



Nuclenor decide anticipar el cierre de la central de Garoña ante las pérdidas que le supondrán las medidas fiscales para la sostenibilidad energética



Enrico Fermi y sus colaboradores consiguieron hace 70 años la primera reacción nuclear en cadena



La Oficina de Regulación Nuclear británica ha concedido la autorización de emplazamiento para la construcción de la central nuclear de Hinkley Point-C

CESE DE LA OPERACIÓN DE SANTA MARÍA DE GAROÑA

El Consejo de Administración de Nuclenor, a la vista de la redacción final de la ley de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, que publicó el BOE el pasado 28 de diciembre, ratificó ese mismo día la decisión de cese de la actividad de la central nuclear de Santa María de Garoña.

Según explica Nuclenor, el texto de la nueva ley indica el carácter retroactivo del nuevo impuesto nuclear. La retroactividad de esta ley obligará a un pago de impuestos de 161 millones de euros por parte de Nuclenor en el supuesto de que la planta continuase con su operación hasta el 6 de julio de 2013, fecha en la que expira su actual permiso de funcionamiento. La magnitud del impuesto equivale a 1,5 veces los ingresos previstos por venta de energía en ese tiempo y situará a Nuclenor en patrimonio neto negativo, es decir, muy por debajo de los fondos propios necesarios para evitar la disolución de la sociedad, según lo establecido en la legislación vigente.

No obstante, el Consejo de Nuclenor, una vez publicada la ley, ha presentado una consulta vinculante a la Dirección General de Tributos del Ministerio de Hacienda

para que confirme la aplicación retroactiva del nuevo impuesto, en base a la cual se ha adoptado el acuerdo. De ratificarse los términos sobre la retroactividad de la ley, se confirmaría el cierre definitivo de la planta, antes de su entrada en vigor. Sólo de este modo, precisa Nuclenor, podrían salvaguardarse los derechos de los trabajadores y la capacidad económica para realizar los trabajos de desmantelamiento.

El pasado 16 de diciembre la central nuclear de Santa María de Garoña inició una parada programada para la descarga completa de los elementos combustibles contenidos en la vasija del reactor y su colocación en la piscina de almacenamiento. Esta operación se completó el 22 de diciembre.

Nuclenor había anunciado ya el 14 de diciembre pasado su decisión de proceder al cese de la operación de la planta, después de evaluar el impacto económico que tendrían para la empresa los nuevos impuestos contenidos en el entonces proyecto de ley impulsado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Fuentes: BOE, 28 diciembre 2012 y Nuclenor, 14, 17, 20, 26 y 28 diciembre 2012

LA CENTRAL DE VOGTLE, A PUNTO DE INICIAR LA CONSTRUCCIÓN

El hormigonado de la losa del reactor AP-1000 de Vogtle-3 en Estados Unidos está previsto para fechas próximas, una vez la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) ha dado su aprobación para la utilización de hormigón de mayor resistencia sin modificar las armaduras metálicas. No se espera que el retraso en la operación, que marca el inicio oficial en la construcción, influya en la fecha prevista para la entrada en servicio de la central. La construcción de otras partes de la central y el acopio de componentes continúan a buen ritmo y se utilizará el sistema de construcción modular probado con éxito en la construcción de los AP-1000 de Sanmen, en China.

Por otra parte, los propietarios de la central, encabezados por Georgia Power, y los contratistas principales, Westinghouse y Stone & Webster, están empeñados en una disputa legal ante los tribunales en demanda de compensación por los sobrecostes originados por cambios que, según sostienen los contratistas, responden a requisitos impuestos por la NRC, frente a la opinión del

titular, que atribuye estos cambios a una decisión unilateral del contratista. El objeto principal de la disputa es el diseño del "edificio de blindaje"; que debe resistir determinados efectos contenidos en la base de diseño, tales como tornados o terremotos. Junto con otras modificaciones menores que tienen también impacto sobre los costes y el cronograma de construcción, la cantidad demandada asciende a 900 millones de dólares. El litigio no influye en el programa de construcción.

Fuentes: NucNet, 27 agosto 2012; Nucleonics Week, 30 agosto y 6 septiembre 2012; World Nuclear News, 3 septiembre 2012 y CNS, Summary Report y Press Release, 31 agosto 2012



Soldador trabajando en Vogtle (Foto: Southern Company)

70 ANIVERSARIO DE LA PRIMERA REACCIÓN NUCLEAR EN CADENA

Hace 70 años que Enrico Fermi y sus colaboradores lograron la primera reacción de fisiones en cadena automantenida y controlada, sólo cuatro años después de que se descubriera que un átomo de uranio bombardeado con neutrones podía partirse (o *fisionarse*) generando una gran cantidad de energía y varios neutrones que podían continuar el proceso al impactar sobre otros átomos de uranio.

Fermi comprobó que la probabilidad de que este proceso tuviera lugar aumentaba cuando los neutrones producidos, de alta energía, perdían gran parte de ella si se *moderaban* por choques con átomos ligeros, como el hidrógeno o el carbono.



Dibujo del CP-1 y el equipo de Fermi (Foto: ANS)

El primer reactor, llamado CP-1, se construyó bajo las gradas del estadio Stagg Field, en Chicago. Constaba de un apilamiento de grafito puro en forma de ladrillos con orificios donde se introducían pastillas de uranio natural. Era necesario un considerable tamaño para reducir las fugas improductivas de neutrones y, desde luego, la mayor pureza posible en los materiales para impedir absorciones parásitas. El control corría a cargo de pletinas de cadmio, absorbente de neutrones, insertadas en el apilamiento.

Las capas de grafito, el *moderador*, fueron colocándose gradualmente y comprobándose mediante instrumentos que medían la población de neutrones las predicciones de los cálculos hasta que se llegó al punto, el 2 de diciembre de 1942, en que podía preverse el equilibrio entre los neutrones absorbidos y los generados, la llamada *críticidad*. En ese momento, con las barras de control completamente extraídas, el control se confiaba a una sola barra, retirada gradualmente a mano por un técnico, George Weil. En un momento determinado, al retirar la lámina unos centímetros adicionales, los instrumentos registraron una población estable de neutrones en lugar de una disminución. Se había logrado la *críticidad*, y Fermi ordenó, después de 28 minutos, la inserción de una barra absorbente para parar la reacción. Eran las 3:53 de la tarde del 2 de diciembre de 1942.

Lo que siguió después constituye la historia nuclear, primero para aplicaciones bélicas y después para usos pacíficos, hasta llegar a la situación actual con 437 reactores funcionando en 31 países, que suministran el 13,5% de la electricidad mundial.

Fuentes: *Controlled nuclear chain reaction, the first 50 years*. American Nuclear Society, 1992 y *World Nuclear News*, 3 diciembre 2012

AUTORIZACIÓN DE EMPLAZAMIENTO PARA HINKLEY POINT-C

Se ha dado un importante paso para la proyectada construcción de la central de Hinkley Point-C, en el Reino Unido, por la empresa EDF Energy, propiedad de Electricité de France. La Oficina de Regulación Nuclear (ONR) ha concedido la autorización de emplazamiento a NNB Generation Company (NNB GenCo), filial de EDF

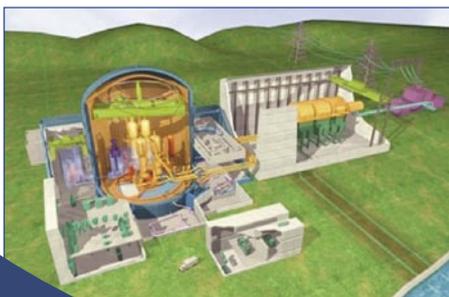
EDF Energy prolonga la vida de sus centrales nucleares en el Reino Unido y obtiene la certificación del diseño del EPR, y la autorización de emplazamiento para la central que proyecta construir en Hinkley Point-C

que se resolviera una serie de cuestiones pendientes planteadas a EDF Energy, respecto a diversos aspectos del diseño, que han quedado ahora aclaradas.

A partir de ahora se necesitan la autorización de ONR y de la Agencia Ambiental para comenzar la construcción, y la aprobación de la planificación por parte del Secretario de Estado.

Cuando estén resueltos estos pasos será el momento en que EDF Energy tome la decisión definitiva de comprometer la inversión y comenzar los trabajos, tras recibir la autorización final.

Por otra parte EDF Energy, que opera todas las centrales nucleares británicas excepto Wylfa (la única del tipo Magnox que funciona actualmente), ha anunciado que extenderá durante siete años más la operación de cuatro unidades del tipo de Gas Avan-



Esquema del EPR (Foto: Nuclear Engineering International)

Energy para la construcción de nuevas centrales nucleares. Esta autorización es la primera que se concede en el Reino Unido en los últimos 25 años y ONR ha necesitado tres años para evaluar la competencia y la capacidad de NNB GenCo para cumplir las condiciones exigidas y preparar el estudio de seguridad para la central propuesta. Al mismo tiempo, los reguladores han concedido la certificación genérica del diseño del reactor EPR propuesto (GDA), que estaba aprobada de forma provisional hasta

zado (AGR), dos en Hinkley Point-B y dos en Hunterston-B, en Escocia. Esta decisión se suma a la tomada en 2012 para prolongar la vida operacional de Heysham-1 y Hartlepool cinco años adicionales. EDF Energy invierte cada año 370 millones de euros en el mantenimiento y mejoras de

su parque nuclear británico, además de 400 millones en la operación del mismo.

En palabras de Vincent de Rivaz, máximo ejecutivo de EDF Energy, la prolongación de la vida operativa de los AGR no sustituye la necesidad de construir nuevas centrales y su empresa sigue adelante con sus

planes para crear la nueva generación de centrales nucleares en el Reino Unido.

Fuentes: ONR, 26 noviembre 2012; Nuclear Engineering International, diciembre 2012; World Nuclear News, 26 noviembre 2012; Nuclear News Flashes, 13 diciembre 2012 y NucNet, 26 noviembre y 4 y 13 diciembre 2012

EL DISEÑO DEL REACTOR ATMEA I, APROBADO POR EL REGULADOR FRANCÉS

Después de año y medio de estudio por la Autoridad de Seguridad Nuclear francesa (ASN) y su organismo técnico, el Instituto de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (IRSN), ASN ha concluido que las opciones y objetivos de seguridad del reactor Atmea I han sido desarrollados según las normas, reglas y recomendaciones internacionales más recientes, y concluye que el reactor es conforme a la reglamentación francesa y no precisa de modificaciones adicionales derivadas del accidente de Fukushima.

El Atmea I es un reactor de agua a presión diseñado por el consorcio Atmea, formado por la francesa Areva y la japonesa Mitsubishi. Su potencia es de 1.100 MW, lo que lo hace adecuado para países o regiones cuyas redes eléctricas no admitan los actuales reactores de mayor tamaño. Sus características derivan del EPR de Areva, con diversas contribuciones de Mitsubishi. El diseño tiene en cuenta posibles terremotos, inundaciones e impactos de aviones comerciales y está preparado para la gestión de accidentes severos.

El consorcio Atmea fue creado en 2007 por Areva y Mitsubishi y ha sido objeto de interés por varios clientes potenciales. La empresa francesa GDF Suez ha estudiado construir una unidad de este tipo en Francia, en lugar de su anterior intención

de participar en la construcción de la proyectada central de EDF en Penly. Igualmente, el Atmea I figura en la lista de tecnologías seleccionadas para la futura central de Jordania, que en la segunda ronda de selección ha quedado reducida a dos proveedores (el otro es el ruso AES-92, de 1.000 MW, mientras que el CANDU de la canadiense SNC-Lavalin ha sido eliminado).

La comercialización del Atmea I dependerá del deseo de los clientes, y es posible que EDF participe como arquitecto-ingeniero en determinados casos. Por otra parte, están en marcha negociaciones para ofertar reactores PWR de la misma potencia basados en los reactores de 1.000 MW que se construyen en China con tecnología francesa de la Generación II, pero mejorado por los constructores chinos. Es de esperar que la situación se vaya aclarando en los próximos años.

Fuentes: Areva, 9 febrero 2012 y Nucleonics Week, 17 y 24 febrero 2011 y 9 febrero y 3 mayo 2012



Esquema del Atmea 1 (Foto: Areva)

CAMBIOS EN EL PLAN DE CIERRE DE CENTRALES NUCLEARES EN BÉLGICA

El Consejo de Ministros de Bélgica decidió el 4 de julio prorrogar el funcionamiento de la central nuclear de Tihange-1 hasta 2025, pero cerrar Doel-1 y 2 en 2015. Más recientemente ha aprobado un proyecto de ley que establece las fechas de cierre de las demás centrales: Doel-3 en 2022, Tihange-2 en 2023 y Doel-4 y Tihange-3 en 2025. La ley deberá ser refrendada por el Parlamento.

El plan de cierre de las centrales nucleares belgas data de una ley de 2003 que establece el cese de las operaciones a los 40 años de funcionamiento, lo que se cumple para Doel-1 y 2 en 2016 y Tihange-1 en 2015. Las dos primeras unidades tienen reactores de agua a presión de 533 MW y la tercera tiene también un PWR de 962 MW. La ley incluía también una prolongación de la operación, por real



Central nuclear de Doel (Foto: Electrabel)

decreto, en caso de que la estabilidad de la red eléctrica no pudiese ser garantizada por otros medios sustitutivos.

Los estudios actuales confirman que existe este riesgo, considerando además que la empresa Electrabel, principal productora eléctrica del país, ha anunciado su intención de cerrar tres centrales fósiles en 2013 por razones económicas. El plan

de renovables, que va con retraso, tampoco puede suplir a medio plazo los más de 6.000 MW nucleares que operan en base en el país. Las centrales nucleares contribuyeron en 2011 un 54% del suministro eléctrico de Bélgica.

La ley de 2003 no ha sido modificada en los años posteriores, que han visto cambios políticos importantes, pero Electrabel sostiene que firmó un pacto con el Estado en 2009 que permitía la operación de las tres centrales por diez años adicionales, a cambio de la imposición de una tasa sobre los beneficios de esos años. Según Electrabel, este pacto es vinculante y ha sido vulnerado por la nueva decisión. El nuevo proyecto de ley suprime también la provisión que permite la posible prórroga.

Por otra parte, está pendiente la vuelta al servicio de las unidades Doel-3 y Tihange-2, que están paradas desde hace meses con objeto de investigar la trascendencia de las grietas laminares detectadas en virolas de sus vasijas (ver *Flash* de septiembre 2012). No se han descubierto grietas similares en otras vasijas construidas por el mismo fabricante, por lo que se concluye que se trata de dos casos aislados, con origen en el proceso de fabricación. Los estudios efectuados por

varios grupos de expertos nacionales e internacionales han llegado a la conclusión de que las grietas, producidas por hidrógeno durante el proceso de forja, están estabilizadas desde entonces, que la construcción de las vasijas siguió las normas y requisitos internacionales y que la integridad estructural de las vasijas está asegurada, con márgenes de seguridad considerables. El titular, Electrabel ha sometido las conclusio-

nes a la Agencia Federal de Control Nuclear de Bélgica (FANC) junto con su plan de puesta en marcha inmediata de las dos unidades, que incluye medidas adicionales de seguridad. FANC someterá la propuesta al Gobierno para su consideración.

Fuentes: *Electrabel*, 6 diciembre 2012; *Nucleonics Week*, 21 y 28 junio y 8 noviembre 2012; *NucNet*, 5 julio y 6 diciembre 2012; *World Nuclear News*, 5 julio 2012 y *Nuclear News Flashes*, 5 y 20 julio 2012

CAMBIOS EN EL PARQUE NUCLEAR CANADIENSE

Los trabajos de sustitución de componentes de los reactores canadienses de Bruce-2, en Ontario, han terminado, con lo que los ocho reactores de la central, con potencias que van de 786 MW a 891 MW, están en operación a final de 2012. El último en entrar en operación ha sido la unidad 2 de Bruce A.

Los reactores canadienses, de agua pesada y uranio natural del tipo CANDU, están diseñados para cambiar a los 25 años los canales de combustible y sus conexiones, los tubos del tanque del moderador (la *calandria*) en cuyo interior van los citados canales, y los generadores de vapor. Todo ello supone una considerable inversión y un tiempo de parada prolongado, pero la operación es necesaria para impedir problemas de suministro eléctrico, teniendo en cuenta la progresiva retirada de las centrales de carbón.



Sala de control de Point Lepreau (Foto: CNSC)

En la misma línea, el reactor de Point Lepreau, de 680 MW, operado por New Brunswick Power, ha vuelto a conectarse a la red después de recibir la autorización correspondiente para funcionar a plena potencia después de su programa de modernización, que ha incluido el cambio de los 380 tubos de calandria y canales de combustible. Este programa ha incluido también mejoras aconsejadas tras Fukushima.

En cambio, el Gobierno de la provincia de Québec ha decidido parar definitivamente la operación de la central de Gentilly-2, un CANDU de 675 MW que llevaba funcionando desde 1982, en vista de la cuantiosa inversión para los cambios en el equipamiento necesario para la prolongación de su vida operativa hasta 2040. Estos costes se habían evaluado en 1.460 millones de euros.

Fuentes: *Nuclear News Flashes*, 21 septiembre y 17 octubre 2012; *World Nuclear News*, 21 septiembre, 25 octubre y 5 noviembre 2012; *NEO*, 21-27 septiembre 2012; *Bruce Power*, 16 octubre 2012; *NucNet*, 18 y 26 octubre 2012 y *E-Bulletin Forum Nucléaire Suisse*, 23 octubre 2012

CERTIFICACIONES DE NUEVOS REACTORES EN EEUU

La certificación del reactor US-EPR, versión del reactor EPR de Areva para Estados Unidos, que estaba programada para junio de 2013, no se emitirá hasta finales de 2014, según ha comunicado la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) al proveedor francés. La nueva fecha está de acuerdo con el calendario presentado por Areva para responder a las cuestiones pendientes, más las nuevas planteadas por los requisitos adicionales exigidos por la NRC tras el análisis del accidente de Fukushima. Areva deberá presentar en agosto de 2013 una demostración de que su diseño cumple estos requisitos.

La solicitud data de finales del 2007 y el análisis de la NRC ha ido completando sucesivas etapas. El calendario facilitado ahora por Areva se ha elaborado en forma coordinada con los clientes potenciales para este tipo de reactor, entre los que destaca UniStar Energy, controlada por Electricité de France, que solicitó la Autorización Combinada de Construcción y Operación (COL) para la tercera unidad de la central de Calvert Cliffs, en Maryland. El estudio de esta COL va dando sucesivos pasos, pero sub-

siste el problema planteado por el presunto control de la central por una empresa extranjera, hecho no permitido por la ley americana (ver *Flash* de noviembre 2011).

Por otra parte, la NRC ha informado a la empresa japonesa Mitsubishi Heavy Industries (MHI) que la certificación final de su diseño de Reactor Avanzado de Agua a Presión (APWR) en versión para Estados Unidos, con 1.700 MW, se retrasará hasta agosto de 2015 a causa de las modificaciones introducidas por el proyectista que requieren un nuevo análisis estructural y sísmico. MHI deberá presentar los informes revisados y los cálculos justificativos en febrero de 2013. El programa será revisado periódicamente por la NRC y ajustado según el progreso del análisis de MHI. Las autorizaciones combinadas para centrales de este tipo, presentadas por Luminant para Comanche Peak, en Texas (dos unidades) y por Dominion para North Anna, en Virginia (una unidad), serán aplazadas 18 meses, como consecuencia del retraso de las certificaciones.

Fuentes: *World Nuclear News*, 31 mayo y 13 junio 2012 y *Nuclear News Flashes*, 30 mayo 2012

Publicaciones

- ✓ **World Energy Outlook 2012.** Agencia Internacional de la Energía (IEA).
- ✓ **Planificación energética sostenible para la generación eléctrica.** Universidad Pontificia de Comillas, 2012.
- ✓ **José María Otero Navascués.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2012.
- ✓ **Las centrales nucleares en el mundo.** Edición 2012. CEA.
- ✓ **Energía: desarrollos tecnológicos en la protección medioambiental.** Serie: Energía y regulación. Comisión Nacional de Energía.

ENSA, EN EL MERCADO DE CONTENEDORES Y CÁPSULAS PARA COMBUSTIBLES USADOS Y RESIDUOS RADIATIVOS

La compañía española Equipos Nucleares (ENSA), especializada en la fabricación de grandes equipos para centrales nucleares, ha entregado cuatro nuevas cápsulas para combustible usado de tipo MPC-32 para la central nuclear de Ascó. La fabricación se ha realizado por ENSA en colaboración con su asociada Enwesa. Las cápsulas se integrarán en contenedores de hormigón de tipo HI-STORM, también suministrados por ENSA. Actualmente se han entregado cinco cápsulas y cinco contenedores. Los conjuntos de cápsula y contenedor se depositarán en el almacén temporal existente en la central hasta su traslado al Almacén Temporal Centralizado cuando esté disponible.

ENSA ha entregado también a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa)



Sobreembalaje para José Cabrera (Foto: ENSA)

cuatro sobreembalajes de tipo HI-SAFE Overpack fabricados en colaboración con Enwesa, destinados a alojar diversos componentes internos de la vasija de la central José Cabrera, en fase de desmantelamiento. Los sobreembalajes se colocarán en el Almacén Temporal Individualizado construido en dicha central, donde ya se encuentran los contenedores HI-STORM

para combustible usado construidos por ENSA en años precedentes.

ENSA y Enwesa prestarán servicios de manejo y operación de estos componentes en las centrales.

Por otra parte, ENSA ha sido recientemente elegida por Enresa, en dura competencia internacional, para suministrar cinco contenedores metálicos de combustible gastado de tipo ENUN-S2B para la central de Santa María de Garoña. La empresa fabricará estos contenedores de diseño propio, juntamente con una plataforma de transporte para el manejo de los mismos.

Fuente: ENSA, septiembre 2012

PRIMERA ETAPA EN EL MONTAJE DEL NUEVO SARCÓFAGO DE CHERNOBIL

Se ha completado una primera fase para la construcción del nuevo sarcófago estanco (llamado Nueva Contención Segura, o NSC) en Chernobil, que cubrirá el primer sarcófago, construido apresuradamente para contener los restos de la unidad 4 de esta central tras el accidente de 1986.

Esta primera fase, que marca el principio de la construcción, ha consistido en la elevación hasta 22 metros del arco superior de un primer módulo, formado por la unión de varios arcos más estrechos, y ha sido dotado de un revestimiento estanco, con un peso total de unas 5.300 toneladas. Cuando se completen las secciones intermedia e inferior del módulo se irán soldando gradualmente entre sí, elevándose el conjunto hasta alcanzar la altura de 108 metros. El módulo completo será llevado sobre una pista de hormigón hasta colocarse frente al antiguo sarcófago. El segundo módulo se construirá a continuación por el mismo procedimiento y se colocará después del primero. Previamente se instalarán en la zona del antiguo sarcófago las grúas y maquinaria necesaria para las operaciones de desmantelamiento y la retirada de material, que se ejecutarán más tarde por control remoto desde el exterior del nuevo sarcófago. Por último, se unirán los dos módulos y se colocarán sobre el sarcófago anterior mediante gatos hidráulicos. Se colocarán, así mismo, dos paredes laterales de cierre.

La Nueva Contención Segura, una vez instalada, tendrá unas dimensiones de 108 m de alto, 257 m de ancho y 150 m de longitud y pesará unas 30.000 toneladas. El edificio será hermético tanto para proteger el interior de fenómenos atmosféricos exteriores como para impedir la salida incontrolada al exterior de combustibles y materiales contaminados que se vayan manipulando para su disposición. Sin embargo, el edificio no está diseñado como blindaje, por lo que las operaciones desde el exterior tendrán que ejecutarse con la debida protección del personal contra las radiaciones gamma.

La construcción de NSC y la instalación de los sistemas estarán terminadas antes del final de 2015. Todo el sistema está diseñado para durar más de 100 años y se espera que el desmantelamiento total esté terminado para entonces.

Fuentes: NucNet, 27 noviembre 2012; Nuclear News Flashes, 27 noviembre 2012 y World Nuclear News, 29 noviembre 2012



Elevación del primer arco del sarcófago (Foto: WNN)

DOS NUEVAS MINAS PRODUCIRÁN URANIO EN 2013 EN EEUU

Dos empresas han recibido las autorizaciones necesarias para comenzar actividades de producción de uranio en el estado de Wyoming, en EEUU. Ambas utilizarán el procedimiento de lixiviación in situ, mediante el cual se inyecta una solución oxidante en pozos profundos excavados en la masa de mineral, que disuelve el uranio, bombeándose la solución hasta la superficie para su extracción por cambio de ion.

Este procedimiento afecta al medio ambiente mucho menos que la explotación a cielo abierto.

- La empresa Uranerz ha recibido del Departamento de Calidad Ambiental (DEQ) de Wyoming permiso para las perforaciones profundas en el Rancho Nichols en la cuenca del río Powder, la última autorización que necesitaba para

iniciar las operaciones. Con este permiso la empresa podrá instalar dos pozos en zonas empobrecidas para el vertido de la solución empobrecida, restaurándose el equilibrio de las aguas subterráneas. La licencia es para una producción de hasta 770 toneladas de uranio al año, comenzando por unas 230. Los trabajos de construcción ya han comenzado. La instalación servirá como centro para de-

sarrollar zonas adyacentes. Se calculan unas reservas de unas 6.060 toneladas de uranio.

- Por otra parte, la empresa Ur-Energy ha obtenido la aprobación del DEQ para

ORDEN JUDICIAL CONTRA INTERFERENCIAS EN UN TRANSPORTE NUCLEAR

La empresa británica International Nuclear Services (INS), filial de la Autoridad de Clausura Nuclear (NDA), ha efectuado dos envíos por mar al puerto alemán de Nordenham con elementos combustibles de óxidos mezclados (MOX) con destino a la central alemana de Grohnde. Los elementos han sido fabricados en la instalación de Sellafield, en Inglaterra. Los transportes terrestres

Una orden judicial ha evitado interferencias peligrosas en un transporte de elementos combustibles

desde la fábrica al puerto de Workington y desde Nordenham hasta la central se han efectuado en vehículos terrestres de gran seguridad y el transporte marítimo en el buque *Atlantic Osprey*, especializado en esta clase de transporte.

El primer envío, efectuado el 23 de septiembre, fue objeto de interferencia por embarcaciones de Greenpeace que describieron círculos alrededor del *Atlantic Osprey*. Un activista trató de subir a bordo.

La acción de Greenpeace fue calificada por INS de "irresponsable", manteniendo que "dificultó la operación segura del buque, representó un riesgo para sus propias vidas e infringió el derecho marítimo internacional y la ley alemana". INS solicitó y obtuvo una orden judicial contra una posible repetición de tales actos.

El segundo envío, efectuado el 18 de noviembre, transcurrió sin incidentes.

Fuentes: *World Nuclear News*, 19 noviembre 2012 e *INS*, 21 noviembre 2012

el desarrollo de las operaciones en Lost Creek, si bien esta aprobación puede ser recurrida. En todo caso, la empresa comenzará inmediatamente las labores de construcción de las instalaciones,

para iniciar la producción en 2013. Con unas reservas de unas 4.300 toneladas de uranio, Ur-Energy prevé una producción de 385 toneladas de U al año.

Fuente: *World Nuclear News*, 5 y 26 octubre 2012

PRUEBAS POSITIVAS DE UNA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE URANIO DE FOSFATOS

Se han obtenido resultados "excepcionales" en una instalación portátil de demostración para la recuperación de uranio de fosfatos procedentes de la producción de fertilizantes. La recuperación de uranio llega al 90% durante operaciones en estado estacionario. La instalación, llamada PhosEnergy, utiliza tecnología desarrollada por Urtek, un consorcio en el que participan la canadiense Cameco y Uranium Equities (UEQ), está alojada en dos contenedores, lo que facilita el transporte y movilización, y ha sido transportada desde Australia a Estados Unidos, donde fue puesta en servicio antes del verano. Posteriormente ha completado cuatro pruebas de diez días de duración usando corrientes de fosfatos de dos fábricas distintas de fertilizantes.

Las operaciones utilizan un proceso refinado de cambio de ion y no afectan la química de los fosfatos excepto por la extracción del uranio. El rendimiento es excepcional y las pruebas representan una etapa importante para la comercialización del proceso, que continuará con la fase de ingeniería que demuestre la viabilidad económica: se espera un coste de operación del orden de 25-30 dólares por libra de U_3O_8 y costes de capital anualizados de 100 dólares por libra.

La extracción del uranio a partir de los fosfatos fue una fuente importante de producción de uranio en los años ochenta, pero el proceso de extracción con disolventes utilizado entonces resultó no ser económico y se abandonó la producción por este método. El nuevo proceso, que se comercializará mediante una alianza estratégica entre Cameco y UEQ, supondrá la suma de unas reservas muy importantes al mercado del uranio.

Fuente: *World Nuclear News*, 13 abril y 24 septiembre 2012

IRÁN CONTINÚA SU PROGRAMA DE ENRIQUECIMIENTO

Irán no ha renunciado a su plan de aumentar su capacidad de enriquecimiento de uranio, a pesar de las presiones ejercidas por las Naciones Unidas, y sus obligaciones bajo el Tratado de No-Proliferación Nuclear. Según el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se están instalando nuevas centrifugadoras en los emplazamientos de Fordow y Natanz (ver *Flash* de mayo 2012). En su informe a la Junta de Gobernadores del OIEA, el Director General, Yukiya Amano, ha manifestado que no se ha alcanzado un acuerdo sobre la solución a los problemas pendientes relativos a una posible dimensión militar del programa nuclear iraní ni se ha facilitado el acceso del OIEA al emplazamiento militar de Parchin.

Irán, contrariamente a lo dispuesto en las resoluciones de la Junta de Gobernadores, no ha suspendido las actividades relacionadas con el enriquecimiento de uranio en las instalaciones declaradas de Conversión y Fabricación de elementos combustibles en Isfahan. Irán ha producido unos 7.611 kg de hexafluoruro de uranio enriquecido hasta el 5%, con un incremento de 735 kg desde el último informe de Amano. No se ha facilitado información sobre los anuncios hechos por Irán sobre la construcción de nuevos centros de enriquecimiento ni sobre un supuesto conocimiento de tecnología de enriquecimiento por láser.

Por otra parte, Irán no ha suspendido sus actividades en proyectos de agua pesada, incluyendo la construcción de un reactor de este tipo, el IR-40, en Arak, que comenzará sus operaciones en 2014.

Con todos estos datos, el OIEA no está en condiciones de asegurar la ausencia de material nuclear no declarado en Irán ni que no se realizan actividades que puedan dedicarse a finales no pacíficos.

Fuente: *World Nuclear News*, 19 noviembre 2012

LA INICIATIVA MEGAPORTS Y LOS PORTALES ESPECTROMÉTRICOS EN PUERTOS ESPAÑOLES

Los portales espectrométricos especializados instalados desde hace unos meses en algunos puertos españoles controlan decenas de contenedores diariamente, para la inspección de los agentes de la Agencia Tributaria encargados del control radioquímico.

En todo el mundo hay instalados 45 portales de este tipo, financiados por EEUU dentro de la llamada Iniciativa Megaports, encaminada a detectar la presencia de materiales nucleares o radiactivos en contenedores destinados al tráfico internacional. Se instalarán 100 portales de este tipo en puertos de todo el mundo y las Agencias tributarias y autoridades de los países correspondientes asumirán los costes de mantenimiento y operación.

Los camiones que quieran entrar en los recintos portuarios deben pasar por los portales y en los casos en que se superen los límites establecidos de radiactividad se conducirán los camiones a una zona especial donde se revisarán los contenedores y examinarán las zonas afectadas.

En España hay instalados cinco portales en los puertos de Barcelona, Valencia, Algeciras, Bilbao y Vigo. Examinan también cargas normales de productos diversos que puedan contener elementos inadvertidos. Los exámenes efectuados hasta ahora no han dado resultado negativo alguno.

Fuentes: National Nuclear Security Administration, diciembre 2012 y EFE, 28 noviembre 2012

¿PUDO EL CONSUMO DE AGUA ORIGINAR EL TERREMOTO DE LORCA?

El 11 de mayo de 2011 tuvo lugar un terremoto en Lorca, Murcia, en que murieron nueve personas y se produjeron notables daños. El terremoto tuvo una magnitud de 5,1 en la escala de Richter y en opinión de algunos expertos pudo ser originado por actividades humanas.

Se conoce que algunos pequeños terremotos son iniciados por actividades humanas como es la fracturación hidráulica (*fracking*), pero hasta ahora no había indicios de influencia humana en grandes terremotos.

El terremoto de Lorca fue relativamente superficial, como hacen notar Pablo González y colaboradores en la Universidad de Western Ontario, Canadá, por lo que decidieron investigar si la iniciación pudiera haberse debido al cambio estructural producido por el empleo de grandes cantidades de agua para usos agrícolas.

El grupo de investigadores modeló el efecto que la pérdida del agua, principalmente de regadío, pudiera haber te-

nido sobre la distribución de esfuerzos en la parte afectada de la corteza. La coincidencia con la configuración de ruptura del terremoto señala que la extracción del agua podría haber originado el terremoto (véase *Nature Geoscience*, doi.org/jkg). González añade que el terremoto podía haber tenido lugar aunque se hubiera mantenido el agua en el terreno, ya que tectónicamente la falla seguiría existiendo.

Fuente: *New Scientist*, 27 octubre 2012

PRODUCCIÓN DE MOLIBDENO-99 A PARTIR DE UF₆ DE BAJO ENRIQUECIMIENTO

El centro europeo de Petten, Países Bajos, ha iniciado los ensayos de viabilidad de la producción de uranio de bajo enriquecimiento isotópico en uranio-235, como medio de obtener molibdeno-99 como base de producción del tecnecio metastable Tc-99m, el radisótomo más usado en aplicaciones médicas.

A partir de 2015, los países más importantes en la producción de molibdeno-99, Estados Unidos, Países Bajos, Francia y Bélgica, han acordado renunciar a la producción del molibdeno-99 a partir de uranio de alto enriquecimiento, lo que ya se ha hecho en algunos casos.

El reactor de Petten es el mayor productor europeo de radisótopos para usos médicos y el segundo del mundo. Según ello, Petten contribuye al tratamiento de algo más de 24.000 pacientes diarios con estos radisótopos.

El pasado 9 de noviembre, Petten celebró sus 50 años de explotación.

Fuente: *Bulletin 9. Forum Nucléaire Suisse*, septiembrenbre 2012

DATACIÓN CON URANIO Y TORIO DEL ARTE PREHISTÓRICO

El estudio de la prehistoria humana está ligado a las artes decorativas y al estudio de los restos encontrados de utensilios, fabricados y decorados con materiales naturales. Es difícil determinar la época en que fueron ejecutados e, inversamente, su papel en los diferentes modos de empleo.

Hasta ahora se utilizaban métodos basados en las relaciones con los materiales empleados. Los métodos científicos van entrando en estos y otros muchos estudios relacionados con las actividades humanas, introduciendo sobre todo nuevas tecnologías para mejorar las técnicas empleadas.

Así ha ocurrido con la datación mediante el análisis espectrométrico del carbono-14 en el examen de objetos antiguos que contuvieran carbono. El empleo directo de las medidas ofrecía ventajas e inconvenientes, como el requerir cantidades grandes de residuos. En un estudio completo del ensayo del radiocarbono mediante los métodos de espectroscopia de masas, uno de los investigadores, A.W.G. Pike, ha aplicado al caso de las cuevas del

norte de España una mejora del método de datación por uranio-torio (crecimiento del torio-230 por desintegración del uranio incorporado en el momento de la formación de la muestra) introducido en la década de 1960. La mejora ha consistido en la reducción de los 100 gramos de muestra inicial necesaria hasta los 10 miligramos (4 mm³ de muestra).

La mayor parte de los terrenos donde están situadas las cuevas tienen formaciones de estalagmitas y estalactitas. El uranio y torio se encuentran tanto en el fondo como en la superficie, a veces intercalados en las capas a examinar, que señalan el tiempo mínimo en que se formaron las huellas y el estado de la cultura de los que las hicieron. A veces nuevos recubrimientos han servido también para asignar valor a hechos geológicos o históricos posteriores, así como para dar crédito a los valores encontrados en las antiguas investigaciones.

Fuentes: A.W.G. Pike y *Science*, 336-1409 (2012)

LA RADIACIÓN CÓSMICA

Las primeras confirmaciones de la existencia de una radiación exterior, incluso cuando no había presentes sustancias radiactivas, se manifestaron cuando el físico y sacerdote francés Theodor Wulf comprobó que la radiación era más intensa que lo esperado en la parte superior de la torre Eiffel y sugirió que a mayores alturas las radiaciones eran más fuertes.

El físico austriaco Victor Hess ascendió en globo a 5.000 metros de altura en 1910 y 1911, y confirmó que a esa altura la intensidad de la radiación era cinco veces la que aparecía al nivel del mar. Hess recibió el Premio Nobel de Física en 1925.

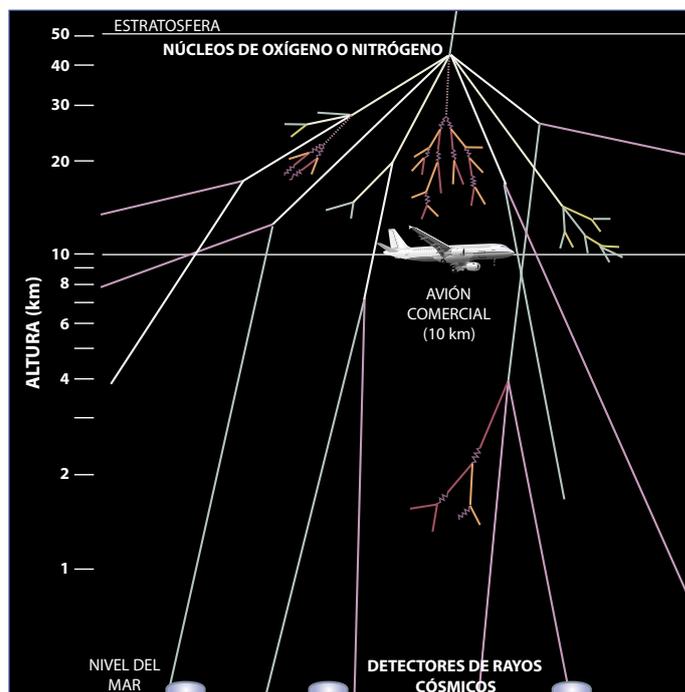
Sin embargo, fue el norteamericano Robert Millikan quien acuñó el término "radiación cósmica" e introdujo los estudios científicos sobre ella.

Cuando un rayo cósmico atraviesa la parte superior de la atmósfera, choca con los átomos del aire y genera una avalancha de partículas, la mayor parte de cuya energía se pierde en los choques antes de llegar al suelo. Cada cm² de las capas superiores de la atmósfera recibe por segundo 20 partículas de radiación cósmica, que se reducen a una por minuto a nivel del mar.

En cuanto a las partículas que responden a la fuerza nuclear fuerte tienden a ser absorbidas o decaer a electrones, muones, fotones y neutrinos que siguen penetrando. Las partículas cargadas eléctricamente crean sus propias avalanchas de electrones, positrones y fotones con la excepción de los muones, que pasan a través de los átomos.

Los neutrinos son los que más penetran, y muchos atraviesan la Tierra. En casos muy extremos, partículas procedentes de los rayos cósmicos pueden tener energías 10 millones de veces mayores que los haces de nuestro acelerador más potente, el Large Hadron Collider (LHC), instalado en Ginebra, Suiza, y crear muchos millones de partículas secundarias, extendiéndose a áreas de varios kilómetros.

En 1927 el físico ruso Dmitry Skobeltsyn estaba estudiando con una cámara de niebla, llena de vapor de agua cerca de su condensación, para que una partícula cargada al atravesar la cámara produjera la condensación visible del vapor. La cámara tenía un potente imán con lo que conseguía que las partículas se movieran en círculos. Unos años más tarde, Carl Anderson encontró que en una cámara de vapor con imanes aparecían curvas en las que se podía detectar el efecto contrario a lo observado hasta entonces. Así se halló el positrón, el análogo antimateria del electrón. Investigaciones posteriores dieron lugar al muón y después a otros que las teorías al



Chaparrón cósmico originado por protones y algunos otros núcleos

uso entonces no preveían (*kaon*, *lambda*, *xi* y *sigma*). Con ello se llegó a la física de partículas de alta energía.

Las partículas elementales están dadas en la tabla adjunta.

Las partículas elementales				
Son las partículas indivisibles que conforman la materia y transmiten la fuerza				
	FERMIONES Componen la materia			BOSONES Transmiten las fuerzas
QUARKS Objetos indivisibles que se unen para formar los componentes del átomo	u arriba	c encanto	t cima	γ fotón
	d abajo	s extraño	b fondo	Z bosón z
LEPTONES Partículas de materia ligeras	ν_e neutrino electrón	ν_μ neutrino muón	ν_τ neutrino tau	W bosón w
	e electrón	μ muón	τ tau	g gluón
				H Bosón Higgs

Partícula recién descubierta. Es fundamental y su función es permitir que otras partículas tengan masa

Fuente: New Scientist, 5 octubre 2012

Socios FORO NUCLEAR

AEC - AMAC - ANCI - AREVA - 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 - CONFEMETAL - 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 - ETSI INDUSTRIALES DE BILBAO - ETSI INDUSTRIALES DE MADRID - ETSI INDUSTRIALES DE LA UNED - ETSI INDUSTRIALES DE VALENCIA - 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 AUSIÓ - NUCLENOR - OFICEMEN - PROINSA - SENER - SEOPAN - SERCOBE - SIEMSA - TAMOIN POWER SERVICES - TECNATOM - TECNIBERIA - TÉCNICAS REUNIDAS - UNESA - UNESID - VINCI ENERGIES - WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES