de dieciséis expertos internacionales en seguridad nuclear ha examinado los sucesos de Fukushima en Japón, y ha concluido que el régimen de seguridad en el que operan hoy las centrales nucleares debe ser reforzado.

Los accidentes severos de Three Mile Island en EEUU y Chernobil, en la antigua Unión Soviética, ocasionados por causas muy distintas, hicieron patente la necesidad de poner en práctica con todo rigor las medidas de seguridad previstas en el diseño, descartando cualquier complacencia con los buenos resultados que se suelen obtener, y adoptando una estricta cultura de seguridad. Las organizaciones INPO y WANO cuidan ahora de que las experiencias de funcionamiento se compartan por los operadores de las centrales.

Es absolutamente necesario evitar que se repitan accidentes severos como los cita-

dos y, desgraciadamente, el reciente de Fukushima, aunque éste haya sido causado por una catástrofe natural sin precedentes. Para ello, los nuevos diseños deben ser más robustos y elegir ubicaciones alejadas de posibles sismos o inundaciones que puedan exceder cualquier base de diseño razonable. Tanto en los nuevos diseños como en las centrales actuales, que aspiran legítimamente a prorrogar su funcionamiento seguro, deben contemplarse medidas que minimicen la posibilidad de fallos de causa común que puedan conducir a accidentes severos, y medidas de mitigación de las consecuencias que pudieran darse en el caso de que, a pesar de todo, ocurrieran.

Los regímenes de regulación de la seguridad nuclear deben tener un alcance global y los países que inician su andadura nuclear necesitan establecer sus infraestructuras

reguladoras con todo rigor y formar el personal adecuado, con ayuda internacional.

Es de esperar que la conferencia ministerial convocada por el OIEA en Viena en junio de 2011 sea un punto de partida para establecer un régimen global de requisitos vinculantes de seguridad, sea mediante un nuevo órgano o mediante el refuerzo de las estructuras nacionales, pero siempre con sujeción a inspecciones obligatorias.

Las recomendaciones del Grupo de Expertos deben conducir a un objetivo común: la seguridad a ultranza. El público aceptará la energía nuclear siempre que estén garantizadas su salud y seguridad en todas las circunstancias imaginables.

*Fuente: Declaración del Grupo de Expertos: NEVER AGAIN, An essential goal for Nuclear Energy, 4 abril 2011*

## LA INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA MUESTRA A CHINA SUS CAPACIDADES

Foro Nuclear ha coordinado junto con el Instituto de Comercio Exterior (ICEX) la participación de empresas punteras de la industria nuclear española en la IX edición de la Feria Internacional de la Industria Nuclear China, que este año ha tenido lugar del 6 al 8 de abril en la ciudad de Shenzhen.

A través de un pabellón agrupado con empresas como Ensa, Enusa, Tecnatom y Ringo Válvulas, la industria nuclear española ha mostrado un año más su tecnología y capacidades al mercado chino, el país que más reactores construye en la actualidad -27 unidades-.

El enorme mercado nuclear chino, por su volumen y ritmo de crecimiento hacen que la exhibición que se celebra en China se haya convertido en una cita anual imprescindible para consolidar las relaciones comerciales y profundizar en los acuerdos ya alcanzados. En la actualidad, China es el principal foco de atención de la industria nuclear a nivel mundial. El sector nuclear español participa activamente y tiene presencia comercial desde hace años en este país, siendo una industria altamente competitiva y valorada en el mercado asiático.

*Fuente: Foro Nuclear, abril 2011*



Pabellón español en la exposición

## LOS PLANES NUCLEARES EGIPCIOS, NUEVAMENTE POSPUESTOS

Egipto ha aplazado la petición de ofertas para la construcción de su primera central nuclear hasta que la situación política en el país quede estabilizada.

Desde los años setenta, existen planes para iniciar un programa nuclear en Egipto. Se han realizado numerosos estudios sobre posibles emplazamientos y firmado acuerdos de cooperación en los principales países poseedores de tecnología nuclear. También se ha contado con la cooperación del Organismo Internacional de Energía Atómica para formar la necesaria infraestructura para iniciar los planes.

El emplazamiento de El-Dabaa, situado en la costa mediterránea a unos 200 km al oeste de El Cairo, ha estado en consideración durante muchos años. En agosto de 2010, tras estudios detallados que incluían otros emplazamientos alternativos, se confirmó como el elegido para la primera central. El Gobierno proyecta establecer en El-Dabaa una central con cuatro unidades de 1.000 MW, con puesta en servicio de la primera en 2019.

La petición de ofertas, que debía extenderse a un número de proveedores para asegurar una competencia real, estaba prevista para enero de 2011, pero el proceso se ha paralizado como consecuencia de los acontecimientos vividos en el país. Mientras tanto se han ido configurando consorcios industriales con vistas a participar en la construcción.

De momento no se conoce cuándo se volverá a iniciar el proceso de petición de ofertas.

*Fuentes: NucNet, 25 agosto y 8 diciembre 2010 y Nucleonics Week, 3 marzo 2011*

## CAMBIOS EN ALEMANIA TRAS FUKUSHIMA

La Canciller alemana, Ángela Merkel, anunció el 15 de marzo de 2011 una moratoria de tres meses a la ley recientemente aprobada por el Parlamento por la que se prorrogaba la vida operativa de las centrales nucleares alemanas durante ocho o catorce años, según su fecha de entrada en funcionamiento (ver *Flash* de octubre 2010). La moratoria se entiende dictada por "circunstancias de sospecha de peligro", a la luz de los acontecimientos de Fukushima.

El Gobierno alemán ha constituido dos comisiones que han de someter sus dictámenes durante la moratoria:

- La Comisión de Seguridad de Reactores (RSK) llevará a cabo una revisión especial de la seguridad para determinar qué requisitos adicionales de seguridad se necesitan, considerando riesgos derivados de terremotos, inundaciones y ataques terroristas, y la posibilidad de pérdida total de suministro eléctrico durante más de 72 horas.

- La Comisión de Ética, dirigida por el anterior ministro de Medio Ambiente, Klaus

Töpfer, dictaminará sobre los efectos económicos adversos que el posible cierre de las centrales nucleares tendría sobre la sociedad.

Durante la moratoria detendrán su operación siete unidades que empezaron a funcionar antes de 1980: Neckarwestheim-I, Philippsburg-I, Biblis A y B, Isar-I y Unterwesser, más Brunsbüttel, que estaba ya parada. Estas unidades, además de la de Krümmel, parada desde 2007, representan más de 7.000 MW del total de 21.517 MW nucleares. Las diez restantes continuarán funcionando.

En opinión de algunos analistas, las siete unidades paradas no volverán a funcionar, y el régimen de funcionamiento de las demás se decidirá en una nueva estrategia energética que se establecerá en junio de 2011. La Canciller hizo estas declaraciones en una conferencia de prensa celebrada el 28 de marzo: "Mi punto de vista, como defensora de los usos pacíficos de la energía nuclear, ha cambiado desde los acontecimientos de Japón. Alemania debe aprender la lección". Según



Ángela Merkel

Merkel, la estrategia podría conducir a retirar del servicio todas las centrales tan pronto como sea posible pero de forma ordenada, a medida que puedan sustituirse por energía renovables. Esta es la opinión del sector antinuclear, muy fuerte en Alemania, y de los partidos de la oposición. La industria, no obstante, sostiene que las centrales son seguras y que, en todo caso, negociará los aspectos legales y económicos de una decisión que pueda conducir al cierre.

Fuentes: *Nuclear News Flashes*, 15 marzo 2011 y *Nucleonics Week*, 24 y 31 marzo y 7 abril 2011

## MORATORIA DE UN AÑO EN LOS PLANES NUCLEARES ITALIANOS

El Consejo de Ministros italiano ha anunciado una moratoria de al menos un año para la construcción de centrales nucleares en el país, como consecuencia de los sucesos de Fukushima y las próximas "pruebas de resistencia" en la Unión Europea.

Italia es el mayor importador de energía en todo el mundo. Compra electricidad sobre todo de Francia y Suiza, con un gran contenido nuclear. Durante los últimos años, y en vista además de los requisitos ambientales en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a su fuerte porcentaje de centrales de combustible fósil, Italia ha dado un número de pasos para volver a la producción nuclear, que había abandonado en 1990 como resultado de un referéndum celebrado en 1987.

El objetivo italiano es disponer en 2020 de una cesta energética de 25% renovables, 25% nuclear y 50% fósil. La empresa eléctrica estatal ENEL espera invertir 18.000 millones de euros en construir cuatro unidades nucleares en colaboración con Electricité de France (EDF) y sin subsidios del Estado. Mientras tanto se están creando las infraestructuras necesarias, comenzando con la legislación, la creación de una entidad nacional de investigación y desarrollo nuclear, los estudios para la construcción de un repositorio para combustibles usados, la creación de un organismo regulador y los estudios de licenciamiento en los emplazamientos nucleares existentes.

ENEL ha acordado con EDF una participación del 12,5% en la central francesa en construcción de Flamanville, y una opción para

participaciones similares en futuras centrales francesas. ENEL participará también activamente en otros programas nucleares extranjeros, como los de Eslovaquia y, posiblemente, la central Báltica de Kaliningrad, pero sobre todo en las centrales españolas, a través de su adquisición de Endesa.

El programa italiano, sin embargo, va a estar sujeto al resultado de un referéndum, solicitado por el partido Italia dei Valori, que se opone a la renuclearización y ha sido autorizado por el Tribunal Constitucional. La industria italiana, por otra parte, considera inaceptable anular enmiendas legislativas aprobadas que contienen disposiciones transpuestas de leyes internacionales.

La moratoria recién decretada aplazará los planes de construcción y la entrada en vigor de las varias enmiendas legislativas aprobadas últimamente y conducentes a la reintroducción de la energía nuclear.

Según ha declarado el ministro de Desarrollo Económico, Pablo Romani, la moratoria permitirá que Italia "tome decisiones [sobre sus planes nucleares] medidas e informadas, no influidas por las emociones del momento". No afectará a los trabajos actuales sobre la gestión de los residuos radiactivos, incluyendo la construcción de un repositorio nacional procedentes de las cuatro centrales clausuradas.

Fuentes. *Nucnet*, 21 diciembre 2010 y 13 enero 2011; *World Nuclear News*, 13 enero y 24 marzo 2011; *WNA Nuclear Power in Italy*, marzo 2011 y *Nuclear News Flashes*, 13 enero 2011

**Italia, gran importador de energía, ha aplazado los planes de construcción de reactores en el país a raíz de Fukushima**



## REVISIÓN DE LA SEGURIDAD NUCLEAR EN EEUU TRAS FUKUSHIMA

La Administración y la Industria de EEUU se preparan para una revisión de los requisitos de seguridad de las centrales nucleares americanas, tanto las que están en operación como las pendientes de certificación y autorizaciones combinadas.

El presidente Obama ha ordenado a la Comisión Reguladora Nuclear estadounidense (NRC) que lleve a cabo una revisión "completa" de la seguridad a través de las centrales nucleares americanas, a la vista de los acontecimientos en Japón. Obama reconoce que las centrales americanas han sido estudiadas y declaradas seguras para un número de contingencias extremas, pero es obligado estudiar lo ocurrido en Japón para determinar si es necesario un esfuerzo adicional para proteger la salud y la seguridad del público.

La NRC va a realizar dos revisiones:

- Una primera a corto plazo, tres meses, para evaluar la capacidad de los 104 reactores estadounidenses en operación para responder a desastres naturales, evaluando su respuesta a falta total de suministro eléctrico, accidentes severos y deterioro

**Obama ha solicitado al organismo regulador de Estados Unidos que realice una revisión completa de seguridad a los 104 reactores en operación**

progresivo de elementos combustibles usados, así como el análisis de las consecuencias radiológicas.

- Una revisión a más largo plazo que evalúe los cambios necesarios en los programas de investigación, de vigilancia y nuevos requisitos y ajustes en la estructura reguladora. Esta revisión implicará una participación importante de las partes



Central nuclear de Byron, Illinois

interesadas con instituciones como el Instituto de Energía Nuclear (NEI) e INPO.

En una reunión informativa del Comité de Energía y Recursos Naturales del Senado, el director ejecutivo de empresarios de la NRC, Bill Borchardt, aseguró que una de las cuestiones que examinará con detalle será la capacidad de las baterías eléctricas para operar en caso de fallo del suministro eléctrico en emergencias. Hoy esta capacidad va de cuatro a doce horas. Varios analistas indican que la capacidad debería aumentarse hasta 72 horas, para dar tiempo a habilitar otros medios de producción de corriente alterna para los sistemas de seguridad. También se debatirá la necesidad de asegurar la integridad de las piscinas de almacenamiento de combustibles usados y su refrigeración en casos de emergencia. Algunos expertos insistieron en que las piscinas no deberán contener combustibles usados más que durante cinco años, transfiriéndolos después a almacenes centralizados o a contenedores en seco.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 24 y 31 marzo 2011

## PETICIÓN DE LA AUTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN EN LOS EMIRATOS ÁRABES UNIDOS

Sólo un año después de la concesión del contrato para la construcción de cuatro unidades nucleares en los Emiratos Árabes Unidos a un consorcio coreano liderado por Korea Electric Power Corp (Kepco), la Corporación de Energía Nuclear de los Emiratos (ENEC) ha presentado a la Autoridad Reguladora Federal de los Emiratos (FANR) la solicitud de autorización para la construcción de las dos primeras unidades.

Estas centrales, denominadas Braka-1 y Braka-2, tendrán reactores de 1.400 MW y comenzarán a funcionar en 2017 y 2018 respectivamente. Las dos restantes, en el mismo emplazamiento, serán objeto de una nueva solicitud de construcción próximamente, y están programadas para entrar en servicio en 2019 y 2020. Braka está situada en la parte occidental de Abu Dhabi.

La documentación se ha preparado tomando como referencia la central de Shin-Kori (3 y 4). ENEC y Kepco han adaptado el diseño de referencia a las condiciones y requisitos suplementarios de FANR. El proceso de desarrollo de la documentación ha sido examinado también por un grupo de expertos internacionales dirigidos por el antiguo Presidente de la Comisión Reguladora Nuclear (NRC), Dale Klein. El grupo ha examinado todos los aspectos técnicos de programas de construcción y puesta en servicio, en cuanto a seguridad y eficacia.

El 24 de enero de 2011 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) anunció que la infraestructura nuclear creada en los Emiratos no presenta problemas significativos. Este es el resultado de una revisión integrada llevada a cabo por el OIEA. La misión destacó el progreso alcanzado por el país en la cooperación, sin detrimento de la independencia, entre la Administración y la Autoridad reguladora, la buena cultura de seguridad y los aspectos de gestión, educativos e industriales.

Por otra parte, el Grupo Asesor internacional creado por el Gobierno de los Emiratos, presidido por el antiguo Director General del OIEA, Hans Blix, ha recomendado que el país acelere los planes para asegurar los suministros de combustible y estructurar su sistema de gestión de los combustibles usados y residuos radiactivos, así como dar forma a la legislación nuclear, particularmente en lo relativo a la responsabilidad civil por daños nucleares, de acuerdo con los Convenios internacionales.

Mientras tanto, la Autoridad Reguladora, FANR, ha publicado para examen y comentarios públicos su propuesta de Guía sobre evaluación probabilista del riesgo.

Fuente: *Nuclear News Flashes*, 24 enero 2011 y *NucNet*, 29 diciembre 2010 y 8 febrero y 1 marzo 2011

## PROMETEDOR DESARROLLO DE COMBUSTIBLES NUCLEARES DE URANIO-BERILIO

La empresa canadiense IBC Advanced Alloys, basada en Vancouver, ha anunciado el fin de la primera fase de un prometedor proyecto para desarrollar combustibles de óxido de uranio mezclado con óxido de berilio. El proyecto, que comenzó hace dos años, está participado por Purdue University y la Estación Experimental de Ingeniería de Texas (TEES), miembro del sistema universitario de ese estado.

La presencia de óxido de berilio, sustancia que no reacciona con el óxido de uranio hasta temperaturas de 21.000 °C, aumenta la conductividad térmica de las pastillas de combustible, permitiendo así una disminu-

ción de su temperatura máxima y una estabilidad de la pastilla que puede contribuir a la seguridad operativa de los reactores y ayudar a aumentar el grado de quemado del combustible.

Los investigadores han desarrollado un proceso de co-sinterización que resulta en la formación de gránulos de óxido de uranio rodeados de óxido de berilio, que formarán después las pastillas del combustible siguiendo el procedimiento habitual en las fábricas de elementos combustibles. La próxima fase incluirá trabajos adicionales para confirmar la viabilidad del método y llevar a cabo análisis sistemáti-

cos del diseño, ensayos de irradiación y obtención de datos de rendimiento de la operación. Todo ello debe llevar a la fase industrial esperada.

La empresa General Electric Energy ha firmado un acuerdo de intenciones con IBC Advanced Alloys por el cual su filial de fabricación de combustible Global Nuclear Fuel America (GNF-A) participará en el proyecto, con el objetivo de lograr una mejora en el rendimiento del combustible de los reactores de agua en ebullición (BWR).

Fuente: *World Nuclear News*, 4 y 18 febrero 2011

## RUSIA ADQUIRIRÁ IMPORTANTES RESERVAS DE URANIO EN TANZANIA

Los esfuerzos de la compañía rusa Atomredmetzoloto (ARMZ), filial de la estatal Rosatom, para asegurar los suministros de uranio, incluían la compra de la empresa australiana Mantra Resources por 1.160 millones de dólares, adquiriendo así el complejo minero Mkuju River en Tanzania, situado a unos 500 km de Dar-es-Salaam. Las reservas de esta zona se evalúan en unas 38.500 toneladas de uranio, permitiendo una explotación, con los recursos medidos actualmente, de unas 1.500 toneladas anuales durante los próximos 12 años. Después de obtener los permisos necesarios, la propiedad de Mantra será transferida por ARMZ a su subsidiaria canadiense Uranium One.

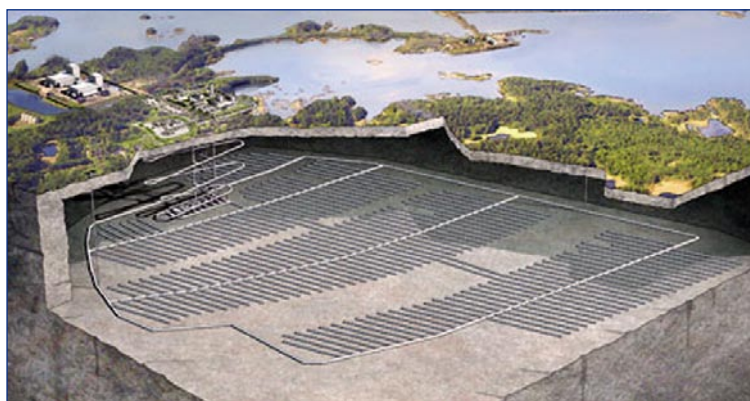
Uranium One declaró el 16 de marzo que no se satisfacían los requisitos que especificaban que no existiera ningún "efecto importante adverso" antes de cerrar el acuerdo, y que los acontecimientos de Fukushima podrían tener tal efecto en las perspectivas empresariales. ARMZ anunció que estudiaría alternativas para cerrar la transacción. Una semana más tarde las partes han llegado a una propuesta de acuerdo por el cual la venta se realizará mediante un pago de ARMZ a los accionistas de Mantra de 6,87 dólares por acción en efectivo, más un dividendo de 0,15 dólares pagado por Mantra. Este arreglo sustituye al pago de 8 dólares por acción previsto anteriormente.

Los directivos de Mantra y uno de sus principales accionistas han recomendado la aceptación de la propuesta, con lo que se espera la conclusión de este importante acuerdo.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 24 marzo 2011, y *Nuclear News Flashes*, 16 y 21

## SKB SOLICITA AUTORIZACIÓN PARA UN REPOSITORIO FINAL

La empresa sueca para la gestión de combustibles usados y residuos radiactivos (Svensk Kembränslehantering AB, o SKB) ha sometido la solicitud formal para la construcción de un repositorio final para combustibles nucleares usados y residuos de alta actividad, juntamente con una instalación de encapsulamiento del combustible antes de su transporte al repositorio. La instalación de encapsulamiento estará situada en el municipio de Oskarshamn, junto al almacén temporal centralizado de CLAB, y el repositorio en Forsmark, en el municipio de Östhammar, a 500 metros de profundidad en roca firme.



Esquema futuro repositorio sueco (Foto: SKB)

La solicitud será estudiada por la autoridad sueca de seguridad radiológica (Strålsäkerhetsmyndigheten) y el tribunal de medioambiente, cuyos informes acompañarán a la solicitud para la decisión política del gobierno y de las autoridades locales.

En un comunicado de SKB el 16 de marzo de 2011, se declara que "cuando se disponga de estas instalaciones, el sistema de gestión de combustibles usados de las centrales nucleares suecas estará completo".

Fuente: *NucNet*, 18 marzo 2011

## UNA BATERÍA MAGNÉTICA PUEDE INFORMAR DEL ESTADO DE RESIDUOS COLOCADOS EN REPOSITORIOS

Cuando se alcance la construcción de repositorios profundos proyectados en algunos países será conveniente comprobar cómo se comportan y cuál es el estado de los residuos durante los primeros decenios que permanecerán aislados una vez sellados los almacenes.

Con este fin, la industria nuclear británica ha subvencionado a la Universidad de Bristol del Reino Unido para que proporcione ideas. Una de las soluciones propuestas consiste en crear una batería magnética para que en un momento dado dentro de los primeros 100 años lance un mensaje que llegue al exterior.

El equipo tiene complicaciones, porque llevar la electricidad al repositorio no será posible, ya que los cables que se deben introducir no deben permitir la entrada de agua al almacén, ni la salida al exterior del agua contaminada o de los propios residuos. Y, además, cualquier batería o acumulador se habrá descargado para los años previstos.

La forma posible de generación de electricidad es su producción in situ. Para ello se estima que la fuente podría consistir en una barra de fibra de carbono de unos 15 cm de longitud con un potente imán de neodimio en cada extremo. Un tercer componente consiste en un imán de forma de rosquilla libre de moverse a lo largo de la barra, que está rodeada de una bobina de cobre.

La Universidad de Bristol está desarrollando una batería magnética que ofrecería información sobre la **evolución de los residuos radiactivos almacenados en repositorios profundos**

Para hacer funcionar esta batería se fuerza el imán móvil contra uno de los imanes fijos, cuyos polos están dispuestos para repelerse entre sí, y se fija con un pestillo u otro dispositivo que pueda desactivarse en un tiempo dado. El imán del otro extremo de la barra atrae al imán móvil.

Después de 100 años, el dispositivo de desbloqueo permite que el imán móvil pase rápidamente hasta el imán que lo atrae y así la inducción electromagnética crea una pequeña corriente en la bobina que carga un banco de condensadores. La corriente puede servir para comprobar sensores de temperatura y de radiación vía una señal de radio y transmitir los datos fuera de la instalación por medio de una antena.

Quedan todavía algunas dudas sobre el periodo de almacenamiento para el que serviría el sistema.

Fuente: *New Scientist*, 26 febrero 2011

## REPOSITORIO DE RESIDUOS DE ACTIVIDAD MEDIA EN COREA

La primera remesa de residuos radiactivos de actividad media ha llegado al nuevo repositorio de Gyeongju en Corea del Sur, según ha anunciado su operador, la Empresa de Gestión de Residuos Radiactivos.

La instalación ha almacenado desde finales de diciembre 1.000 bidones de residuos de la central de Ulchin en una zona de almacenamiento temporal en superficie hasta que termine la construcción de un túnel subterráneo para almacenamiento definitivo, previsto para finales de 2012.

El complejo de Gyeongju está proyectado para recibir residuos de actividad media de los 20 reactores cercanos, a tenor de 9.000 bidones anuales en remesas de 1.000 bidones. El túnel está preparado para contener hasta 800.000 bidones. No está diseñado para combustibles gastados ni residuos de actividad alta.

Fuente: *Nuclear Energy Overview*, enero 14-20 2010

## FLUCTUACIONES EN EL PRECIO AL CONTADO DEL URANIO

Después de la escalada del precio al contado del uranio (ver *Flash* marzo 2011), los acontecimientos en este mercado han provocado unas fluctuaciones en los precios que hacen difícil prever el nivel que alcanzarán en los próximos tiempos, aunque los analistas anticipan en el plazo medio y largo una estabilización a precios algo inferiores a los actuales.

A primeros de marzo, el precio al contado, que había llegado a unos 70 dólares la libra de  $U_3O_8$ , bajó hasta 66 \$/lb al anunciar el Departamento de Energía de EE.UU (DOE) la venta de 1.600 toneladas de uranio al año en 2011, 2012 y 2013

para financiar los costes de desmantelamiento de la fábrica de enriquecimiento por difusión gaseosa de Portsmouth (Ohio).

Inmediatamente después ocurrió el terremoto japonés y la crisis de Fukushima, lo que provocó una caída del precio al contado del uranio hasta 50 \$/lb  $U_3O_8$ , y un descenso importante de las cotizaciones de las empresas productoras de uranio. En ello influyó la noticia de que el ambicioso programa chino probablemente iba a moderarse.

Hacia el 21 de marzo los precios se habían recuperado hasta alcanzar los 60 \$/lb  $U_3O_8$ . No se piensa que a corto plazo vuelvan a subir hasta los 70 \$/lb  $U_3O_8$ , en parte por el previsible descenso de la demanda por parte de Japón.

Sin embargo, los analistas prevén para el plazo medio y largo entre 68 y 72 \$/lb  $U_3O_8$ , unos dos o tres dólares menos que en anteriores previsiones.

Fuentes: *Nuclear News Flashes*, 8, 11, 15, 16, 21, 22 marzo y 5 abril 2011



Pastilla de combustible de uranio



## LA CONTAMINACIÓN RADIATIVA DE FUKUSHIMA

El Ministerio de Ciencia japonés (MEXT) ha revelado altos niveles de cesio-137 y de yodo-131 en zonas situadas al exterior de la zona de exclusión de evacuación de 30 km, principalmente en el área norte-noroeste de Fukushima (ver mapa en la página 1).

El yodo-131, con un periodo de semidesintegración de ocho días, desaparecerá en cuestión de unas semanas. La principal preocupación se refiere al cesio-137 que, al tener un periodo de treinta años, tendrá un tiempo mucho más largo hasta dejar de constituir un riesgo de radiación. La intensidad del riesgo dependerá de dónde se deposite, del tipo de suelo o de la vegetación predominante en el área y si hay algún procedimiento para poder fijarlo o eliminarlo.

El Departamento de Energía de Estados Unidos ha sobrevolado las zonas afectadas con un detector de radiación gamma y ha encontrado que las áreas de mayor intensidad se encuentran dentro de unos 40 km de Fukushima, siguiendo una dirección de norte-noroeste.

Las zonas con mayor intensidad de yodo-131 y cesio-137 se encuentran principalmente en el **norte y noroeste de Fukushima**

Los niveles de radiactividad se consideran, según el ejemplo de Chernóbil, de alta intensidad si tienen más de 1.490 kilobecquerelios por metro cuadrado (kBq/m<sup>2</sup>) de cesio. Cuando los productos del suelo tienen más de 550 kBq/m<sup>2</sup>, en el caso de Chernóbil se destrúan.

Tras el suceso, el personal que vivía dentro de los 30 km de Fukushima fue evacuado, o se les aconsejó que no salieran al exterior. Las medidas de MEXT desde el 18 de marzo han encontrado con frecuencia cesio con valores superiores a 550 kBq/m<sup>2</sup> en un área de 45 km de anchura entre 30 y 50 km en dirección norte-oeste. El valor más alto ha sido de 6.400 kBq/m<sup>2</sup> a unos 35 km de Fukushima. Se han registrado valores de yodo-131 de hasta 12.560 kBq/m<sup>2</sup>.

Los accidentes de Fukushima no han sido producidos por razones de explosiones nu-



Dosímetro

cleares. La contaminación debida al yodo y al cesio, con la gran diferencia en sus periodos de semidesintegración se refleja en las 131.604 personas examinadas para detectar su radiactividad, de las que solamente 102 tenían la ropa contaminada.

La ampliación a cinco prefecturas más allá de los 40 km –pueblo de Kutsurao, ciudades de Namie e Iitate y partes de la ciudad de Kawamata y de Minami Souma– fue debida a la dispersión producida por los vientos dominantes.

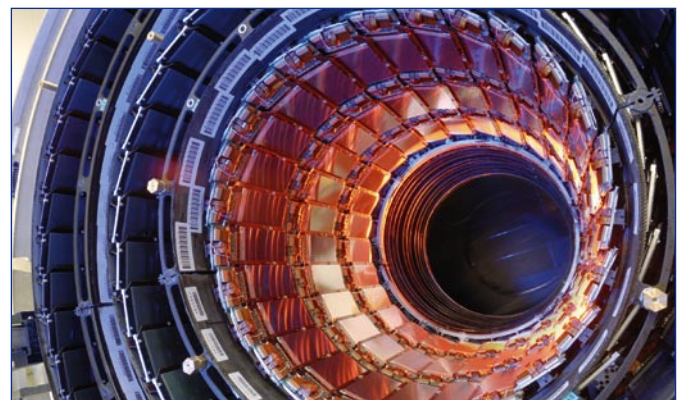
Fuente: *New Scientist*, 2 abril 2011

## COLISIONES DE PROTONES DE ALTAS ENERGÍAS

La Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) ha iniciado las colisiones entre protones de energía elevada. En el curso de algunos ensayos se han utilizado dos haces de 3,5 TeV ( $3,5 \times 10^{12}$  eV) con lo que en su colisión se obtienen 7 TeV. En ellos se han descubierto señales de fenómenos nuevos en el detector Solenoide Compacto de Muones (CMS) del Large Hadron Collider (LHC) del CERN situado en Ginebra, Suiza.

El fenómeno hallado consiste en la producción no esperada de numerosas partículas. Los investigadores de este experimento hablan de más de un centenar de partículas, es decir, cinco veces más de lo esperado. Este tipo de fenómeno, a veces designado como de “alta multiplicidad”, no había aparecido hasta ahora en la colisión de iones pesados, como los de núcleos de átomos de oro o de cobre.

Algunos investigadores del CMS han declarado que los expertos en física de partículas no pueden determinar aún los procesos que dan lugar al fenómeno. Precisan que las nuevas colisiones de iones de plomo previstas para finales de año en el LHC y de protones en el propio LHC, cuando alcance la energía máxima de 14 TeV en 2013, ayudarán a la comprensión de las reacciones implicadas.



Solenoide compacto de Muones

El CMS es uno de los cuatro detectores principales que componen el LHC. Tiene una masa de 14.000 toneladas y su construcción ha durado 16 años. Los equipos científicos en torno al CMS lo constituyen más de 3.100 científicos e ingenieros que proceden de 169 instituciones y laboratorios de investigación de 39 países del mundo.

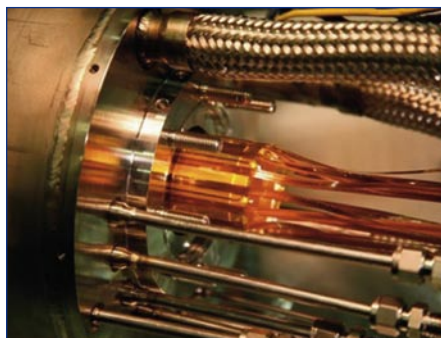
Fuentes: CERN, 21 septiembre 2010 y *Bulletin Forum Nucléaire Suisse*, noviembre 2010

## ANTIMATERIA Y ANTIHIDRÓGENO

La antimateria como tal fue propugnada por el físico inglés Paul Dirac en 1931 para reconciliar la teoría cuántica y la relatividad especial. La idea fue confirmada en el sentido de que la Explosión Primordial (*Big Bang*) de hace 13.700 millones de años había dado lugar a iguales sentidos de cargas positivas y negativas. Desde entonces, fueron descubiertos el positrón en 1932 por el Instituto de Tecnología en California, el antiprotón en 1955 y el antineutrón en 1956 por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley en California y más tarde el antideuterón por el CERN de Ginebra, Suiza, y por el Laboratorio Nacional de Brookhaven, Nueva York, EEUU y el antihidrógeno en el CERN.

Dirac trataba de averiguar por qué la antimateria es tan rara hoy, dónde ha ido y la causa de su desaparición. Surge al mismo tiempo la preocupación por la materia, por la materia oscura y por qué existe la materia como tal.

Recientemente, el CERN ha conseguido aislar 38 átomos de antihidrógeno en una trampa magnética algo más de 170 milisegundos. Un átomo de antihidrógeno está formado por un antiprotón cargado negativamente y un positrón cargado positivamente, equivalente en la antimateria al electrón. Una comparación de los nive-



Los electrodos (dorados) utilizados en la creación de antihidrógeno (Foto: N. Madsen, Alpha/Swansea)

les de energía en el antihidrógeno con los del hidrógeno serviría para confirmar que las partículas de la antimateria tienen las mismas fuerzas electromagnéticas que las partículas de materia, lo que es una premisa del llamado modelo estándar de la teoría de partículas.

Como la reacción entre la materia y la antimateria es instantánea, hay que separar la antimateria y confinarla mediante trampas electromagnéticas. Así se hizo en el experimento Alpha del CERN en Ginebra, en el que se produjeron antiprotones mediante positrones emitidos por el isótopo radiactivo sodio-22, que se conservaban por sus pequeñas propiedades electromagnéticas. Los antiprotones se hacían incidir a temperaturas próximas al cero absoluto con los positrones para formar antihidrógeno, que se retenía a temperaturas bajas y se

liberaba por aniquilación mediante cese del campo magnético. Se dispone así de una posible comprobación de que los antiátomos parecen obedecer las mismas leyes físicas que los átomos normales.

Para obviar estos riesgos de aniquilación, el experimento Alpha del CERN, mediante algunas modificaciones, ha conseguido obtener los 38 átomos de antihidrógeno antes mencionado, pero ello requirió repetir la operación 335 veces.

Otras alternativas se ofrecen para producir antihidrógeno. Una se basa en modificar el método del experimento Atrap. Otra propuesta del CERN, el experimento internacional Asacusa, trata de obtener un haz de átomos de antihidrógeno. En Japón la agrupación Riken señala que ya ha obtenido dicho haz y que lo empleará para estudiar los niveles de energía en el antihidrógeno sin necesidad de atraparlos. Y otro experimento del CERN comienza a comparar el efecto de la gravedad sobre el antihidrógeno y sobre el hidrógeno ordinario.

Como es conocido, la aniquilación del positrón es la base de la tomografía por emisión de positrones (PET). Esta aniquilación da lugar a la emisión gamma de 511 keV con una vida de 142 nanosegundos.

Fuentes: *Nature*, 18 noviembre 2010; *Science*, 5 noviembre 2010 y *New Scientist*, 27 noviembre 2010

## PREDICCIÓN DE PLANETAS HABITABLES FUERA DEL SISTEMA SOLAR

¿Es predecible la progresión de los métodos científicos? Algunos científicos los emplean para predecir los comportamientos de muchos hechos de interés para la sociedad. Es bien conocida la idea de Moore, según la cual el número de transistores que caben en un chip se duplica cada dos años aproximadamente. Dos científicos, Samuel Arbesman, de la Escuela Médica de Harvard y Greg Laughlin, de la Universidad de California en Santa Cruz, aplican este concepto para tratar de predecir

cuándo los astrónomos podrán encontrar un planeta similar en tamaño a la Tierra y con una órbita suficientemente alejada de su respectivo sol para poder disponer de agua líquida. Estas circunstancias harían posible el desarrollo de una actividad comparable a nuestra civilización.

Los investigadores antes citados probaron sus ideas con 370 planetas conocidos fuera del sistema solar, de los cuales se conocen sus masas y temperaturas en superficie,

para definir lo que ellos llamaron "métrica de habitabilidad", posteriormente comparando sus resultados con las fechas en que se descubrieron los citados exoplanetas.

La extrapolación de las curvas obtenidas condujo a la conclusión de que hay un 50% de confianza de que el primer exoplaneta de condiciones comparables al nuestro se hallará en mayo de 2011, un 75% en 2020 y un 95% en 2264.

Fuente: *New Scientist*, 25 septiembre 2010

## Socios FORO NUCLEAR

AMAC - ANCI - AREVA - AEC - BERKELEY MINERA ESPAÑA - BUREAU VERITAS - C.N. ALMARAZ - C.N. ASCÓ - C.N. COFRENTES - C.N. TRILLO I - C.N. VANDELLÓS II - 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 - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA - 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 - ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE LA UNED - FUNDACIÓN EMPRESA Y CLIMA - GAS NATURAL FENOSA - GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL - GHESA - GRUPO DOMINGUIS - GRUPO ENERMYT DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA - HC ENERGÍA - IBERDROLA - INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL - INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA - KONECRANES - NUCLENOR - OFICEMEN - PROINSA - SENER - SEOPAN - SERCOBE - SIEMSA - TAMOIN POWER SERVICES - TECNATOM - TECNIBERIA - TÉCNICAS REUNIDAS - UNESA - UNESID - WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES