

## La Escala INES cumple 20 años



Descubierta una estrella 500 veces mayor que el Sol



La Comisión Europea prepara para otoño de este año una Directiva para los residuos nucleares

## CELEBRACIÓN DE LA REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

La Sociedad Nuclear Española, asociación que reúne a los profesionales del sector, celebró su 36ª Reunión Anual en Santiago de Compostela del 5 al 8 de octubre, con unos 600 asistentes. La acogida por parte de las autoridades autonómicas y municipales fue excepcional, incluyendo su apreciación positiva del papel que ha de desempeñar la energía nuclear para el suministro de energía eléctrica en nuestro país.

Las sesiones plenarias y las ponencias presentadas pusieron de manifiesto la madurez y el alto nivel técnico alcanzado en España por la industria nuclear, que mantiene las centrales nucleares españolas en un nivel excelente de seguridad y rendimiento y que actúa con éxito más allá de nuestras fronteras con trabajos internacionales en Europa, Asia y América.

En esta ocasión, la Medalla de Honor de la Sociedad correspondió a José Luis González, Presidente de Enusa Industrias Avanzadas. La distinción de los Jóvenes Nucleares fue otorgada a Emilio Mínguez Torres, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

Foro de la Industria Nuclear Española estuvo presente en la sesión de Comunicación con la presentación de dos ponencias de gran interés. La presentada por Laura Escribano con el título "Pautas prácticas para una convocatoria de prensa con éxito" fue elegida por los asistentes como la mejor ponencia de la sesión.

En una de las sesiones plenarias, representantes latinoamericanos mostraron la realidad actual y las perspectivas nucleares en Argentina, Brasil y México, que se suman al renacimiento nuclear que se experimenta actualmente.

Fue muy notable la gran participación de la industria nuclear española en la exposición y comercial que tuvo lugar en paralelo con las sesiones. También hay que destacar la presencia y la presentación de ponencias por científicos y técnicos jóvenes, que permiten confiar en el relevo generacional que necesita la industria nuclear.

Es interesante señalar que en este Año Jacobeo los actos sociales fueron singulares, destacando la Misa del Peregrino, con la invocación al Apóstol por el Presidente de la Sociedad, en la Catedral de Santiago.

Fuente: Foro Nuclear, octubre 2010

## EL SECTOR NUCLEAR EN LA PERSPECTIVA ENERGÉTICA HASTA 2050

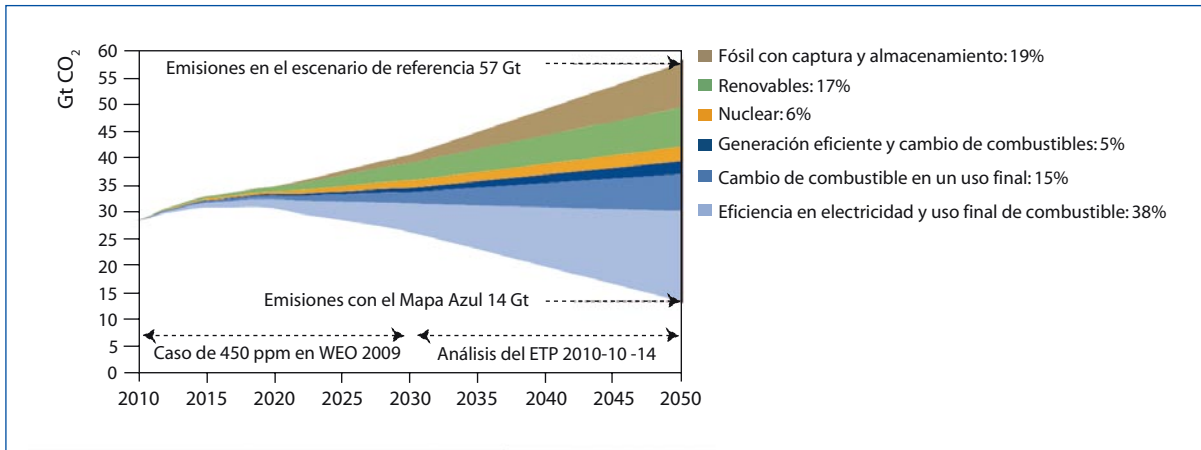
La Agencia Internacional de la Energía de la OCDE (AIE) propone un escenario energético para 2050 que incluye 1.200.000 MW nucleares, produciendo el 24% de la electricidad en todo el mundo, en un informe recientemente publicado.

El estudio *Energy Technology Perspectives* (ETP) asegura que las emisiones de gases de efecto invernadero crecen más deprisa de lo previsto y que las perspectivas definidas por la AIE en su estudio WEO 2009 (ver *Flash* de julio 2010) como escenario de referencia conducen a consecuencias muy adversas. Prolonga hasta 2050, con el título de Mapa Azul, el escenario

de 450 ppm de WEO 2009 y concluye que para esa fecha es necesario haber reducido a la mitad las emisiones globales del año 2005. Para ello se necesita que las emisiones ligadas a la energía alcancen su máximo en 2020 y decrezcan después de forma continua, hasta llegar a 14.000 millones de toneladas (14 Gt) en 2050, comparadas con unas 28 Gt en 2005. El estudio examina la combinación posible de mejoras en la eficiencia energética y la utilización de energías bajas en carbono que conduzcan al mínimo coste. Se indican inversiones de 46 billones de dólares más que en el escenario de referencia,



José Luis González recibe la Medalla de Honor de manos de Antonio Colino (Foto: SNE)



pero un ahorro de combustible que totaliza 112 billones de dólares.

En el escenario Mapa Azul se produce una mayor electrificación de la energía (incluido el transporte, el sector que más contribuye a las emisiones) y la adopción de un abanico de tecnologías descarbonizadoras para la generación eléctrica, compuesto por carbón y gas con captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, renovables incluyendo la hidráulica, y nuclear. La proporción indicada es de 48% renovables, 24% nuclear y 17% fósil con captura y almacenamiento.

El estudio se complementa con Hojas de Ruta (Roadmaps) detalladas para las tecnologías a utilizar. En el caso nuclear el

Mapa Azul proyecta una capacidad nuclear de 1.200 GW, o unas 20 centrales cada año, lo que está dentro de lo posible, sin necesidad de desarrollos tecnológicos revolucionarios. La Hoja de Ruta apunta a la necesidad de un aumento de la capacidad industrial, la formación de técnicos de las distintas disciplinas, la solución óptima de la gestión de los combustibles irradiados y residuos de alta actividad y, desde luego, la aceptación social, que es, previsiblemente, superior en los países emergentes, donde tendrá lugar la mayor parte del aumento de capacidad.

Fuentes: Energy Technology Perspectives, 2010; Technology Roadmap, Nuclear Energy, 2010; Nuclear Energy Overview, 23 junio 2010; Nucleonics Week, 17 junio 2010 y Nucnet, 16 junio 2006

## EL-BARADEI RECIBE EL PREMIO INTERNACIONAL DE LAS UNIVERSIDADES COMPOSTELANAS

El Grupo de Universidades Compostelanas, compuesto por 70 universidades situadas en tres continentes, entregó el 20 de septiembre su decimocuarto Premio Internacional a Mohamed El-Baradei, ex-director general del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y Premio Nobel de la Paz en 2005, por su labor a favor del uso de la energía nuclear para fines pacíficos y de la no-proliferación de armamento nuclear.



Mohamed El-Baradei

El-Baradei instó a los países industrializados a ayudar a los que están en vías de desarrollo, en un mundo en el que los gastos en armamento son doce veces mayores que las ayudas al desarrollo. Destacó que uno de los mayores problemas de los países en desarrollo lo constituye su escasa disponibilidad de energía. La creciente demanda debe ser atendida utilizando todas las fuentes disponibles.

Dada la escasez de los recursos fósiles y los altos precios que alcanzarán en el futuro, señaló que el uso de la energía nuclear debe proporcionar una gran estabilidad en el suministro de electricidad, sin emisión de gases de efecto invernadero. La tecnología que se ha desarrollado garantiza la seguridad de las centrales, proporciona de forma estable energía eléctrica limpia en condiciones económicas favorables y es capaz de gestionar sus residuos de manera segura. Todas las formas de energía tienen sus ventajas y sus inconvenientes. Teniendo en cuenta todos los factores, afirmó, el balance favorece claramente a la energía nuclear, aun considerando sus residuos.

Fuente: Sociedad Nuclear Española, octubre 2010

Mohamed El-Baradei, Premio Nobel de la Paz, considera que **uno de los mayores problemas de los países en desarrollo es su escasa disponibilidad de energía**

## CONTRATO DE TECNATOM PARA EL ITER

Tecnatom participará en la fabricación de la vasija de vacío del ITER. El contrato de fabricación ha sido otorgado a un consorcio formado por las empresas italianas Ansaldo, Mangiarotti y Walter Tosto, y a dos subcontratistas, Tecnatom y la francesa Constructions Industrielles de la Méditerranée.

Tecnatom ya ha participado en un estudio de viabilidad para la realización de inspecciones automáticas de las soldaduras de esta vasija, utilizando una maque-

ta de la misma a escala real. Durante la fabricación Tecnatom será responsable de la ingeniería, diseño y validación de los ensayos no destructivos volumétricos, tarea de gran responsabilidad por las características del diseño y la normativa aplicable.

La vasija de vacío es uno de los componentes principales del ITER. En ella se producirá y confinará el plasma donde tiene lugar la fusión.

Fuente: *El Ágora*, octubre 2010

Maqueta de la vasija de vacío de Tecnatom (Foto: Tecnatom)



## VIGÉSIMO ANIVERSARIO DE LA ESCALA DE SUCESOS NUCLEARES

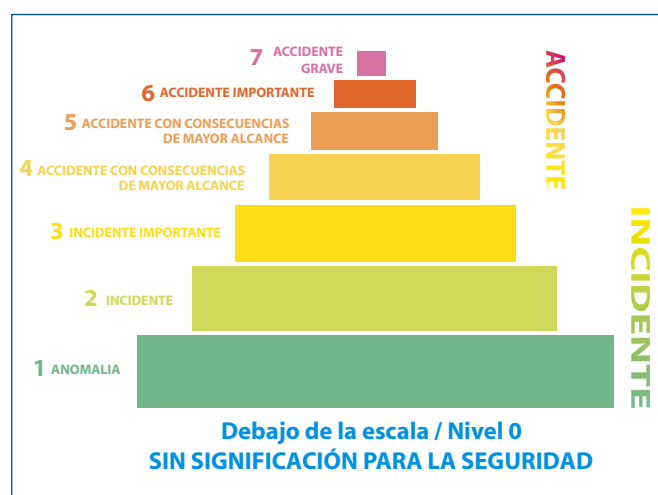
El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE han celebrado el vigésimo aniversario de la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES), hoy llamada Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos.

La Escala fue desarrollada por el OIEA y la NEA en 1990 tras el accidente de Chernobil, con el objeto de proporcionar un sistema de evaluación común para todos los países de los sucesos que puedan tener lugar en las instalaciones nucleares, con arreglo a criterios que tienen en cuenta aspectos nocivos para las personas, la propiedad

y el medio ambiente. Se trata de una clasificación de los sucesos nucleares según su importancia para la seguridad, mediante la utilización de criterios preestablecidos, consecuencias dentro y fuera del emplazamiento y degradación de la defensa en profundidad.

Actualmente la Escala se emplea para sucesos acaecidos en cualquier instalación nuclear y durante actividades de transporte, almacenamiento y utilización de materiales radiactivos y fuentes de radiación.

INES se ha empleado con éxito como herramienta de comunicación para dar a conocer de forma clara la importancia de los sucesos nucleares para un público no ex-



Escala INES

perto, que se ha familiarizado con ella en el curso de los años.

Fuente: *NEA/CON*, 14 octubre

## LAS ÚLTIMAS CENTRALES MAGNOX BRITÁNICAS PODRÍAN FUNCIONAR HASTA 2012

Las cuatro unidades Magnox que continúan funcionando, Oldbury (2 de 230 MW, en Gloucestershire), y Wylfa (2 de 540 MW, en la isla de Anglesey, al norte de Gales), tienen su vida limitada por la disponibilidad de combustible, que ya no se fabrica, y por el cierre de la planta de reproceso de este tipo de combustible, no almacenable a largo plazo, anunciado para 2016.

El propietario de las centrales, la Autoridad de Clausura Nuclear del Reino Unido (NDA), encargada de la gestión del desmantelamiento y descontaminación de todas las instalaciones clausuradas del país, cuenta para ello con los ingresos de sus actividades comerciales, que representan la mitad de su presupuesto total de unos 2.800 millones de libras, corriendo el resto a cuenta del Estado. La operación de

las centrales Magnox constituye una parte importante de la actividad comercial y el interés de NDA es prolongar la operación de las cuatro unidades el mayor tiempo posible.

Las dos unidades de Wylfa podrán funcionar hasta finales de 2012 según la autorización recibida de la Autoridad Reguladora, que evaluará periódicamente la seguridad de la central. Los ingresos obtenidos por esta prórroga ascenderán a 113 millones de euros, que contribuirán a sufragar los gastos de limpieza y descontaminación de las instalaciones británicas clausuradas.

Así mismo, la empresa Magnox North, operador de las centrales mediante contrato de NDA, ha propuesto prorrogar hasta junio de 2011 la operación de Oldbury, cuya segunda unidad debería cerrar



Central nuclear de Wylfa (Foto: NDA)

a fines de 2010. Además, ha solicitado autorización para un plan de irradiación modificado con el fin de lograr que, con el combustible disponible, al menos una de las unidades pueda funcionar hasta 2012.

Fuentes: *World Nuclear News*, 12 agosto y 14 octubre 2010; *Nucleonics Week*, 19 agosto 2010 y *Nucnet*, 13 octubre 2010



## UCRANIA COMPLETARÁ LAS UNIDADES 3 Y 4 DE KHMELNITSKIY

El presidente de la empresa ucraniana Energoatom, Yuriy Nedashkiy, ha declarado que Ucrania pondrá en servicio las unidades 3 y 4 de la central nuclear de Khmelnytskyi en 2016 y 2017, respectivamente. En el emplazamiento, situado en Ucrania occidental, están en funcionamiento dos unidades del modelo ruso VVER-1000.

La construcción de las unidades 3 y 4, del mismo modelo y potencia, comenzó antes del accidente de Chernobyl, pero los trabajos fueron paralizados en 1990, cuando el grado de avance de las dos unidades era de 75% y 28% respectivamente. Energoatom ha decidido ahora reemprender la construcción, para lo cual ha llevado a cabo un examen detenido del estado físico del equipo existente. El pasado mes de junio Energoatom contrató con la rusa Rosatom la conclusión de las dos unidades, utilizando el modelo actual V-392 del VVER-1000. Se estima que el trabajo implicará de 5.000 a 6.000 millones de dólares y se espera que Rusia aporte la financiación necesaria.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 10 junio 2010; *Nucnet*, 10 junio 2010 y *Nuclear News Flashes*, 24 junio 2010



Central de Khmelnytskyi

## LA INDUSTRIA RUSA CONSTRUIRÁ CENTRALES EN PAÍSES ASIÁTICOS

- El Gobierno de Bangladesh ha aprobado un acuerdo con Rusia para la construcción de una central de 1.000 MW en Roopur, a 200 kilómetros de Dhaka, la capital. La central costará unos 1.500 millones de euros y se prevé que entre en servicio en 2014.

El país está en una situación comprometida, con una demanda creciente y un déficit diario de 2.000 MW. Dispone de unas 60 centrales, la mayor parte muy antiguas y alimentadas con gas o carbón. La demanda máxima es de unos 5.500 MW. La energía nuclear se considera esencial, a la vista de que las reservas de gas están disminuyendo rápidamente y la mayor parte de los yacimientos de carbón están sin explotar.

- La industria rusa construirá las dos primeras centrales nucleares de Vietnam, según ha informado Ngo Dang Nhan, director general de la Agencia de Seguridad Nuclear y Radiológica vietnamita. Las dos unidades, de 1.000 MW cada una, se construirán en la provincia central de Ninh Thuan, de acuerdo con la resolución tomada por el Parlamento (ver *Flash* de marzo 2010). La construcción comenzará en 2014 y la entrada en servicio se prevé para 2020. Rusia está dispuesta a garantizar el suministro de combustible para todas las centrales que suministre a Vietnam, durante toda su vida operativa, así como la retirada de los combustibles gastados para su reproceso, según ha declarado Sergei Kiriyenko, director general de Rosatom.

Ngo ha manifestado que el país prevé disponer de 8.000 MW nucleares en 2025 y entre 15.000 y 16.000 para 2030, representado entonces un 10% de la producción de electricidad. No se ha tomado una decisión sobre los suministradores de las unidades sucesivas, para las que han mostrado interés empresas de varios países, incluyendo Estados Unidos, Rusia, Francia, China y Corea. Los acuerdos con Rusia incluyen la ayuda en la formación de técnicos y en la organización de la estructura reguladora nuclear.

Fuentes: *Reuters*, 13 abril 2010; *Nucleonics Week*, 29 abril 2010; *World Nuclear News*, 24 junio 2010 y *Nucnet*, 13 septiembre 2010

## 65 PAÍSES CONSIDERAN INTRODUCIR LA ENERGÍA NUCLEAR

La contribución de la energía nuclear a la producción mundial de electricidad fue en 2009 un 14% frente al 15% de hace dos años, según el Organismo de Energía Atómica (OIEA). Sin embargo, 65 países expresan interés en la introducción de la energía nuclear en sus redes eléctricas.

En su informe a la Junta de Gobernadores, el director general del OIEA presentó el estado actual del sector nuclear en el mundo: 29 países explotan 441 centrales, con una capacidad total de 375 GW. En todo el mundo están en construcción 60 unidades nucleares con una capacidad de 58,6 GW.

A pesar de la crisis económica mundial, en los años 2008 y 2009 se han incrementado las perspectivas de crecimiento. En los dos últimos años se han comenzado a construir 22 unidades, todas ellas de agua a presión, en China, Corea y Rusia.

Fuente: *Nucnet*, 3 septiembre 2010

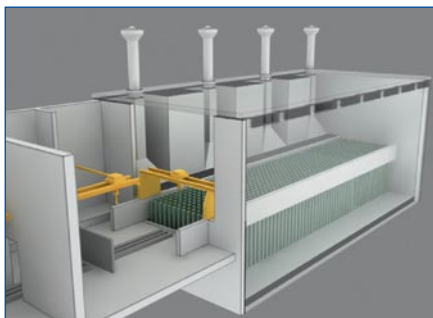
## SE NECESITAN REPOSITORIOS Y ALMACENES TEMPORALES EN LOS PAÍSES NUCLEARES

La Comisión Europea prepara una Directiva para los residuos nucleares que, en opinión del Director de la unidad de energía nuclear, Peter Faross, es la "última parte que falta para la estructuración legislativa nuclear de la Unión Europea". Faross aseguró en una conferencia europea celebrada en Londres el pasado mes de junio que, según demuestran las encuestas, el 80% de los europeos apoyaría la energía nuclear si existiera una solución demostrada para la disposición final de los residuos radiactivos. Manifestó que la Directiva requerirá que todos los Estados de la Unión adopten los estándares internacionales más exigentes de forma vinculante, y que cada Estado trace su propia "hoja de ruta" conducente a la disposición final de sus residuos que, según los expertos, deberá efectuarse en formaciones geológicas profundas.

Según declaraciones del Comisario de Energía de la Unión Europea, es inaceptable que no se haya construido aún en Europa ningún repositorio profundo, a pesar de que trabaja en ello desde hace medio siglo. La Directiva establecerá la obligación de cada país de gestionar sus propios residuos y prohibirá la importación y la exportación de residuos fuera de las fronteras de la Unión, aunque sería aceptable que se construyera algún repositorio común para dos o más países, pero siempre dentro del ámbito de la UE. De adoptarse estas reglas correría peligro la práctica de contratar, por ejemplo con Rusia, la retirada de com-

bustible de origen ruso irradiado en algún país de la Unión Europea, como ha sido el caso de Bulgaria.

Por otra parte, según ha declarado un alto cargo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), todo país que comience su andadura nuclear ha de tener planes para almacenar su combustible gastado a largo plazo. Varios países, como Finlandia, Francia y Suecia, han tomado ya importantes medidas para disponer de sus futuros repositorios para residuos de alta actividad y combustibles gastados. En Estados Unidos, cuyo repositorio para residuos de los programas de Defensa en Nuevo México constituye una excelente expe-



Esquema de un ATC

riencia, el Gobierno ha cancelado la construcción del repositorio de Yucca Mountain, en Nevada, después de muchos años de trabajo y fuertes inversiones.

Incluso si se incrementaran mucho los programas de reproceso que tienen lugar hoy en contados países, siempre serán neces-

**La nueva Directiva Europea obligará a cada país a gestionar sus residuos y prohibirá su exportación e importación fuera de la UE**

rios los repositorios profundos, al menos para los residuos vitrificados de alta actividad.

El OIEA estima que hasta ahora se han generado en todo el mundo combustibles irradiados con unas 225.000 toneladas de metal pesado (uranio más plutonio), de las que se han reprocesado sólo un 30%. Para 2020 se habrá llegado a 445.000 toneladas y para 2050 a un millón. Estas cifras demuestran que son necesarios esfuerzos muy importantes para su gestión segura.

Además, y en espera de los repositorios, es necesario que los países nucleares organicen el almacenamiento a medio plazo, entendiéndose como tal 50-100 años, o incluso más. Estos almacenes, sean en piscinas o en seco, deberán estar sujetos a revisión por los organismos reguladores para comprobar su seguridad a largo plazo. El OIEA insiste en la necesidad de que los países no se comprometan en la adquisición de combustibles nucleares sin tener prevista la instalación de una infraestructura para la gestión de los combustibles gastados y residuos de alta actividad.

Fuentes. *Nucleonics Week*, 6 mayo y 3 junio 2010 y *Nuclear News Flashes*, 29 junio 2010

## DESMANTELAMIENTOS EN EL CENTRO NUCLEAR RUSO DE KRASNOYARSK

El 29 de junio pasado la agencia rusa de energía atómica Rosatom y el fabricante de combustible TVEL firmaron un documento que marca el fin del desmantelamiento de una fábrica de producción de óxido de uranio enriquecido situada en el complejo químico y metalúrgico de Krasnoyarsk, en Siberia. Es la primera vez que se desmantela una instalación civil de combustible nuclear de tamaño industrial. El desmantelamiento se inició en 2006 y ha costado 21 millones de dólares, aportados por Rosatom y el presupuesto del Estado. El trabajo ha comprendido la retirada y descontaminación del equipo, la demolición del edificio y la recomposición del terreno. El emplazamiento ha quedado preparado para uso general, que tiene que ser confirmado por el organismo regulador, Rostechndadzor.

Anteriormente, este mismo año, se ha retirado definitivamente del servicio el reactor plutonígeno ADE-2, situado en Zheleznogorsk, nombre de la ciudad secreta conocida en su día como Krasnoyarsk-26, fundada en 1960 por Stalin y dedicada a actividades militares. El ADE-2 era el último reactor plutonígeno que estaba en activo en todo el mundo, si bien había dejado de producir plutonio militar desde 1995, dedicándose sólo a la producción de electricidad. El plutonio civil producido desde entonces se almacena en una instalación situada en Cheliabinsk.

Fuentes: *World Nuclear News* y *Nucnet*, 30 junio 2010; *Reuters*, 15 abril 2010 y *ABC News*, 15 abril 2010

## COMBUSTIBLES FUTUROS

La sustitución de los carburantes actuales que accionan motores de todo tipo se ha considerado desde hace tiempo una idea excelente para evitar la contaminación de la atmósfera.

En países de tecnología avanzada se comprobaron inmediatamente las dificultades del proceso de cambio. En Estados Unidos se prefirió una sustitución progresiva que debía comenzar por los biocombustibles y los vehículos eléctricos y proseguir con la utilización del hidrógeno. El secretario de energía Chu definió los requisitos para esta utilización destacando la necesidad de celdas de combustible robustas, de larga duración y baratas y sistemas de almacenamiento de suficiente hidrógeno para viajes largos. Había que disponer también de una infraestructura de distribución del hidrógeno y la producción de este gas debía efectuarse por métodos más avanzados que los actuales, reduciendo los costes.

Un resumen de la revista *Nature* analiza los estudios de la siguiente forma:

### CELDAS DE COMBUSTIBLE

Las celdas actuales no son sencillas. Los modelos requieren conjuntos de tubos, membranas y catalizadores difíciles de integrar en peso, baratura, robustez y duración y tener suficiente potencia para proporcionar la aceleración que necesita un vehículo moderno y alimentar los servicios auxiliares del vehículo. Los Estados Unidos prefirieron inicialmente abandonar el uso directo del hidrógeno. Por el contrario, nueve fabricantes de coches acordaron en 2009 coordinar sus actividades. Fruto de ello es la solución de General Motors para eliminar el problema de la puesta en marcha y la reducción de la cantidad de catalizador de platino. Los costes para esta década prevén una reducción tal que la celda de combustible sea comparable a los motores actuales.

### ALMACENAMIENTO EN EL VEHÍCULO

En 2009 los modelos de Toyota y de algunas empresas norteamericanas alcanzaron consumos de hidrógeno líquido en kg por km semejantes a los de los vehículos de gasolina actuales,

aunque la necesidad de mantenerlo a  $-253^{\circ}\text{C}$  añade complejidad y costes a su instalación. La mayor parte de las empresas han optado por tanques de fibra de carbono que pueden trabajar hasta 680 atmósferas y muchas de ellas han equipado sus vehículos con el "frenado regenerativo" para capturar energía durante éste. Las celdas pueden ser ventajosas frente a los usos de los motores eléctricos o híbridos porque las baterías de litio no son capaces de sobrepasar los 250 km con una sola carga. Sin embargo, el volumen ocupado por las celdas será siempre mayor.

### EL HIDRÓGENO

Si se eliminan las fuentes fósiles como el gas natural, habrá que considerar la electricidad producida por energías renovables (eólica y solar) o nucleares. La distribución en forma de almacenes hasta los suministradores no existe. Habrá que crearla, y aquí nace la competencia entre la electricidad y el hidrógeno.

### DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución nace con el problema de compatibilizar la inversión en un sistema de estaciones y el desarrollo del mercado de ventas de vehículos. Respecto a los surtidores, el manejo del hidrógeno es bastante delicado. El del hidrógeno a presión requiere también un sistema de funcionamiento mucho más complejo que el actual. El sistema elaborado para Alemania, que comprende la instalación de casi mil estaciones en este decenio, podrá servir de experiencia global para una posible expansión futura. Una información de General Motors sobre la zona de Los Ángeles indica que unas 50 estaciones costarían unos 200 millones de dólares.

### PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Descartada la producción a base de gas natural, la empresa Vattenfall construye en Hamburgo una instalación que utilizará el exceso de potencia eólica para producir hidrógeno para una flota de 20 autobuses con celdas de combustible. Los costes de esta empresa están entre 3 y 4 euros por kg en comparación con los 2 euros del hidrógeno de gas natural.

### FUTURO

No parece claro. Si los fabricantes comienzan a comercializar vehículos con celdas de combustible en el año 2015 serán necesarios varios años para aumentar la producción y reducir los costes, lo que los hará posibles entre 2020 y 2025. En todo este tiempo habrán de competir con los biocombustibles y los vehículos eléctricos, cada uno de los cuales requiere sistemas propios de distribución. Es dudoso que todos estos sistemas puedan coexistir.

Ciertos sectores predicen usos diversos en que los vehículos eléctricos se empleen en zonas urbanas, mientras que los basados en el hidrógeno sirvan para los viajes largos.

La situación futura no es clara. Serán precisas varias décadas para saber si son mejores los vehículos eléctricos o los basados en el hidrógeno.

Fuente: *Nature*, 29 abril 2010



Vehículo de hidrógeno



## ISÓTOPOS ANTIGUOS, CALZADO DURADERO

En 2007 un grupo de arqueólogos excavaba una cueva en una formación caliza en terrenos montañosos que dominaban una carretera en el sureste de Armenia. El frío y seco ambiente de la cueva preservaba muchos restos de sus anteriores usuarios, que la habitaron intermitentemente desde hace 5.000 años hasta el siglo XIV. Durante la investigación de los residuos de estiércol de oveja en la cueva, una estudiante de doctorado, Diana Zardaryan, halló un zapato de cuero que conservaba intactos

sus cordones. Además, el zapato fue identificado con carbono-14 y resultó tener unos 3.500 años, unos siglos más que las botas halladas en Ötzi, el hombre de los hielos descubierto en 1991 en los Alpes austroitalianos y que se cree que fue enterrado en hielo después de ser atacado.

El director de la excavación, Ron Pinhasi, del Colegio de la Universidad de Cork en Irlanda, declaró que hasta ahora es el calzado de cuero más antiguo hallado en



Zapato de cuero de 3.500 años de antigüedad

el mundo. Dado su pequeño tamaño, el zapato probablemente corresponde a una mujer o a un joven de poca edad.

Fuentes: *Science*, 18 junio 2010 y *New Scientist*, 4 septiembre 2010

## ESTRELLA GIGANTE ROJA CON CARBONO Y VAPOR DE AGUA

Un equipo con participación española ha descubierto la estrella "CW Leonis", 500 veces mayor que el Sol, a 500 años luz de la Tierra. El descubrimiento se ha realizado en el observatorio Herschel de la Agencia Espacial Europea.

Estrellas como el Sol, al final de sus días, como es el caso de la estrella "CW Leonis", sintetizan grandes cantidades de agua y carbono. Actualmente, "CW Leonis" emite 10.000 veces más energía que el Sol en forma de reacciones de fusión en



Estrella roja gigante

que el helio se convierte en carbono. Una parte de este carbono sale de la estrella en forma de viento estelar. Dentro de miles de años la estrella se convertirá en una enana blanca rodeada de una nebulosa planetaria.

El exceso de carbono hacía suponer que casi todo el oxígeno debería ser monóxido de carbono (CO), pero en 2001 algunos investigadores hallaron pruebas de la existencia de agua probablemente liberada por una nube de cometas helados ubicados alrededor de la estrella. La presencia directa del oxígeno en forma de vapor de agua puede ser explicada por la radiación ultravioleta que rompe el CO y libera el oxígeno que, con el hidrógeno, forma agua.

Fuente: *CSIC*, 1 septiembre 2010

## OPINIONES SOBRE EL VOLUMEN DEL PROTÓN

El radio de un protón no se puede medir directamente, sino mediante la medición de las energías de las diferentes "capas" electrónicas en los átomos de hidrógeno. Recientemente se ha considerado la sugerencia de que el radio del protón es más pequeño de lo admitido hasta ahora, porque la electrodinámica cuántica explica que las capas que componen el núcleo del protón producen un radio menor en un 4,7% del predicho y aceptado.

El modelo de distribución de cargas basado en la electrodinámica cuántica ha permitido explicar hasta ahora los fenómenos cuánticos desde los años 1990. Sin embargo, el valor más bajo procede de las medidas de una forma del hidrógeno que contiene un tipo pesado del electrón conocido como muón. Estas medidas se realizaron para precisar las anteriores, basadas en el hidrógeno ordinario.

Las nuevas medidas sugerían un 4% menor que el radio primitivo, lo que podía ser interpretado como un conjunto de errores en las nuevas medidas y conducir a continuar con el empleo del valor primitivo.

El investigador español Álvaro de Rújula, de la Universidad Autónoma de Madrid, propuso una nueva interpretación del modelo de distribución de cargas en el protón, distribuyendo la carga positiva, concentrada en un 75% de su centro y un 25% al que se designa como "halo" que lo rodea. Con ello la disparidad desaparece.

Algunos de los conocedores del tema no están de acuerdo con esta interpretación y de Rújula cree que nuevos experimentos de la colisión entre electrón y protón resolverán el debate.

Fuente: *New Scientist*, 25 septiembre 2010

## REVISIÓN DEL CONTENIDO AMBIENTAL DE RADÓN EN SUIZA

La dosis de radiación total anual recibida por la población de Suiza en 2009, publicada a mediados de junio de 2010, ha alcanzado casi los 5,5 milisievert (5,5 mSv), a causa del aumento de la dosis de vida al radón que ha pasado de 1,5 mSv/año a 3,2 según las últimas medidas en domicilios y zonas mineras.

La distribución de los valores medios es la siguiente:

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Radón y descendientes.....          | 3,2 mSv por año y persona |
| Utilización médica.....             | 1,2                       |
| Radiación cósmica.....              | 0,4                       |
| Radiación terrestre .....           | 0,35                      |
| Irradiación por radionúcleidos..... | 0,35                      |
| Otros.....                          | < 0,1                     |

Las emisiones que proceden de las centrales nucleares son menores del 1%.

Fuente: *Newsletter E-Bulletin*, 7 septiembre 2010

## POSIBILIDADES PARA LA FUSIÓN CON LÁSER POR CONFINAMIENTO INERCIAL

En 1960, John Nuckolls estudiaba cómo comprimir y calentar isótopos de hidrógeno contenidos en una cápsula para generar fusión y energía. Hoy, la Instalación Nacional de Ignición (NIF) consta de un edificio de diez pisos, cubre tres campos de fútbol y ha costado 3.500 millones de dólares. Completada en 2009, comenzará a funcionar a finales de este año.

Estimaciones en base de lo realizado por el Laboratorio Nacional de Livermore, en California, requerían que las cápsulas de combustible en un futuro reactor explosionaran diez veces por segundo, algo de lo que no son capaces los láseres actuales más potentes. Otras dificultades son, teóricamente: producir un millón de cápsulas diarias posicionándolas en un puesto donde reciban los haces de láseres diez veces por segundo, construir una vasija capaz de albergar las explosiones y absorber los neutrones producidos en la fusión, convirtiendo la energía en calor y generando la electricidad.

Hoy en día se dispone de láseres de hasta 100 kW, pero el problema está en hacerlos repetibles en tiempos muy cortos, lo que significa un sistema de diodos sólidos. Una posible solución consiste en la separación de la compresión de la cápsula y su calentamiento hasta su ignición.

Estudios japoneses sobre amplificación de impulsos indican la necesidad de mejoras en la tecnología actual. En Europa se intenta llegar a un reactor mediante la instalación HIPER (Investigación sobre energía láser a altas potencias), proyecto de 11 países en su fase intermedia de preparación para comenzar la construcción, a mediados de esta década, si todo va bien con el NIF. El desarrollo del HIPER es general en Europa. Un láser de ignición rápida llamado PETAL está en construcción cerca de Burdeos, Francia. En Estados Unidos la dispersión actual respecto al NIF tenderá a unir los esfuerzos con los del HIPER en un futuro próximo.

Fuente: *Science*, 14 mayo 2010

## IDEAS SOBRE LA FORMACIÓN DE GALAXIAS CERCANAS

Las galaxias más próximas tienen una relación aún no explicada: todas parecen tener una acumulación central de estrellas con masas unas 700 veces mayores que los agujeros negros existentes en sus centros, lo que sugiere una cierta relación entre ambas magnitudes.

El descubrimiento de los cuásares puso en evidencia en la década de 1960 las dudas sobre la formación de nuestras galaxias. Estos objetos muy compactos y brillantes desprendían hasta 100 veces más luz que nuestra Vía Láctea y ofrecían valores máximos a tiempos relativamente semejantes entre 8.000 y 10.000 millones de años.

La idea clásica de la formación de las galaxias consiste en que una nube de gas colapsa por gravedad y forma la galaxia. En cuanto a los agujeros negros, éstos se forman cuando las estrellas terminan sus vidas en explosiones de supernovas. Los agujeros se unen entre sí y crean grandes unidades del orden de millones de nuestras masas solares. Dependiendo de la cantidad de materia que recibe el agujero masivo, éste emite materia que forma las galaxias.



Galaxias del universo

Investigadores franceses dirigidos por Elbaz (*Astronomy & Astrophysics*, 507.1359) creen que la formación de los grandes agujeros negros se produjo al principio. Se han basado en los estudios de la estrella HE0450-2958, situada a unos 5.000 millones de años luz de la Tierra. Esta estrella es un gran agujero negro sin una galaxia que lo rodee. Los chorros de materia procedentes del cuásar daban lugar a una galaxia a unos 23.000 años luz, y creaban el equivalente a 350 soles al año, lo que era unas 100 veces lo que se podía esperar de las galaxias de un área.

El camino de la formación, según Elbaz, sería el siguiente: un cuásar, máximo emisor de luz de las estrellas activas, que emite chorros de materia a gran velocidad. El gas del chorro se comprime, y así se crean las nuevas galaxias. Estas galaxias, junto con los agujeros negros, forman los conjuntos en los que el gran agujero central está situado en el centro. Se conoce que la Vía Láctea es un disco de estrellas y gas y con un diámetro de 150.000 años-luz. El agujero negro correspondería a un volumen equivalente al de la órbita de nuestro Mercurio.

Fuente: *New Scientist*, 9 enero 2010

## Socios FORO NUCLEAR

AMAC - AMPHOS XXI - ANCI - APPLUS/NOVOTEC - 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 - 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 - NUCLENOR - OFICEMEN - PROINSA - SEOPAN - SERCOBE - SIEMSA - TAMOIN POWER SERVICES - TECNATOM - TECNIBERIA - TÉCNICAS REUNIDAS - UNESA - UNESID - WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES