CSN

alfa

Revista de seguridad nuclear y protección radiológica

Número 3
III trimestre 2008

La trastienda de los sucesos notificables

Entrevista a José Manuel Sánchez Ron catedrático de Historia de la Ciencia

Reactores nucleares para el siglo XXI

La radioterapia con protones llegará a Valencia en 2011

Incidentes nucleares

Las centrales nucleares han realizado 34 notificaciones de sucesos al Consejo de Seguridad Nuclear durante los primeros seis meses de este año, una cantidad que está en línea con la media de los últimos diez años y por debajo de la del año anterior, en cuyo primer semestre se produjeron 50 notificaciones.

La notificación de sucesos responde a criterios de regulación internacionales y sirve para analizar el comportamiento de las plantas junto a otros sistemas de supervisión y control como el SISC, implantado en España por el CSN. La notificación de lo que debe ser notificado, es un indicador de transparencia por parte del sector nuclear.

Ahora bien, es fundamental discriminar de entre los sucesos notificables, los que tienen significado desde el punto de vista de la seguridad y los que no la tienen. Se trata de comprender que la notificación de sucesos no es tanto una cuestión cuantitativa, como cualitativa. Sobre todo teniendo en cuenta que en el caso de España, el número de sucesos notificables está en la franja de notificación normal y en línea con los demás países de nuestro entorno. El trabajo del regulador se basa en el análisis de los sucesos y en la delimitación y profundización de los que son significativos para la seguridad.

Es lógico que exista una demanda de información ciudadana sobre la seguridad nuclear y radiológica en nuestro país, pero para evaluar la significación de cada incidente sería deseable un mayor conocimiento de los protocolos que rigen las actividades de autorización, control y vigilancia que lleva a cabo el Consejo. Con esa intención, en este número de *Alfa, revista de seguridad nuclear y protección radiológica,* hemos querido explicar en qué consisten las notificaciones de sucesos, cómo se evalúan y analizan y qué medidas se toman, de acuerdo con las características de cada uno. Se trata de contar lo que sucede en la *trastienda* del CSN,

Junto a ello, incluimos un reportaje sobre la más innovadora técnica de radioterapia oncológica, más eficaz y específica, basada en el uso de protones. Las primeras unidades han empezado ya a funcionar en algunos países y en España está previsto que la primera unidad se instale en Valencia en el año 2011.

La entrevista en este número recoge las opiniones de José Manuel Sánchez Ron, miembro de la Real Academia Española y de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Este catedrático de Historia de la Ciencia reflexiona sobre las lecciones que la ciencia española puede aprender del pasado.

La sección radiografía se dedica en esta ocasión a explicar el funcionamiento básico de una central nuclear.

En la sección de artículos técnicos recogemos un documentado escrito por el catedrático de Termotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid, José María Martínez-Val, sobre los reactores nucleares del futuro, y otro sobre los criterios del CSN para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural, especialmente en ámbitos laborales no directamente implicados en actividades nucleares o radiactivas, escrito por dos técnicas del Consejo de Seguridad Nuclear.

Pretendemos con todo ello ampliar la información que los lectores tienen de las actividades del Consejo en pro de la transparencia a la que nos debemos.

Es fundamental discriminar de entre los sucesos notificables, los que tienen significado desde el punto de vista de la seguridad y los que no la tienen

SUMARIO

REPORTAJES

4 La trastienda de los sucesos notificables

Las notificaciones son el mecanismo por el que los titulares de las instalaciones nucleares y radiológicas dan a conocer oficialmente al CSN los sucesos que se producen en sus recintos. Este artículo desvela cómo se generan y transmiten y la respuesta que el Consejo pone en marcha para evaluar las causas y los efectos del suceso así como las medidas a tomar para restablecer la normalidad lo antes posible y comunicar adecuadamente todo ello a la sociedad.

The backstage of reportable events. Event reports are the mechanism by which the licensees of nuclear and radiological facilities officially inform the CSN of events occurring at their installations. This article reveals how these reports are generated and transmitted and the response that the Council puts into motion in order to evaluate the causes and effects of the event, as well as the measures to be taken to re-establish a situation of normality as soon as possible and to suitably notify society.

12 Valencia tendrá en 2011 el primer centro español para tratar el cáncer con protones

Una nueva forma de radioterapia, más potente y específica que la actual, basada en la utilización de protones empieza a utilizarse en los países más avanzados. El primer centro español dotado con esta compleja instalación será el Instituto de Investigación en Física Médica de Valencia, y permitirá tratar a 2.000 pacientes al año. Esta técnica de radioterapia está especialmente indicada contra los cánceres infantiles, cerebrales y oculares que sufren unos 8.000 pacientes al año en España.

In 2011 Valencia will house the first Spanish centre for the treatment of cancer with protons. The most advanced countries are beginning to apply a new type of radiotherapy, more powerful and specific than that currently in use, based on the use of protons. The first Spanish centre to be equipped with a complex facility of this type will be the Valencian Institute of Medical Physics, which will be able to treat 2,000 patients a year. This radiotherapy technique is especially suitable for the treatment of cancers in children and cerebral and ocular cancers, which affect some 8,000 patients a year in Spain.

RADIOGRAFÍA

16 Cómo funciona una central nuclear

How a nuclear power plant works

ENTREVISTA

18 José Manuel Sánchez Ron, académico y catedrático de Historia de la Ciencia: "En ciencia España tiene que hacer lo que hacía Felipe II: fichar a gente de fuera"

José Manuel Sánchez Ron inició su actividad profesional como profesor de Física Teórica, derivando después hacia la investigación sobre la historia de la física. Miembro de la Real Academia Española, explica en esta entrevista algunas de las lecciones que la ciencia española actual puede aprender del pasado.

José Manuel Sánchez Ron, member of the Spanish Royal Academy and Professor of the History of Science: "In research Spain should do what Felipe 2nd did: bring in people from outside". José Manuel Sánchez Ron began his professional career as a lecturer on Theoretical Physics, later channelling his activities towards research into the history of physics. A member of the Spanish Royal Academy, in this article he explains certain lessons that current Spanish science might learn from the past.

26 ACTUALIDAD

ARTÍCULOS TÉCNICOS

37 Reactores nucleares para el siglo XXI: un futuro necesario y exigente

José María Martínez-Val, catedrático de Termotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid, asegura que el siglo XXI verá un nuevo despliegue de la energía nuclear, por la creciente demanda de un mundo en expansión y las dificultades ambientales de los combustibles fósiles. En este artículo realiza un repaso por los nuevos tipos de reactores que se desarrollarán en los próximos años para superar las dificultades de los actuales reactores de fisión nuclear.

Nuclear reactors for the 21st century: a necessary and demanding future. José María Martínez Val, professor of Thermotechnics at the Polytechnic University of Madrid, maintains that the 21st century will see a new deployment of nuclear energy, as a result of the increasing demands of a world in expansion and the environmental difficulties that fossil fuels imply. In this article he describes the new types of reactors that will be developed in the coming years to overcome the difficulties posed by current nuclear fission reactors.

46 Criterios del CSN para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), establece en su título VII disposiciones relativas a las fuentes naturales de radiación, requiriendo a los titulares de las actividades laborales en las que existan estas fuentes que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si hay un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

CSN criteria for radiological protection against exposure to natural radiation. Title VII of the Regulation on the Protection of Health against Ionising Radiations (RPSRI) establishes a series of provisions relating to natural sources of radiation, and requires the licensees of professional activities involving such sources to carry out the studies required to determine whether there is any significant increase in the exposure of the workers or members of the public that cannot be considered negligible from the point of view of radiological protection.

54 EL CSN INFORMA

70 SISC

72 PUBLICACIONES

aLFa

Revista de seguridad nuclear y protección radiológica

Editada por el CSN

Número 3 / III trimestre 2008

Comité Editorial

– Presidenta:
Carmen Martínez Ten
– Vicepresidente:
Luis Gámir Casares
– Vocales:
Purificación Gutiérrez López
Juan Carlos Lentijo Lentijo
Isabel Mellado Jiménez
Alberto Torres Pérez
– Asesor externo:
Manuel Toharia
– Coordinador externo:
Ignacio F. Bayo

Comité de Redacción

J. Alberto Torres Pérez
Concepción Muro de Zaro
Rosa Pradas Regel
José Luis Butragueño Casado
María Jesús Muñoz González
Iván Recarte García-Andrade
Ignacio F. Bayo

Edición y distribución

Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
Fax 91 346 05 58
peticiones@csn.es
www.csn.es

Coordinación editorial

Divulga S.L.
Diana, 16 - 1º C
28022 Madrid

Fotografías

Archivo y Javier Fernández

Impresión

Gráficas Varona
Polígono "El Montalvo"
37008 Salamanca

Depósito legal:
ISSN-1888-8925

© Consejo de Seguridad Nuclear

Fotografía de portada

stock.xchng

Las opiniones recogidas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista *Alfa* las comparta necesariamente.

REPORTAJE

La trastienda de los sucesos notificables

› María Pin
Periodista ambiental, redactora de la agencia Europa Press

Las centrales nucleares han notificado un total de 34 sucesos al Consejo de Seguridad Nuclear en los primeros seis meses del año 2008. Cada vez que se produce un Informe de Suceso Notificable (ISN), se ponen en marcha en el organismo regulador toda una serie de procedimientos técnicos y de información con el objetivo de entender lo que ha sucedido, determinar si ha afectado a la seguridad, emprender las acciones correctivas necesarias y extraer lecciones aprendidas para el futuro. El objetivo es garantizar la máxima transparencia y la mejor comprensión de todo lo que sucede en las instalaciones nucleares españolas en operación.

¿Le suena la clásica fórmula "El titular de la central nuclear X comunicó al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), siguiendo el procedimiento reglamentario, el suceso notificable consistente en...?" Los medios de comunicación suelen, en general, trasladar de manera bastante fiel las notas informativas del CSN en relación a sucesos registrados en las instalaciones nucleares. De esta forma, la sociedad tiene conocimiento de un hecho que salvo en contadas ocasiones, como el caso de Ascó I este año, suele morir en una breve reseña de la prensa. Sin embargo, todos y cada uno de estos sucesos activan un procedimiento dentro del organismo regulador, tanto a nivel informativo como a nivel técnico, en el que participan una cadena de personas y cuya extensión puede variar entre las pocas horas y las semanas, en función del hecho notificado, la coincidencia con el titular de la central y las consecuencias de haberse producido. Quizá no pueda calificarse de vertiginoso, pero el procedimiento que se desencadena ante un Informe de Suceso Notificable (ISN) es mucho más dinámico, intenso y minucioso que lo que pueda dar a entender una breve mención periodística.

Por eso, trataremos aquí de desgranar paso por paso el mecanismo que se activa en el organismo regulador desde que una instalación emite un ISN hasta que éste es conocido por el público en general, así como las consecuencias que tienen algunos de ellos. Un ISN no es otra cosa que la comunicación al CSN de un incidente en uno de los múltiples niveles de seguridad de la central (sistemas activos, sistemas pasivos y minimizadores de factores externos), bien por fallo aleatorio, defecto de diseño o de fabricación, desgaste, error humano u otros motivos, que podría haber comprometido uno de estos niveles de seguridad en concreto, aunque el hecho en sí finalmente no tenga relevancia. Así, mediante la notificación del suceso, la instalación envía información básica del hecho para que el Consejo tome determinadas decisiones, como comprobar si la seguridad de la central está restablecida, considerar si es necesario enviar una inspección reactiva y clasificar el suceso en la Escala Internacional de Sucesos Notificables (INES).

Este mecanismo es una práctica generalizada y reglada a nivel internacional para analizar la experiencia operativa y el comportamiento de las centrales nucleares, así como extraer conclusiones sobre posibles implicaciones para la seguridad y su aplicabilidad al conjunto del parque nuclear. En España, estas situaciones están reguladas por la Instrucción IS-10. En 1990, se adoptó la Escala INES, de la Or-

El Grupo de Coordinación de la Sala de Emergencias permanece alerta 24 horas al día ante la posibilidad de un suceso nuclear o radiológico.

ganización Internacional de la Energía Atómica (OIEA), para comunicar al público con rapidez y coherencia el significado que tienen para la seguridad los sucesos que se producen en las instalaciones nucleares. Además, en 1995 se ratificó la Convención sobre Seguridad Nuclear de la OIEA, por la que España se compromete a conseguir y mantener un alto grado de seguridad nuclear.

La IS-10

En la actualidad, la IS-10 determina los criterios de notificación al CSN de los sucesos ocurridos en las centrales nucleares que puedan tener una relación con la seguridad nuclear o la protección radiológica. "Antes de la IS-10 los criterios de notificación no eran de obligado cumplimiento, sino que las centrales nucleares revertían el contenido de la guía en sus especificaciones de funcionamiento. No había uniformidad. Adicionalmente, había muchos criterios que eran transcripción de otros países y se venía interpretando aleatoriamente mal por parte de las centrales nucleares", explica el jefe del Área de Experiencia Operativa y Formación (AEOF) de la Dirección Técnica de Seguridad del CSN, Rodolfo Isasia. Por el contrario, la IS-10 es de obligado cumplimiento y con ella se ha logrado "homogeneidad y unas reglas del juego claras que garantizan que todo lo importante tenga que comunicarse".

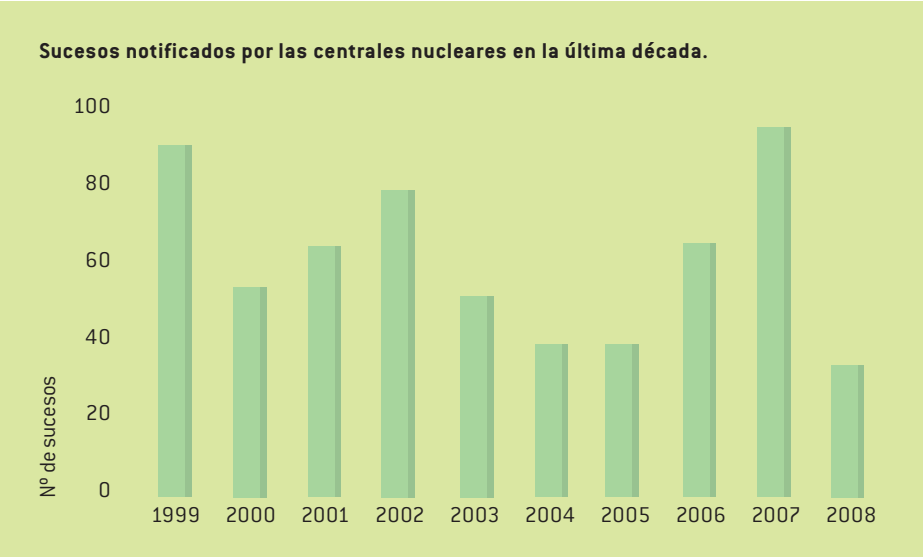
La norma recoge ocho clases de sucesos notificables, relacionados con los registros, la salud y seguridad laboral, vertidos, especificaciones de funcionamiento, operación de la central, sistemas de seguridad, otras situaciones de riesgo o sucesos externos, y en el conjunto de las áreas se describen 34 situaciones o criterios que deben ser comunicadas al CSN. Además, en función de la relevancia, establece dos plazos diferentes para notificar: en una hora, para aquellos sucesos que pueden requerir la intervención pronta del organismo regulador, como todas las paradas de reactor, las reducciones de potencia, la indicación de una secuencia de parada y la entrada en una zona de operación prohibida; o en 24 horas, cuando ha sucedido o se ha descubierto una anomalía, pero la seguridad se encuentra restablecida y por lo tanto no es necesaria una respuesta inmediata.

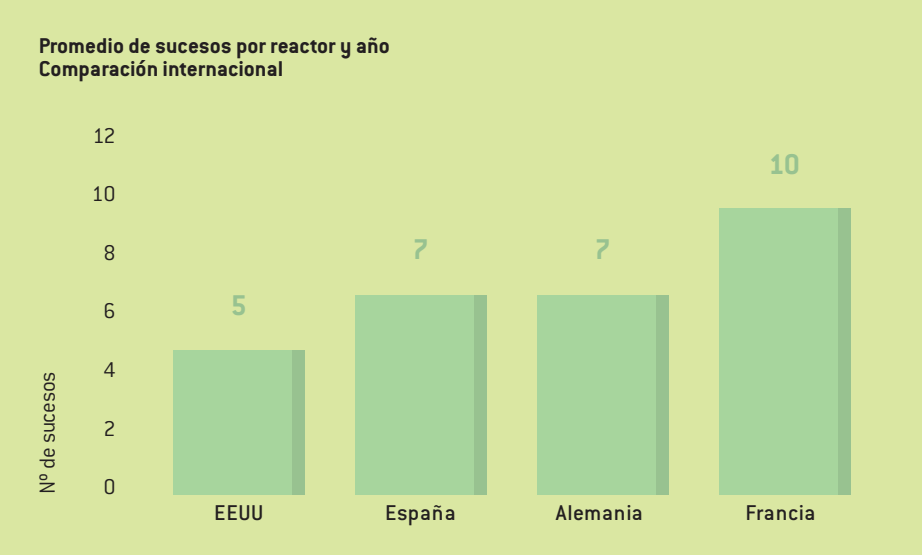
Tras la teoría, volvamos al proceso dinámico que genera un ISN, que puede llegar al CSN por dos vías, bien porque el inspector residente (hay dos en cada central) se entera y lo comunica, de modo que el Consejo requiere una notificación del titular; bien porque el propio titular de la central lo notifica directamente. En el primero de los casos puede ocurrir que el titular esté de acuerdo y emita el ISN o puede darse el caso de que no esté conforme. Entonces se alarga el procedimiento y se lleva a cabo una reunión telefónica entre el coordinador de la Inspección Residente, el jefe del AEOF y el jefe de proyecto (en el CSN hay un jefe de proyecto por cada central nuclear operativa en España), en la que se decide si

hay que notificar. En caso positivo, como la IS-10 determina que prevalece la decisión del organismo regulador, se exige a la instalación que notifique.

El ISN consiste en un breve informe por parte de la central en el que da cuenta de cuándo se ha producido el suceso, de qué tipo es, realiza una descripción del hecho, la situación en la que se encuentra la instalación en el momento de la notificación y las medidas adoptadas y previstas. A las 24 horas de emitir un ISN requerido en una hora, el titular debe realizar un nuevo informe más completo y actualizado, y enviarlo al CSN. Una vez que llega a la Sala de Emergencias (Salem) del Consejo, ésta comienza a distribuirlo, vía correo electrónico y SMS, a una amplia lista de distribución (consejeros, subdirectores, jefes de área, gabinetes, comunicación). Da igual donde se encuentren las personas incluidas en el listado, playa o montaña, durmiendo o de cena a las tres de la madrugada, poco después de la notificación, recibirán la información de la mano de la Salem. "Lo primero que tenemos que hacer ante un suceso de este tipo es entender lo que ha sucedido perfectamente. Es lo más importante", explica Isasia. De modo que si el suceso requiere aclaración adicional, se mantiene una conversación telefónica con el inspector residente y, si no es suficiente, con el titular. Además, el inspector residente también emite una nota informativa. Todos estos documentos permiten comprender lo que ha sucedido. El siguiente paso es proceder a la clasificación del suceso en la Escala INES.

Paralelamente al proceso de clasificación en la Escala INES, todo suceso notificable susceptible de ello es analizado también por el Área de Modelos y Simulación (MOSI) del CSN, que utiliza un programa informático específico para realizar un cálculo de precursores y establecer la probabilidad condicionada de daño al núcleo (CCDP) por reactor/año,

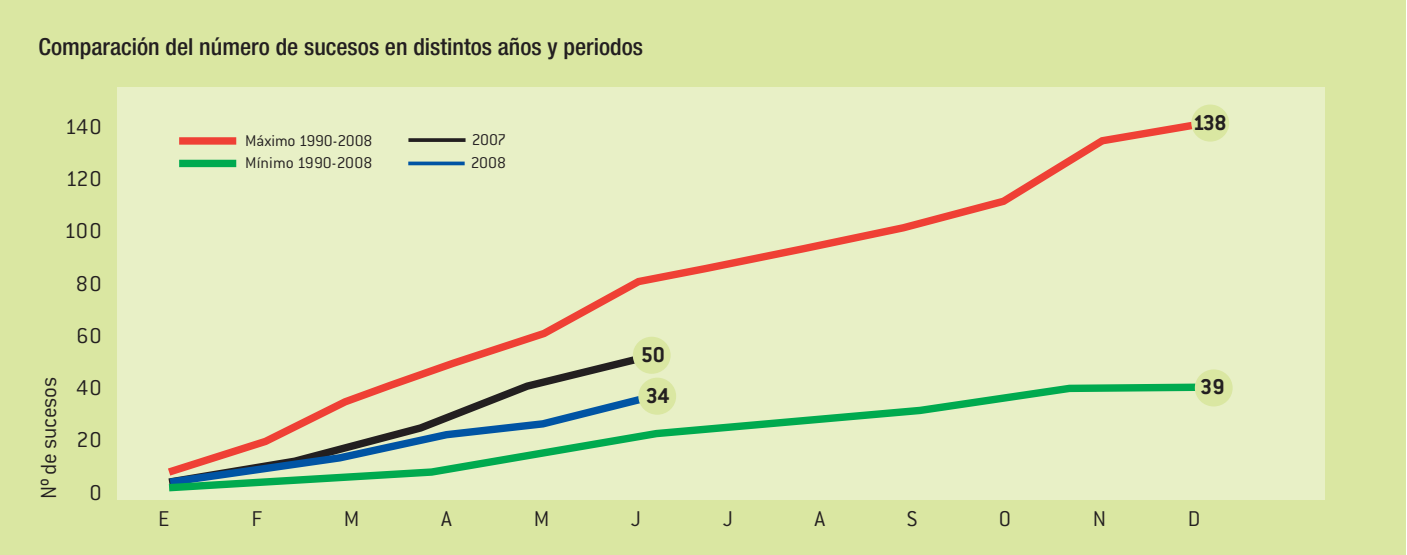




o lo que es lo mismo, lo que faltó para que el suceso notificado hubiera generado un accidente con fusión del combustible nuclear. Según esta metodología, un accidente muy grave tendría un valor de 1 al haber tenido lugar realmente. "Cuando podemos determinar la CCDP, tenemos una medida cuantitativa de la importancia real que ha tenido el suceso", subraya Isasia. Así, se considera que un suceso no es relevante cuando su CCDP es inferior a 10^{-6} (0,000001), es decir, que la probabilidad de que hubiera habido un accidente es de menos de una entre un millón. Mientras, un suceso es 'significativo' cuando su CCDP es superior a 10^{-4} (0,0001), es decir, una entre 10.000. Este criterio va a ser modificado en breve para hacerlo aun más estricto, pasando a ser 'significativo' un suceso por encima de 10^{-5}. Un suceso calificado de 'significativo' implica inspección reactiva automática. No obstante el CSN puede decidir enviar, como ha ocurrido en varias ocasiones, una inspección aunque no se haya alcanzado este nivel de probabilidad.

Nos vamos de inspección

En muchas ocasiones los técnicos están en condiciones de preclasificar el suceso con criterios de la Escala INES, por lo que se incluye en la primera comunicación indicándose que se trata de una clasificación provisional. Sin embargo, en ocasiones



esta preclasificación no es posible porque no siempre se tiene la información completa, o tiene que ser revisada posteriormente al aportarse nueva información que modifica lo que se sabía. Entonces, entra en acción un grupo de evaluadores, formado de nuevo por el coordinador de la Inspección Residente, el jefe del AEOF y el jefe de proyecto, que analiza si es necesario realizar una inspección reactiva para verificar *in situ* qué ha sucedido en la instalación, el estado de seguridad en que se encuentra tras el suceso y qué acciones correctivas proponer para que no se repita. Esta decisión se toma contrastándose la información disponible con una serie de criterios generales (funciones de seguridad, sucesos complejos, operación fuera de las bases de diseño, deficiencias significativas, valoración de impacto en el riesgo, emergencias, límites de seguridad, integridad de las barreras, Escala INES, fenómenos degradatorios, reiteración, comunicación, confianza y otros criterios). Por ejemplo, cualquier suceso clasificado como 2 en la Escala INES o cualquiera definido como 'significativo' por el cálculo de precursores implica la adopción inmediata de una inspección reactiva. También se tienen en cuenta factores concurrentes (información insuficiente, falta de garantías del restablecimiento de las condiciones de seguridad e inadecuada respuesta del titular) para valorar la necesidad o no de llevar a cabo una inspección reactiva. Además, se analizan una serie de criterios específicos análogos a los recogidos en la IS-10 como notificables, pero a los que se puede añadir un atributo adicional al propio criterio de notificación que aumenta su severidad hasta el punto de aconsejar la presencia inmediata del CSN . En algunas ocasiones, el criterio en sí implica directamente una inspección reactiva, como ocurre cuando el suceso ha supuesto que un trabajador haya superado los límites de exposición radiológica acumulada. En otros casos, depende de si confluyen factores concurrentes, como la liberación no planificada o incontrolada dentro del emplazamiento y fuera de la zona radiológica de materiales o sustancias radiactivas. En el caso de que la decisión sea positiva, se constituye formalmente el Grupo de Evaluación, coordinado por el subdirector de Instalaciones Nucleares y con la presencia de los tres representantes antes aludidos (coordinador de la inspección residente, jefe del AEOF y jefe de proyecto), así como otros especialistas del CSN, valorando la información disponible y proponiendo o no la realización de una inspección reactiva, quedando constancia en una nota de reunión de la decisión, los motivos, la propuesta de actuación y la actuación requerida al titular, la fecha de la inspección y el equipo que debe desplazarse hasta la instalación. Finalmente, la decisión es valorada por la directora de Seguridad Nuclear del CSN, que es quien finalmente tiene la potestad de ratificarla. "Con el nuevo procedimiento de inspecciones reactivas estamos acudiendo a bastantes inspecciones —subraya Isasia—, unas diez al año, que supone en torno a un 10 % de todos los ISN".

Como resultado de esta inspección, se elabora el acta de inspección, se investiga la secuencia de eventos que han llevado al incidente, las causas directas que justifican la ocurrencia de cada eslabón de la cadena que lleva a un fallo, y en algunas ocasiones, las causas raíces que subyacen tras esas causas directas. Las causas raíces son el caldo de cultivo que genera fallos de componentes o errores humanos, y cuya eliminación es primordial si se quiere evitar la repetición de los mismos. Para ello, se realizan entrevistas al personal involucrado, se hacen comprobaciones independientes, se toman muestras, etc. Debido a ello, tras una inspección reactiva, el equipo de inspección no debe volver con preguntas sin resolver sobre lo que ha sucedido, aunque

a veces la determinación de las causas debe esperar a los resultados de análisis e investigaciones posteriores. Cuando se identifican hallazgos (incumplimiento de normas, buenas prácticas o compromisos) se deben categorizar mediante técnicas probabilistas similares a las del análisis de precursores, la importancia al riesgo que han tenido individualmente cada uno de ellos, a fin de que entren en el Sistema Integrado de Supervisión de Centrales Nucleares (SISC), aplicado de forma efectiva desde 2006. El proceso a corto plazo ha finalizado.

Pero la historia no acaba ahí. El entramado de control continúa con una evaluación a medio plazo. Los titulares de las centrales nucleares también están obligados a remitir un informe a 30 días de los ISN emitidos. Con ellos, el último miércoles de cada mes el Panel de Revisión de Incidentes (PRI), formado por los jefes de las áreas técnicas y coordinado por el AEOF, analiza uno a uno todos los ISN emitidos para dilucidar si son de la suficiente calidad, si las acciones correctivas a tomar a largo plazo (formación, cambios en procedimientos, modificaciones de diseño, cambios organizativos, etc.) se estiman suficientes para que el suceso no sea recurrente. El PRI también puede proponer el envío de inspecciones adicionales a la instalación en caso de que considere que ésta no ha hecho adecuadamente sus deberes. En este punto echa el cierre el procedimiento a medio plazo.

Lecciones aprendidas

El análisis de la experiencia operativa propiamente dicha se enmarca en el último estadio de esta evaluación a más largo plazo. Todas las centrales nucleares en operación deben remitir al CSN una vez al año un informe anual analizando los sucesos notificables de su experiencia operativa propia y también todos los de las demás centrales. "Tienen que volver a analizar sus ISN y tienen que analizar los ISN de los demás para comprobar la aplicabilidad a su propio diseño. Para la elaboración de este informe, las centrales nucleares abren una ficha por cada suceso notificable y se describen las acciones correctivas para que haya un seguimiento posterior", dijo Isasia. En definitiva, se trata de que todas las instalaciones saquen lecciones aprendidas de todos y cada uno de los sucesos notificados y pongan las medidas para que no se repitan en sus instalaciones. "Todos hemos sacado lecciones aprendidas del accidente de Chernóbil y su tecnología no se parecía a ninguna de las actuales; esto es así porque los análisis que esperamos deben ser profundos y contemplar, incluso, malas prácticas operativas para extrapolarlas a su central, aunque ésta sea de muy diferente diseño", enfatiza Isasia, en relación a que las centrales no pueden escudarse en la variedad de tecnología para dejar de analizar los sucesos acaecidos en otras instalaciones.

Paralelamente a este procedimiento técnico, el Área de Comunicación del CSN activa otro procedimiento dirigido a informar al público en general de los hechos que considera relevantes. Así, cuando la Salem recibe un ISN no sólo lo distribuye a las áreas técnicas sino que también se remite al Área de Comunicación. Por definición, se redacta una nota informativa de todos los sucesos notificables en una hora, mientras que de los de 24 horas se publica una reseña en la página web del organismo regulador (www.csn.es). Dentro de esta norma general hay ciertos matices. Por ejemplo, la pérdida de comunicación con el CSN por rotura de un fax es un suceso notificable en una hora del que no se hace nota informativa, mientras que la liberación de partículas en Ascó I (Tarragona), un suceso notificable a las 24 horas, requirió de nota informativa por la repercusión social que alcanzó el asunto.

Una vez que la Salem remite el SMS y el correo electrónico, el Área de Comunicación contacta telefónicamente con los directores técnicos y si el asunto lo requiere comienza a elaborar una nota de prensa sobre una plantilla prefijada, en la que se narra el suceso, el momento en el que se ha producido y la clasificación preliminar en la Escala INES, si es posible. El tiempo preestablecido para emitir estas notas es de seis a ocho horas, aunque se tiene en cuenta el momento en que se produce el suceso. La nota informativa, una vez aprobada por la Dirección Técnica, se envía a un consejero o a la presidenta del CSN para su aprobación definitiva. Con esta última aprobación, la Salem envía un correo electrónico a unas 200 instituciones de ámbito nacional y de ámbito autonómico y provincial. Entre ellas, Presidencia y Vicepresidencia del Gobierno, Congreso y Senado, ministerios de Industria, Interior, Administraciones Públicas, presidentes de gobiernos autonómicos, parlamentos autonómicos y consejeros competentes en la materia. Además, se envía un SMS con la información al vicepresidente del Comité de Información de la zona, que es el alcalde de alguna de las poblaciones y que está encargado de coordinar a los ediles del entorno cercano a la instalación nuclear. En el 90% de los casos, el Área de Relaciones Institucionales del CSN también se pone en contacto con dicho vicepresidente, y en sucesos como el de Ascó I envía el SMS a todos los alcaldes implicados. Al menos 15 minutos después, la Salem envía una nota de prensa a los medios de comunicación nacionales, autonómicos y locales, y cuelga el suceso en el apartado correspondiente de la web. Paralelamente, el Área de Comunicación se pone en contacto con la Delegación o Subdelegación del Gobierno para informar del suceso y anunciarles la distribución de la nota informativa correspondiente.

Dirección de la Sala de Emergencias durante el seguimiento de un suceso.

Novedades de otoño

A pesar de la juventud de la IS-10 —publicada en el BOE nº 203 de noviembre de 2006— los técnicos del Consejo tienen previsto presentar una revisión de esta norma este otoño para introducir mejoras en la interpretación de los criterios, especialmente de los de protección radiológica. Igualmente, han descubierto que la redacción de algunos criterios retrae a las instalaciones de su notificación, como por ejemplo el criterio 'incumplimiento de una condición límite operación de las especificaciones y su acción asociada'. "La NRC (organismo regulador de Estados Unidos) define este criterio como 'estar en una condición prohibida por las especificaciones' y nosotros cuando redactamos la IS-10 decidimos dejar el término 'incumplimiento'. Pero el tiempo ha demostrado las dificultades que introduce esta redacción, al asociar incumplimiento a sanción, lo cual podría inducir a los titulares a intentar evitar en muchas ocasiones la posible notificación", explica Isasia.

Con la entrada del otoño, y aprovechando las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, el CSN ha puesto en marcha una serie de mejoras en la notificación de los sucesos en instalaciones y actividades nucleares. El objetivo de este método de notificación es evitar que se dilate el periodo de tiempo que va desde que se produce la notificación del suceso y la nota de prensa del Consejo en la que se incluye el criterio técnico del organismo regulador. En cumplimiento de esta línea de mayor transparencia y eficacia, se ha comenzado a enviar por correo electrónico, un resumen de la notificación a las instituciones nacionales y regionales, para que conozcan los términos de la comunicación del titular con la mayor rapidez posible. Así mismo, la Salem envía un SMS a los mismos destinatarios, con una pequeña reseña del asunto, que añade una mayor celeridad a la difusión del incidente. Posteriormente, en los casos que se considere necesario, el Consejo publicará en la página web una nota de prensa —que también se envía por fax y correo electrónico a las instituciones y a los medios de comunicación— o colgará una reseña informativa indicando el suceso. Sobre la base de estos criterios se firmó, el pasado 18 de septiembre, un protocolo de pronta notificación con la Generalitat de Cataluña que se está haciendo extensivo al resto de las instituciones nacionales, autonómicas y locales.

34 sucesos notificados hasta julio

Ambos procesos, el técnico y el informativo, se han desencadenado este año en cada uno de los 34 sucesos notificados por las centrales nucleares en operación hasta el 30 de junio. Se trata de un número similar en orden de magnitud al del año pasado, según Carlos Gimeno, asesor del Gabinete de la Presidencia del CSN, que estima que de aquí a final de año el cómputo global podría situarse entre 80 y 90 sucesos. Aunque la regla general es que no es adecuado realizar comparaciones entre países porque varían los criterios de notificación, un contraste entre países pone de manifiesto que España, con una media reciente de siete notificaciones por reactor y año, se sitúa en un rango intermedio entre Estados Unidos (5) y Francia (10). "La idea general es que el número de sucesos era mucho mayor al

principio, en los años 80, disminuyendo gradualmente en las dos últimas décadas. Desde el año 2000 estábamos en niveles muy bajos, habíamos pasado a una media de unos 60 sucesos anuales en comparación con los 80 que solían comunicarse en los años 90", explica Gimeno. A partir de la IS-10, con un marco más exigente, el número de sucesos al año ronda el centenar. "No se trata de que la situación sea peor desde el punto de vista de la seguridad, sino sencillamente de que hay más información a disposición del regulador", asegura.

En teoría, hay más sucesos en los periodos de primavera y de otoño porque son en los que se producen las recargas de combustible por razones de conveniencia para la cobertura de la demanda eléctrica, ya que el máximo consumo suele tener lugar en los meses de invierno y verano. Es durante la recarga, cuando una central para, generalmente entre 20 días y un mes, el periodo en que se descubren más cosas que en situación normal, dado que más de un millar de personas entran en la instalación para realizar múltiples tareas. A veces también existe, según Gimeno, un efecto psicológico en los momentos, por así llamarlos, de crisis. Por ejemplo, tras el caso registrado este año en Ascó I, en el que el titular comunicó en abril una fuga radiactiva que había sucedido en noviembre, puede que otras centrales hayan optado por notificar sucesos que, en otras circunstancias no habrían considerado *a priori* como tales. "En una situación normal, la central entraría con mayor frecuencia en el debate lógico con el CSN sobre la eventual notificabilidad de los sucesos, pero a la vista de las repercusiones mediáticas que ha tenido el asunto de Ascó, yo creo que piensan que mejor es notificar a meterse en problemas de mucha más envergadura", explica Gimeno.

En todo caso, este año el mayor número de sucesos del primer semestre ha sido notificado por las centrales de Cofrentes (11), Ascó I (8) y Ascó II (7) y, por el momento, el mes de junio es el que ha registrado un mayor número de notificaciones, con 9. En los primeros seis meses del año un suceso ha sido calificado como nivel 2 en la Escala INES (detección de partículas radiactivas en el interior y exterior de Ascó I) y otro ha sido calificado como nivel 1 (detección de radiactividad en el pórtico de una empresa de reciclado al paso de un camión de transporte de material metálico reciclable procedente de la central nuclear Ascó I). La mayoría de los sucesos corresponden a cuestiones relacionadas con actuaciones de sistemas de seguridad (incluyendo disparos automáticos), con un 36%; y de operación (especificaciones de funcionamiento), con el 35%.

La historia de las notificaciones por parte de las centrales nucleares, pone de manifiesto que Cofrentes es, desde 1990, la instalación nuclear en operación que más sucesos ha comunicado, unos 240, casi el doble que las que menos, Almaraz 1 y Garoña, con unos 120. Mientras, a nivel de la Escala INES, Trillo es la central que ha tenido mayor número de sucesos con nivel alto en esta clasificación, con un suceso calificado como nivel 2 y diez como nivel 1, algo que Gimeno atribuye a la complejidad de su diseño alemán. "Desde el punto de vista del Consejo los sucesos no son mi mayor preocupación —explica—. Tienen su importancia a nivel mediático y de comunicación externa, pero internamente desde el punto de vista de la seguridad suelen tener, por lo general, escasa relevancia. Los únicos sucesos que merecen consideración son los que el Panel de Revisión de Incidentes identifica como significativos. La seguridad de las centrales nucleares viene determinada fundamentalmente por su diseño y por la calidad de operación, si bien la regulación es necesaria para potenciar el control sobre la seguridad de las mismas", concluye Gimeno.

Escala INES

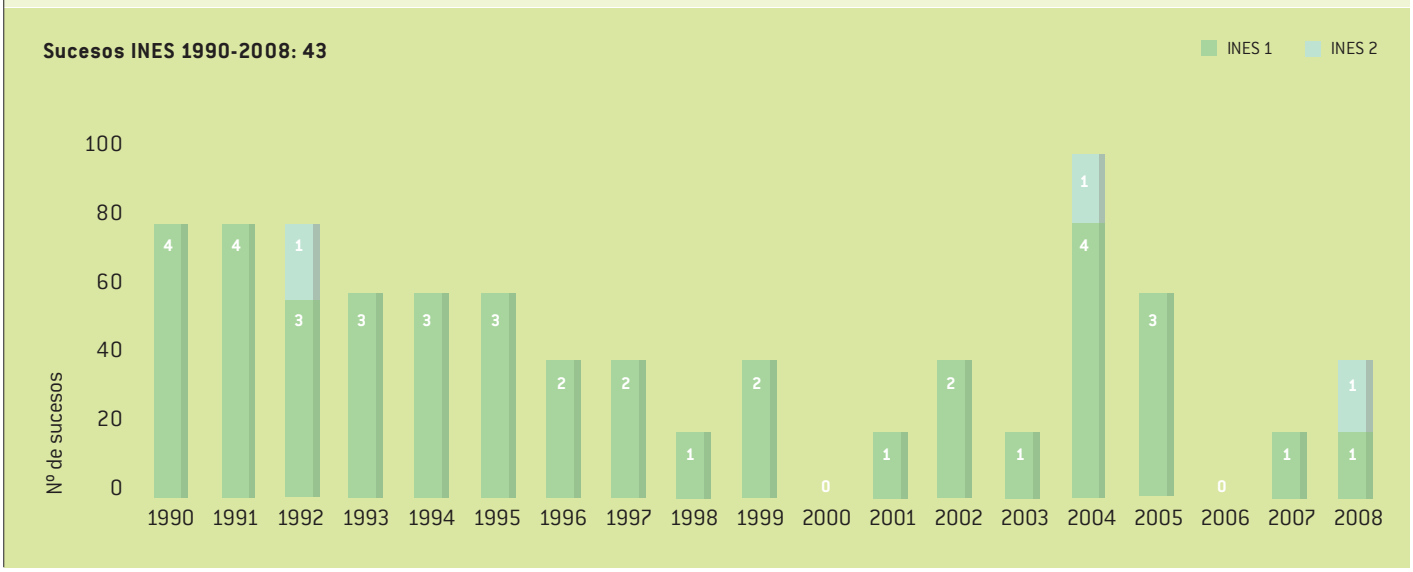
Nivel	Tipo	2007	1er semestre 2008
7	Accidente muy grave	0	0
6	Accidente grave	0	0
5	Accidente con riesgo fuera del emplazamiento	0	0
4	Accidente sin riesgo fuera del emplazamiento	0	0
3	**Incidente importante**	**0**	**0**
2	Incidente	0	1
1	Anomalía	0	1
0	Desviación	95	32
Total de sucesos notificados		**96**	**34**

Cifras y letras

La Escala Internacional de Sucesos Notificables (INES), adoptada por España en 1990 está divida en ocho niveles: 0 (desviación sin significación para la seguridad), 1 (anomalía), 2 (incidente), 3 (incidente importante), 4 (accidente sin riesgo significativo fuera del emplazamiento), 5 (accidente con riesgo fuera del emplazamiento), 6 (accidente importante), 7 (accidente grave). Desde que se aplica la INES en España, 43 sucesos en centrales nucleares han sido calificados en niveles superiores a 0: 40 sucesos de nivel 1, tres sucesos de nivel 2 (Trillo 1992, Vandellós II 2004 y Ascó I 2008) y uno de nivel 3 (Vandellós I 1989).

El jefe del AEOF, que es el coordinador de la INES, es el encargado de la clasificación del suceso, de manera que si es 0 se le comunica directamente al Área de Comunicación. Si el suceso es mayor que 0, debe emitir un informe en 72 horas que debe ser aprobado por el subdirector de Instalaciones Nucleares y la directora Técnica de Seguridad Nuclear. Si es mayor que 1 lo tiene que aprobar el Pleno del CSN y hay que comunicarlo a la OIEA a través de una página web (NEWS) en la que se introduce una descripción del suceso y un razonamiento de la clasificación. Cada vez que un país introduce un suceso en esta página web, se distribuyen automáticamente dos correos electrónicos a todos los inscritos (generalmente los coordinadores de la INES de cada país, pero también los titulares de centrales nucleares).

Además de la clasificación técnica inicial del suceso, lo que se conoce como *basic ratings*, y que se establece teniendo en cuenta el riesgo real, la Escala INES también contempla factores adicionales mediante los cuales se puede incrementar en un grado la clasificación inicial de un suceso si se han observado deficiencias en procedimientos, fallos de causa común y problemas de cultura de seguridad. Según Isasia, el incidente de las partículas radiactivas registrado en Ascó I (Tarragona) fue técnicamente un 1, pero el Consejo aprobó su elevación a 2 por considerar que existían deficiencias de cultura de seguridad, ocultación de información y retrasos de comunicación.



De los 1.500 sucesos notificados por las centrales nucleares desde 1990, tan solo 43, un 3%, han sido sido clasificados por encima del nivel 0 en la Escala INES. Ninguno de los sucesos ha adquirido la categoría de "Accidente" o "Incidente Importante" y solo tres de los sucesos notificados, es decir el 0,2%, ha sido calificados como "Incidentes", esto es, niveles 2 y 3.

Es importante comprender que los sucesos notificados, en sí mismos, no son indicadores de la seguridad de las centrales, ni son equiparables como tales ni a incidentes ni a accidentes en las centrales. Su objeto es disponer de información sobre acontecimientos que puedan tener relación con la seguridad nuclear o la protección radiológica, a efectos del control y supervisión de la experiencia operativa de las centrales. Para determinar la panorámica global de la seguridad de estas instalaciones, el CSN dispone del Sistema Integrado Supervisión de Centrales (SISC), un instrumento muy completo, que emgloba todos los indicadores y hallazgos que se producen en las centrales.

El Instituto de Investigación en Física Médica tratará a 2.000 pacientes al año. Esta técnica de radioterapia está especialmente indicada contra los cánceres infantiles, cerebrales y oculares

Valencia tendrá en 2011 el primer centro español para tratar el cáncer con protones

› **Belén Tobalina**
Periodista ambiental, redactora del diario *La Razón*

En muy poco tiempo Valencia contará con el primer centro del país para tratar el cáncer con aceleradores de haces de protones. Esta técnica, cuya eficacia se viene comprobando desde la década de los años 90, permitirá atacar al tumor sin prácticamente afectar al tejido sano colindante. Está previsto ubicar la nueva instalación en el Parque Científico de la Universidad de Valencia, concretamente en el Campus Burjasot-Paterna. El futuro Instituto de Investigación en Física Médica (Ifimed), a pesar de no estar adscrito a ningún hospital —pues su finalidad no es sólo la protonterapia—, permitirá tratar a unos 2.000 pacientes al año a partir de finales de 2011. El coste del centro de investigación asciende a 120 millones de euros, financiado al 50% por el Gobierno Central y por la Generalitat Valenciana, y ya sólo queda que comiencen las obras previstas para este año.

La pieza clave del emplazamiento, promovido por el Instituto de Física

Vista del sistema de posicionamiento del paciente en un equipo de protonterapia (cortesía de IBA).

Corpuscular del centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Valencia, es un ciclotrón, un aparato que permite la aceleración de protones a través de fuerzas electromagnéticas. Con este método, de unos 60 millones de euros de coste, "se podrá asistir a varios pacientes en distintas salas" prácticamente al mismo tiempo, asegura el coordinador del proyecto José Bernabéu Alberola. Ello se debe a que el ciclotrón cuenta con varias líneas de salida de los haces. Para el catedrático de Física Teórica de la universidad valenciana y recientemente galardonado con el premio Rey Jaime I en el campo de la Investigación Básica por sus estudios en Física Teórica de Partículas Elementales, "la terapia de protones en oncología ha demostrado ser más eficaz (en determinados cánceres) frente a la radioterapia "convencional" (de fotones) gracias a la gran precisión que se alcanza mediante los haces de protones, lo que disminuye drásticamente los efectos secundarios tardíos".

La ventaja fundamental de esta técnica es, por tanto, su exactitud sobre el tejido a irradiar. "La diferencia entre la radioterapia de fotones y la que emplea haces de partículas "pesadas" (protones, iones carbono, neutrones) es que, cuando se atraviesa la materia viva, el haz de rayos X produce pocas ionizaciones. Las partículas pesadas, en cambio, generan más iones por lo que hacen un mayor "daño" al tejido tumoral y afectan menos a la estructura sana próxima al tumor, ya que la protonterapia permite depositar el haz de protones en un punto concreto", explica Manuel de las Heras González, jefe del Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Clínico San Carlos, en Madrid.

Funcionamiento

La óptima distribución de la dosis de radiación sobre los tejidos a tratar permite que la protonterapia pueda resultar más efectiva sobre el tumor. Esto es posible porque "el haz de protones, cuando penetra en el organismo, cede una dosis de radiación muy baja en su trayectoria inicial, por lo que deposita la mayor parte de la dosis a determinada profundidad cuando está a punto de detenerse. A este máximo se le denomina "pico de Bragg". Se trata por tanto de hacer coincidir estos picos de los haces de protones con el tejido tumoral a irradiar. De este modo, las estructuras sanas próximas al tumor recibirán sólo mínimas dosis de radiación", explica el doctor Ignacio Petschen Verdaguer, jefe del Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Universitario La Fe, en Valencia.

Lógicamente, al minimizar la radiación que reciben los tejidos sanos, también se suavizan las consecuencias negativas de la propia irradiación. "Los efectos secundarios que produce la radioterapia se minimizan con esta técnica, tanto durante, como después de la misma, precisamente porque se protegen mejor las estructuras sanas", añade el doctor.

Eficacia

La clave del proceso reside en la realización de un buen diagnóstico que permitirá "elegir a qué profundidad han de detenerse estos protones, lo que está relacionado con la energía del haz. Por ejemplo, una energía de 230 millones de electronvoltios (MeV) corresponde a una profundidad de unos 30 centímetros en el cuerpo humano", explica Bernabéu Alberola. De modo que, una vez localizada la zona a tratar y la energía necesaria para llegar al tejido tumoral, el equipo de radioterapia está prácticamente listo para poder realizar el tratamiento de radioterapia con protones.

Ahora bien, la protonterapia no es, al menos hoy, una técnica utilizada para combatir todo tipo de cánceres. "Los tumores que se benefician especialmente de la irradiación protónica son aquellos que tienen una forma y una ubicación perfectamente delimitadas y definidas; son adyacentes a órganos "críticos" que deben protegerse a toda costa, y son poco susceptibles de presentar metástasis, ya que su progresión invalidaría el éxito de controlar el cáncer primario. Si estas condiciones se presentan en tumores infantiles, pues entonces con mayor motivo el empleo de esta técnica de protones, ya que así se reduce el mayor riesgo de complicaciones que la radioterapia tiene en los niños", explica Petschen Verdaguer.

En concreto para este experto, la protonterapia está especialmente indicada en "los melanomas uveales (tumores oculares), en los que el empleo de haces de protones pretende, además de curar, preservar la visión del paciente; en determinados tumores cerebrales, de la base del cráneo y de la columna vertebral, o próximos a ella, como los cordomas y condrosarcomas (el primero es un tipo de cáncer originado en la "notocorda" —resto embrionario—, que suele asentarse en la sección inferior o superior de la columna vertebral y, el segundo, es un tumor que se forma en el cartílago)". A esta lista se suman también "algunos tumores ya irradiados que se han reproducido localmente y son inoperables, y que exigen una máxima protección de los tejidos sanos que han recibido ya determinada dosis de radiación", añade Petschen.

Los resultados de la protonterapia hablan por si solos. En el caso de los cordomas y los condrosarcomas de la base del cráneo, "con esta técnica se logra, según los resultados conseguidos en Boston, el control tumoral a los cinco años en el 73 y 98% de los casos, respectivamente. Se trata, por tanto, de resultados muy positivos y netamente superiores a los obtenidos con la radioterapia de fotones, que oscilan, en el caso de los cordomas y condrosarcomas, entre un 17 y un 65% de éxito", explica el experto en Oncología.

Radioterápica

En cuanto a "los melanomas uveales —prosigue—, la protonterapia permite, también a los cinco años, controles locales del 90% aproximadamente, con preservación o retención ocular por encima del 80%". Para Petschen Verdaguer, "con las placas radiactivas implantadas en el ojo afecto se obtienen excelentes resultados, pero el haz de protones, en función de la localización y extensión del melanoma, pueden ser superiores, sobre todo en los tumores centrales, próximos al nervio óptico, y de mayor tamaño". Ahora bien, tal y como recuerda el doctor, el porcentaje de éxito varía de un estudio a otro, aunque los resultados positivos con los haces de protones son claramente superiores en los tumores anteriormente citados.

Pero no son los únicos cánceres que se tratan en la veintena de centros que hay en el mundo dotados con esta tecnología de radiación. Al menos en Estados Unidos, donde por cierto se abrió el primer centro de protonterapia (el del Laboratorio californiano Lawrence Berkeley, hoy inactivo), utilizan esta técnica ya contra algunos "tumores de pulmón, y es previsible que en un futuro se aplique contra tumores gastrointestinales, sarcomas y tumores ginecológicos y urológicos, como el cáncer de próstata", precisa el renombrado experto en melanoma ocular Theodore L. Phillips, oncólogo radiólogo alemán de la Universidad de California (en San Francisco) y miembro del Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos.

A esta lista quizás se sumen en un futuro no tan lejano otros tipos de tumores como algunos cánceres de hígado, que resulten inoperables y estén bien localizados, así como el de nasofaringe y el de la región naso-etmoidal por estar próximos a los ojos y a estructuras críticas de la base del cráneo, tal y como avanza el doctor Petschen. Ahora bien, como recuerda el experto en Oncología Radioterápica, "todavía no hay estudios clínicos que hayan demostrado la superioridad de los protones frente a los fotones en estos casos, por lo que aún estamos a la espera de los resultados de estas investigaciones".

Sea como fuere, la futura gran instalación físico-médica tratará a aquellos enfermos oncológicos en los que se determine la superior utilidad de la terapia mediante un haz de protones frente a otras, tras haber sido previamente diagnosticados en los diferentes hospitales del sistema sanitario español. De modo que el nuevo centro servirá para atender a pacientes oncológicos de todo el país, asegura el coordinador del proyecto.

"Pero en ningún caso —prosigue Bernabéu—, esta nueva terapia pretende competir con los tratamientos convencionales contra el cáncer que se dan en la actualidad en los hospitales, ni siquiera con relación a la radioterapia. Su aplicación será para aquellos casos en los que otros tratamientos han resultado ser imposibles o ineficientes" contra el tejido tumoral.

Menos efectos secundarios

Respecto al número de citas, los pacientes tendrán que someterse, en principio, al mismo número de sesiones de radioterapia con protones que con fotones. Ahora bien con la primera técnica, los efectos no deseados se atenúan. "En la actualidad, ambos métodos requieren de cinco sesiones semanales a lo largo de cinco o siete semanas (es decir, de 25 a 35 sesiones), aunque se está ensayando reducir el número de sesiones y el tiempo total de tratamiento, a costa de dar una mayor dosis por sesión para incrementar la eficiencia terapéutica y aumentar así el número de pacientes tratados. De hecho, este hipofraccionamiento ya se está empezando a aplicar en el tratamiento del cáncer de próstata", explica Petschen. "Los efectos secundarios de la radioterapia se minimizan con el acelerador de haz de protones, tanto durante como después de la misma, precisamente porque se protegen mejor las estructuras sanas", añade.

Prácticamente el mismo parecer tiene el oncólogo radiólogo de la Universidad de California, salvo, eso sí, por una observación: "los síntomas de la radioterapia con protones son menores que con fotones, pero la piel puede quedar más marcada o sufrir una mayor reacción". Ahora bien, Theodore Phillips tiene una cosa muy clara: "los protones nunca resultan menos efectivos que los fotones".

Urgen más centros

Pero, a pesar del importante avance que supondrá contar con el primer centro del país para tratar el cáncer con protones, lo cierto es que con esta técnica no se podrá asistir a todos los enfermos que la precisen. "En España, se calcula que aproximadamente 80.000 pacientes al año requieren radioterapia, de los que unos 8.000 precisarían de protonterapia, pues se estima que los tumores a tratar con esta técnica son aproximadamente el 10% del total de los que se someten a radioterapia", precisa Petschen Verdaguer.

"En el caso de los melanomas de coroides, por ejemplo, la incidencia de este tipo de tumor, que afecta a la capa más posterior de la úvea —la capa vascular del ojo compuesta por el iris, el cuerpo ciliar y la coroides—, es de 0,5 casos por 100.000 habitantes al año. Para este tumor pigmentario, cuya aparición suele darse entre los 50 y los 70 años de edad, el pronóstico y el tratamiento dependen del tamaño y del tipo celular, entre otros factores. El de cordoma de clivus es aún menos frecuente que el de coroides: un caso al año por cada millón de habitantes", detalla María López García, del Servicio de Oncología Médica del Hospital Ramón y Cajal de Madrid y secretaria científica de la Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM). Para la doctora López García, "el tratamiento para luchar contra este tumor, cuya agresividad es fundamental-

Ciclotrón para protonterapia en el laboratorio suizo PSI.

mente local —aunque puede producir metástasis en aproximadamente un 5% de los casos—, es la cirugía y la radioterapia con haz de protones".

Así que, a pesar del importante esfuerzo económico que se va a realizar, lo cierto es que "como este centro de Investigación en Física Médica de Valencia tratará a no más de 2.000 personas al año, son necesarias más instalaciones para dar cobertura a las necesidades de los pacientes en nuestro país", hace hincapié el jefe del Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Universitario La Fe, que ve cómo el sistema sanitario valenciano ha hecho frente a la asistencia de un millón de ciudadanos más, hoy, que en 1999.

De hecho, si finalmente se comprueba la efectividad de esta técnica de radioterapia con protones frente al cáncer de próstata, ya que con ella se podría proteger mejor el recto y la vejiga urinaria, la lista de potenciales pacientes aumentaría considerablemente, ya que se trata "del segundo cáncer más frecuente en los hombres, tras el de pulmón. En España, donde la incidencia de este tipo de tumor es baja, aunque aumentando desde los años 90, se diagnostican 13.300 nuevos casos al año y mueren por su causa aproximadamente 5.900 personas anualmente, lo que le convierte en la tercera causa de muerte por cáncer en el sexo masculino en nuestro país, tras el cáncer de pulmón y el colorrectal", según los datos facilitados por la SEOM.

Por estos motivos y su efectividad, en Europa ya hay varios países —muchos otros no tienen ninguno— que están valorando aumentar el número de instalaciones con esta técnica aceleradora de haces de protones. "Actualmente funcionan una veintena de centros en el mundo, sobre todo en Europa Occidental y en Estados Unidos, aunque existen proyectos que harán que esta cifra se duplique en los próximos años. Francia, por ejemplo, dispone de dos instalaciones y tiene otras dos más en proyecto; Alemania cuenta con dos y con alguna más a estudio. Italia, Austria y Holanda proyectan construir una, al menos, en cada país, y en China ya se está instalando un centro", asegura Petschen; que recuerda que en África ya cuentan con un emplazamiento ubicado en Faure (Sudáfrica).

Otros usos

Pero el futuro Instituto de Investigación en Física Médica no se dedicará exclusivamente a la protonterapia. El Ifimed "está concebido para desarrollar aplicaciones de las técnicas de Física de Partículas y Nuclear en el campo de futuros aceleradores, destinados no sólo a los haces de protones sino también al desarrollo industrial y biológico, así como a la investigación en diagnóstico por imagen de las principales enfermedades oncológicas, neurodegenerativas y cardiológicas", detalla Bernabéu Alberola.

Además, en esta gran instalación en la que previsiblemente trabajarán unas 200 personas, se estudiará, según las mismas fuentes, la viabilidad para mejorar las técnicas de imagen con el fin de monitorizar la aplicación de la terapia con protones mientras ésta está siendo aplicada al paciente, y servirá para formar a los físicos y a los físicos médicos de los hospitales en la utilización de los instrumentos del centro, como terapia y diagnóstico en colaboración con el máster en Física Médica.

En definitiva, el futuro Instituto de Investigación (aprobado ya por el Pleno del Consell del Gobierno Autonómico) permitirá dar un importante paso para la física y para los 2.000 pacientes oncológicos que se beneficiarán cada año de la protonterapia, sin tener que ser trasladados a centros europeos para recibir este tratamiento. Ahora bien, resulta necesario un mayor número de instalaciones para poder asistir a los otros 6.000 enfermos de cáncer que se podrían favorecer de este acelerador de haz de protones. Y de hacerlos, quizás sería mejor que estuvieran dentro de los hospitales, pues así se evitarían, según Petschen, "ciertas dificultales como el desplazamiento de pacientes y de soporte médico, como un equipo de anestesia para la irradiación de algunos pacientes infantiles, por ejemplo".

Cómo funciona una central nuclear

› Raquel Saiz
Física y divulgadora

Una central nuclear es una instalación en la que se genera energía eléctrica a partir del calor resultante de las reacciones de fisión de materiales fisionables, como el uranio 235.

Estas centrales además de producir una gran cantidad de energía eléctrica no contribuyen al efecto invernadero ni precisan de combustibles fósiles para su funcionamiento. El principal problema de estas centrales lo constituyen los residuos sólidos ya que hay que albergarlos en depósitos aislados y controlados durante mucho tiempo. Es importante señalar que 1/5 de la energía eléctrica que se consume en nuestro país proviene de las centrales nucleares.

El reactor nuclear

Un reactor nuclear es un dispositivo donde se produce una reacción nuclear controlada. Consta de varios elementos:

— El combustible. Formado normalmente por un compuesto de uranio, que es la fuente de generación del calor.

— El moderador. Permite un mejor rendimiento del reactor frenando los neutrones para que puedan interaccionar con los átomos del combustible. Se utilizan el grafito, el agua y el agua pesada.

— El refrigerante. Extrae el calor generado por el combustible del reactor. Para ello se utilizan líquidos, como el agua ligera y el agua pesada, o gases como el anhídrido carbónico y el helio.

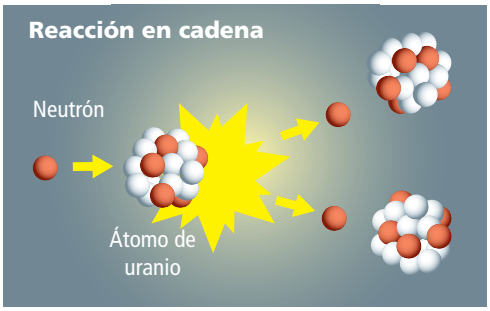
— El reflector. Reduce el escape de neutrones de la zona del combustible. Los materiales más usados son el agua, el grafito y el agua pesada.

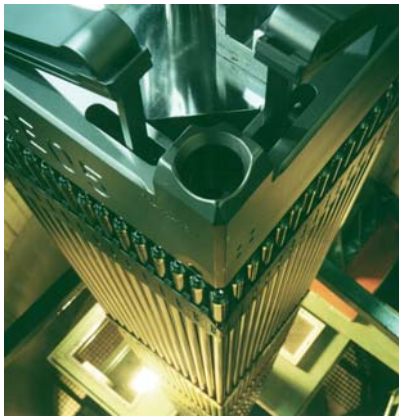
— Los elementos de control, tienen forma de barras y absorben neutrones, controlando la reactividad del reactor.

— El blindaje. Evita el escape de radiación gamma y de neutrones (se utilizan el hormigón, el agua y el plomo).

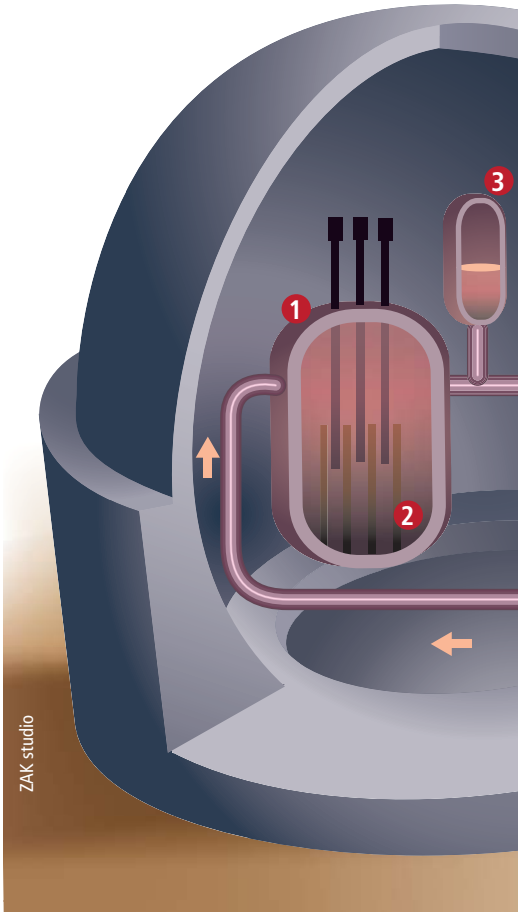
Funcionamiento

La generación de electricidad en las centrales térmicas, entre las que se encuentran





El combustible, formado por uranio enriquecido, se encuentra en forma de pequeñas pastillas cilíndricas insertadas en largas varillas, que a su vez se agrupan para formar los llamados elementos de combustible (en la foto), estructuras de cuatro metros de altura y sección cuadrada de unos 21 centímetros de lado. En el núcleo de un reactor se coloca centenar y medio de elementos combustibles, en una disposición concéntrica.



las nucleares, se basa en el movimiento de generadores eléctricos mediante vapor.

Circuito primario. Es el encargado de enfriar el reactor. Está formado por la vasija del reactor que contiene al núcleo. El agua que circula en el interior del reactor se calienta por el calor producido en la fisión. La salida al exterior tanto de la radiación como de productos radiactivos es imposible por tres barreras físicas: las vainas (aleaciones metálicas) que encierran herméticamente al combustible; la vasija del reactor y el edificio de contención (una estructura hecha de planchas de acero y recubierto de hormigón).

Circuito secundario. Es donde se produce la generación de electricidad. El vapor producido en el generador de vapor se conduce a la turbina que está conectada a un alternador donde se transforma la energía térmica en energía mecánica.

El sistema de refrigeración. Mediante un caudal de agua se realiza la refrigeración del condensador, donde se ha convertido el vapor en agua líquida para comenzar de nuevo el ciclo.

Centrales nucleares españolas en operación.

Vapor
Agua calinte
Agua fría

1 Reactor nuclear
2 Elementos de control
3 Presionador
4 Circuito generador de vapor
5 Turbina
6 Circuito condensador
7 Generador eléctrico
8 Transformador
9 Circuito refrigerador
10 Tendido eléctrico
11 12 13 Bombas

ENTREVISTA

José Manuel Sánchez Ron
académico y catedrático de Historia de la Ciencia

"En ciencia España tiene que hacer lo que hacía Felipe II: fichar a gente de fuera"

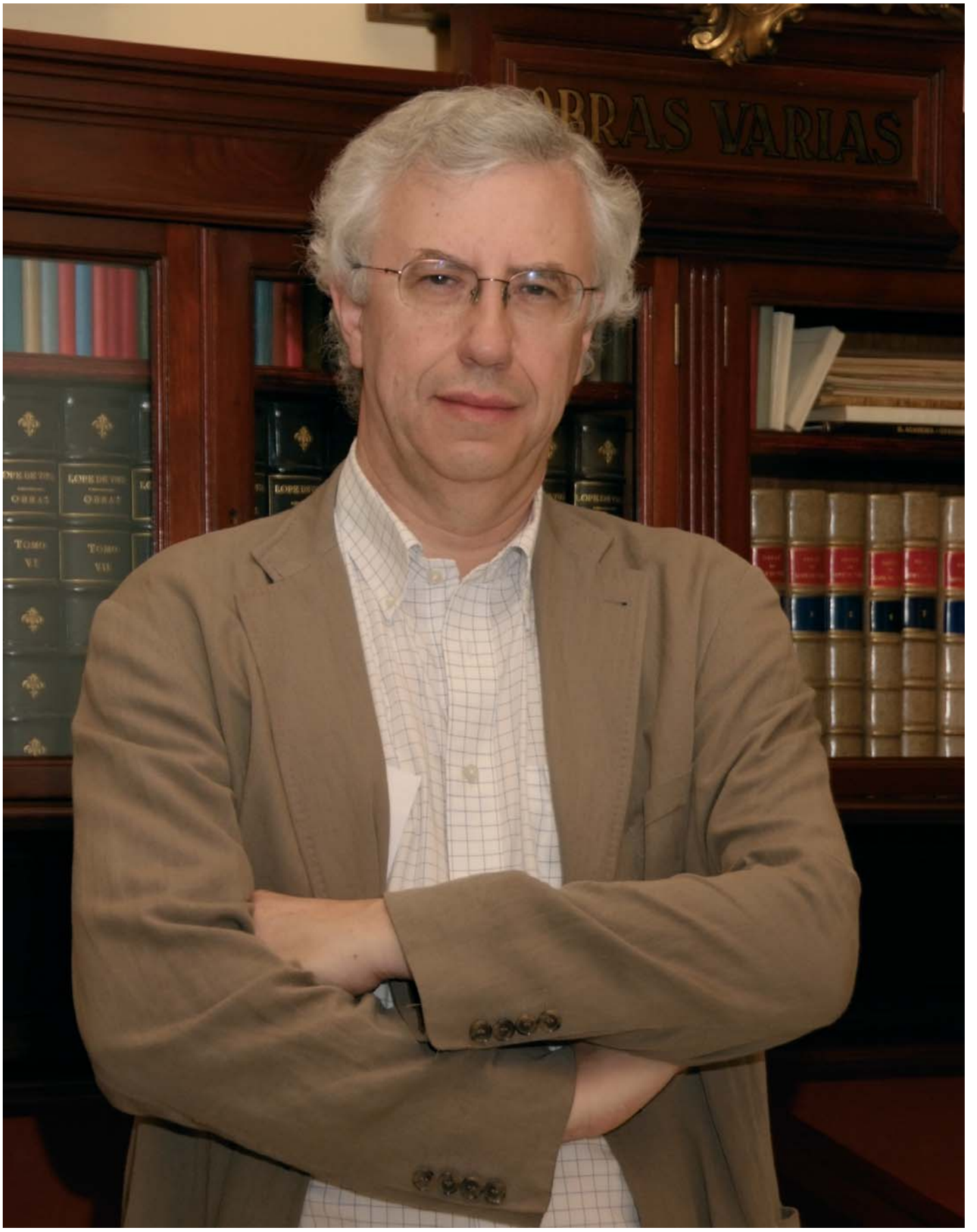
› Ignacio F. Bayo
Periodista científico

José Manuel Sánchez Ron (Madrid 1949) es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (1971) y doctor en Física por la de Londres (1978). Fue profesor de Física Teórica en la Universidad Autónoma de Madrid y en 1994 obtuvo la cátedra de Historia de la Ciencia en la misma Universidad. En marzo de 2003 fue elegido miembro de la Real Academia Española, en la que ocupa el sillón "G" y el cargo de bibliotecario. Es también miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Europea de Ciencias y Artes y de la Académie Internationale d'Histoire des Sciences de París. En 2001 recibió el Premio José Ortega y Gasset de Ensayo y Humanidades de la Villa de Madrid por su libro *El Siglo de la Ciencia*, y en 2004 el Prisma de la Casa de las Ciencias de La Coruña al mejor artículo de divulgación. Es autor de más de 300 publicaciones, entre ellas una treintena de libros; destacando *El origen y desarrollo de la relatividad* (1983); *Diccionario de la Ciencia* (1996); *Historia de la física cuántica* (2004); *El poder de la ciencia* (2007) y, en colaboración con Antonio Mingote, *¡Viva la ciencia!* (2008).

José Manuel Sánchez Ron realizó hace ya unos cuantos años un viaje original por un derrotero poco transitado que le llevó de la ciencia más dura, la física teórica, a las humanidades. Le movió a ello un cúmulo de circunstancias, como el hecho de confesarse un lobo solitario, que encajaba mal en el actual mundo de la ciencia, en el que resulta ya casi inevitable trabajar en grupos amplios, y un egoísta de su tiempo, por lo que evita aceptar colaboraciones no deseadas o involucrarse en proyectos emprendidos por otros. También pesó su gusto por la escritura, atestiguado por sus numerosas publicaciones, y la constatación de que, como él dice, "en ciencia habría sido un buen profesional, pero uno de muchos y me di cuenta de que encontraba más placer en la investigación histórica". Al final encontró su camino en la frontera, con un pie a cada lado, lo que le permite también hacer aportaciones relevantes, porque conocer el pasado permite también comprender el presente e incluso atisbar el futuro. Su trabajo de investigación histórica de la ciencia, especialmente la física, se plasma en libros accesibles a un amplio público, pese a lo cual rechaza que le tachen de divulgador y prefiere ser considerado un ensayista, además de historiador.

PREGUNTA: *¿Se puede entender la ciencia aislada de la sociedad en la que se produce? Es decir, ¿tiene su propia dinámica interna?*

RESPUESTA: En general no puede entenderse la ciencia sin tomar en cuenta el contexto social en el que surge, aunque hay ejemplos que se escapan de este planteamiento. La teoría general de la relatividad de Einstein, uno de los logros más maravillosos de la historia de la ciencia, se puede y se debe entender al margen de cualquier consideración social, pero no ocurre lo mismo en otros casos. Hay quienes dicen que la ciencia avanza por sí misma, movida por la búsqueda del conocimiento entendida como algo que no necesita de ninguna motivación exterior más que la curiosidad. Yo creo que eso, como norma general, es mitología. Sin el legítimo y necesario deseo de las personas de conocer la naturaleza para vivir mejor, para defenderse más eficazmente de la naturaleza, para producir también artilugios, eso que llamamos ahora tecnología... sin ese impulso la ciencia ni siquiera habría existido históricamente como actividad. La curiosidad surge, es, parece, espontánea en los humanos, pero no basta. En la actualidad vivimos inmersos en una revolución tecnocientífica que tiene su epicentro en las ciencias biomédicas y biológico-moleculares, y el que haya tanta gente trabajando en ello y se dediquen tantos recursos


OBRAS VARIAS
LOPE DE VEGA
OBRAS
TOMO VI
TOMO VII

no se puede entender desde el punto de vista puramente científico, como tampoco se puede entender el auge de la física de altas energías durante una buena parte del siglo XX sin tener en cuenta la sociedad y los políticos de la época, la bomba atómica de Hiroshima, el poder nuclear. Ahí tenemos un par de ejemplos de los muchos que hay. De todas maneras, la proposición "la ciencia, los avances científicos y las nuevas teorías sólo se pueden entender en un contexto social" es una proposición demasiado fuerte.

P: *Algunos llegan a afirmar que las teorías vigentes en cada momento, los paradigmas, son un reflejo e incluso están conformados por lo que piensa la sociedad.*

R: Yo no creo en esas cosas; que las teorías científicas o sus interpretaciones sean una manera de leer la sociedad. Otra cosa es que sólo haya una manera de describir la naturaleza, que únicamente podamos utilizar una serie de conceptos, algunos tal vez cargados de un fuerte contenido epistemológico y ontológico. Éste es un problema filosófico y también científico, pero operativamente es irrelevante si podemos describir, por ejemplo, la gravitación utilizando una teoría de campos o una que no sea de campos (de acción a distancia, como la de Newton), lo importante es desarrollar sistemas lógicos con capacidad predictiva. Para mí no hay ciencia sin capacidad de predecir.

P: *Y en un contexto social como el de la España de finales del XIX, de vacío científico, ¿cómo surge una figura como la de Cajal?*

R: Sí, es un buen ejemplo. Hay gente que dice, Cajal es la excepción que confirma la regla. Bueno, es una excepción en el sentido de que fue un gigante de la ciencia. Individuos con su capacidad creativa y de trabajo no salen todos los días. En ese sentido es una excepción, pero Ramón y Cajal tuvo maestros y por ello también hay que entenderlo en un contexto social. Cajal era médico, y un país como España a finales del siglo XIX, podía vivir, malamente eso sí, al margen de, digamos, la matemática que se estaba desarrollando en el mundo, incluso al margen de la física, pero no al margen de la medicina. Seguramente es debido a esto que no hay en todo el siglo XIX españoles que contribuyan mínimamente al desarrollo del electromagnetismo, de la termodinámica, de la química. Pero en España sí existía una tradición en medicina. Y en ese contexto, a Cajal le inicia en las técnicas microscópicas Aureliano Maestre de San Juan, y Simarro le enseña las técnicas de tinción que había utilizado Golgi. Eso es un contexto social. Y ese contexto no necesariamente produce un Cajal pero desde luego lo que habría sido mucho más extraño es que ese mismo contexto social en la España de entonces hubiera producido un Maxwell, un Boltzmann, un Kelvin.

P: *En el conjunto de la historia de la ciencia, ¿qué ha aportado España? ¿Qué recogería una supuesta historia mundial de la ciencia?*

R: Cajal y su entorno aparte, y dejando fuera las dos últimas décadas, para que nadie se sienta aludido y porque es un periodo muy cercano aún para la visión del historiador, pues la aportación de España significa poco, muy poco. Es muy pequeña. En física por ejemplo, yo creo que la única aportación significativa, si mantenemos el listón elevado, fue el descubrimiento de los multipletes, en 1922, por Miguel Catalán. Es una pieza interesante en el camino que condujo a la mecánica cuántica.

P: *¿Y Blas Cabrera?*

R: Fue un buen profesional, que trabajó en magnetismo y sobresalió en la España de las tres primeras décadas del siglo XX, pero es fácil exagerar su importancia internacional: fue, es cierto, miembro de los comités de las reuniones Solvay y se suele ofrecer, yo mismo lo he hecho, la foto en la que está junto a Einstein, junto a Bohr, junto a los grandes, para implicar que también él fue uno de los grandes. Ahora bien, si fue miembro de aquel Consejo, fue porque era un científico competente, pero también, sobre todo —hay que insistir en este punto —, porque estaba bien que hubiese algún representante de alguno de los países menos "habituales". Otro ejemplo de exageración, el caso de Arturo Duperier, del que yo he oído decir hasta que mereció que le dieran el Premio Nobel por sus trabajos en rayos cósmicos. ¡Qué cosas! Duperier florece como científico cuando se tiene que exiliar y trabaja en Inglaterra, pero eso es al final de su carrera. Es el mismo Duperier, ya maduro, que florece en otro entorno, porque el español no estaba suficientemente desarrollado. Hizo un buen trabajo y ¿quién sabe lo que hubiese sucedido si hubiese salido fuera más joven?

P: *Eso, como ocurrió con Severo Ochoa, no fue ciencia española.*

R: Claro, Severo Ochoa, es un ejemplo magnífico. Está claro que fue un científico excelente, pero ¿cuál habría sido su destino si se hubiera quedado en España, si no hubiera habido guerra civil, ¿habría llegado a hacer lo que hizo? No está nada claro. Seguramente no, porque cuando uno estudia la carrera de Ochoa en el extranjero se ve lo importante que para él fue el contacto con los científicos, fundamentalmente estadounidenses. Ya había estado antes fuera, en Alemania, Inglaterra, y teniendo en cuenta el carácter ambicioso, noblemente ambicioso, de Ochoa, no es seguro que se hubiera quedado en España.

P: *España tuvo naturalistas de cierto nivel en la edad moderna.*

R: Sí, pero es diferente. Con todo el respeto del mundo, las ciencias naturales son más taxonómicas, menos exigentes desde el punto de vista de la teoría y los requisitos tecnológicos, y por ello la distancia que nos separó de otros países fue menor. En mi opinión, si queremos tratar de los problemas "estructurales" de la ciencia española, a partir del siglo XVIII, la discusión debe centrarse en la física, la química, la matemática.

P: *Pero aún así ¿no llama la atención que tuviera que venir un alemán a descubrir la meseta?*

R: Sí, Humboldt. Por supuesto, pero aún así podemos hablar de iniciativas que surgieron en España y contando con españoles, aunque al principio tuviesen dificultades. Estoy pensando, por ejemplo, en la Estación Oceanográfica de Santander; y no quiero olvidar los trabajos de Bolívar en el Museo de Ciencias Naturales.

P: *¿Qué podemos aprender de la historia de la ciencia española?*

R: Una cosa fundamental: que no hay soluciones mágicas. Se puede construir un campeón olímpico de 1.500 metros en unos pocos años, como Fermín Cacho, con un proyecto nacional, un programa ADO y un horizonte como unos juegos olímpicos, pero en la ciencia es más difícil y hay que tener paciencia. Es preciso establecer un programa, llegar a un pacto de estado, como se ha dicho tantas veces. Si nos equivocamos, ya lo veremos dentro de unos años; de manera inmediata es muy difícil comprobarlo. Lo que la historia muestra es que para establecer una tradición científica se necesita tiempo, y más ahora que la ciencia la hacen equipos. No sé si alguna vez volverá a darse el científico aislado que marca una época; un Einstein, un Cajal, un Newton. Esto seguramente ha pasado a la historia, porque lo importante ahora son los equipos interdisciplinares. Y lo que España tiene que hacer es algo que ya practicaba Felipe II: fichar, contratar, a la

No sé si alguna vez volverá a darse el científico aislado que marca una época; un Einstein, un Cajal, un Newton. Esto ha pasado a la historia; ahora lo importante son los equipos interdisciplinares

“Actualmente es imposible una discusión racional sobre la energía nuclear”

P: *En algunos de sus libros narra el desarrollo de la fisión del átomo y sus consecuencias: la bomba, el pecado de los físicos.*

R: Pecado para unos, como Robert Oppenheimer. Otros como Edwar Teller decían que habría pecado Oppenheimer, pero que él no tenía conciencia de ello.

P: *¿Hasta que punto la bomba ha marcado el siglo XX?*

R: Hasta el punto de que no se puede entender el siglo, su segunda mitad, sin este elemento, que ha marcado la política internacional. Además, en la actualidad la cuestión de la energía nuclear forma parte del debate ante problemas como el cambio climático y la energía.

P: *¿Y usted cree que la bomba explica la oposición tan visceral que suscita esa energía?*

R: Mucho, mucho. En el sentido de la percepción pública. Además, la historia de la aplicación de la energía nuclear para fines pacíficos (centrales nucleares) está llena de errores, descuidos, optimismos exagerados... Por ejemplo, en las primeras centrales nucleares se utilizó la tecnología de reactores nucleares, como el que se utilizó en el primer submarino nuclear, el Nautilus. También están las optimistas previsiones económicas: se llegó a decir que "llegará un día en que nuestros hijos sabrán de hambrunas solamente a través de los libros de historia, que volarán por el mundo sin apenas gastar energía y todo eso nos lo dará la energía nuclear". No ha habido nunca una valoración económica seria de lo que significa la energía nuclear en sus aspectos pacíficos, en el contexto general del futuro energético y de las materias primas de nuestro planeta. Y luego la mala prensa por el hecho de que al principio se hicieron todo tipo de bestialidades con las pruebas nucleares, e incluso que las primeras normas de regulación de las centrales estaban tomadas de la industria eléctrica. Está tan contaminada la historia de la energía nuclear que es prácticamente imposible todavía una discusión racional y limpia del tema. El público no es capaz, y los políticos tampoco, entre otras cosas porque no tienen la mayor parte de ellos ninguna formación científica y esa es otra cuestión importante. Bajo ese punto de vista yo me imagino que cualquier lector que lea los periódicos estará hecho un lío. Un día viene uno y le dice que es la solución al problema del cambio climático, porque no emiten dióxido de carbono, luego viene otro que dice lo contrario; unos dicen que crece el consumo de electricidad originada por las nucleares otros que no, desde ese punto de vista es complicado.

P: *No es posible hoy un debate sobre el tema, vamos.*

gente de fuera. El mundo actual ¿no es global? Pues hay que buscar los mejores. Y que sean jóvenes. Me gusta recordar en este punto el caso del famoso Laboratorio Cavendish de Cambridge. Cuando Lord Rayleigh abandonó su dirección, la Universidad de Cambridge eligió en su lugar a un físico joven y poco conocido, J. J. Thomson, que daría en el futuro muchos días de gloria al laboratorio. Eso es lo que hay que hacer, y no como se hace muchas veces en España (no es difícil pensar en nombres concretos) que se crean instituciones bien dotadas poniendo a su cabeza a científicos españoles que han hecho una buena carrera en el extranjero pero que están ya al final de su carrera, periclitados. Tienen buenas relaciones, vale, eso es bueno, pero eso no basta: hay que ser original, crear ciencia nueva y eso exige mentes frescas.

P: *Y también aportan experiencia de gestión*

R: Sí, pero lo que se trata, lo que hace a la ciencia, son los contenidos, los descubrimientos, los avances. Es más difícil identificar el genio entre los jóvenes, pero lo otro —recurrir a personas que ya han mostrado su valía hace mucho tiempo— es facilísimo. Y los resultados son más modestos. Además, no hay que olvidar que hoy los jóvenes científicos están muchísimo mejor preparados que cualquier generación anterior, y hay que poner en sus manos la oportunidad, la responsabilidad, para hacer algo semejante a la historia del Cavendish con Thomson.

P: *Hace unos años el libro* El fin de la ciencia *planteó que los grandes marcos teóricos de la ciencia estaban ya establecidos definitivamente y sólo faltaba por realizar el trabajo de rellenar huecos.*

R: Hacer de adivino es complicado y arriesgado, pero lo que es evidente es que cada vez es más difícil crear ideas nuevas. Un ejemplo canónico en este sentido es la teoría de supercuerdas, donde la matemática es tan difícil que es extremadamente complicado encontrar soluciones de las ecuaciones

R: Creo que actualmente es imposible una discusión racional comparativa con otras fuentes.

P: *¿Por qué la bomba es "atómica" y la energía "nuclear"? ¿Existe alguna connotación en ese diferente uso?*

R: No lo he pensado. Al principio no existía esa cultura y al público 'atómico' le suena más tremendo, tiene una carga diferente que 'nuclear'. Es curioso cómo cambia nuestra percepción de muchas cosas. La radiactividad, por ejemplo, tuvo una aceptación positiva en origen. Se vendían productos, como aguas y jabones, con publicidad de que eran radiactivos.

P: *Y cuando se descubre que tienen sus peligros la reacción es mucho más antagónica ¿no?*

R: Depende. Su mala prensa realmente viene por los residuos nucleares que emiten radiactividad, porque en otros apartados, como los radioisótopos empleados en medicina, hay una visión positiva. Aunque mucha gente no sabe siquiera lo que le están haciendo cuando entra en un centro médico. Lo que sí llama la atención a todos es que la radiactividad de los residuos nucleares dure 'miles de años', y eso lo ven como un peligro. Y a continuación cogen el pitillo, sin preocuparse de que están comprando acciones para contraer un cáncer en el futuro. Escribí en *El País* un artículo, "Paradojas nucleares", que venía a decir lo que he dicho muchas veces: vale, yo voto en contra de las nucleares pero también por reducir drásticamente el consumo energético de la sociedad. Ya sé que mi vida va a ser más difícil, pero lo que no se puede es tener todo, la gente quiere aire acondicionado y todo lo que nos hace la vida más confortable, pero con una nula sensibilidad para con nuestros descendientes.

P: *Se ha dicho a veces que la oposición en España arranca de que la dictadura lanzó el programa de centrales nucleares.*

R: No lo sé. Yo no lo creo. Simplemente se ha identificado esa oposición como progresista. Está muy bien ser verde, todos queremos ser verdes, ¿quién no? Naturalmente. El progresismo visto como un elemento de caracterización política creo que en lo nuclear ha llegado a uno de sus climax con el Partido Socialista en el Gobierno. Insisto, yo no soy defensor de la nuclear, pero lo que me parece una vergüenza es que el Gobierno actual no revise su política energética o por lo menos se la cuestione, teniendo en cuenta que España es el país que más, o uno de los que más, aumenta sus emisiones de dióxido de carbono. Cuando el presidente del Gobierno dice que nosotros estamos apostando por las energías alternativas porque eso es el futuro, yo digo, vale, explíquemelo mejor, con números, porque las cuentas no salen y de hecho aumentamos de una forma acusada la emisión de gases de efecto invernadero. Mucho más aún teniendo en cuenta que están firmados protocolos internacionales que nos obligan. No es serio.

básicas de la teoría. Si hay que imaginar el futuro, lo único a lo que yo me atrevería a decir es que la ciencia en el futuro será interdisciplinar. Hasta ahora la hemos parcelado, pero la naturaleza es una, no distingue esto es física y esto química. Para comprender realmente la naturaleza necesitaremos la colaboración entre matemáticos, físicos, químicos, biólogos.

P: *Entonces el gran reto es integrar*

R: Sí, claro, y lo que te iba a decir, entender el cerebro. ¿Lo entenderemos algún día? Lo conocemos por partes: haces una cosa y se ilumina una zona, haces aquello y se ilumina otra, pero no disponemos de una respuesta científica de por qué el cerebro tiene conciencia de sí mismo, una propiedad ésta, por cierto, claramente no lineal. Y el mundo de lo no lineal ofrecerá seguramente visiones muy diferentes.

P: *¿Surgirán nuevos paradigmas?*

R: Posiblemente sí.

P: *Pero será más bien que las nuevas ideas engloben a las anteriores ¿no? Como hizo Einstein con Newton.*

R: Las teorías que han funcionado bien, aunque se cambien, dejan una herencia. Las teorías newtonianas del movimiento y de la gravitación obviamente no responden a los mismos principios físicos y filosóficos o tienen la misma interpretación que la relatividad especial y general einsteinianas, pero perviven en ella, como límites.

P: *Entonces la ciencia tiene cuerda para rato*

R: Sí. Creo —como escribí en uno de mis libros— que el futuro es un país tranquilo, que nos quedan aún muchos años de diversión, siglos probablemente, pero

> *Creo que aún nos quedan muchos años de diversión, siglos probablemente, pero nuestro cerebro tiene un límite y llegará un momento en que no podrá dar más de sí: la ciencia tendrá un final*

también que nuestro cerebro tiene un límite; llegará un momento en el que simplemente no podremos dar más de sí. En ese sentido, la actividad científica se detendrá, y la ciencia tendrá un final.

P: *Para que España aumente su desarrollo científico ¿es necesario que la sociedad esté concienciada, que haya mayor cultura científica?*

R: Sin duda.

P: *Y en ese aspecto, ¿cómo valora el esfuerzo realizado el año pasado con motivo del Año de la Ciencia?*

R: Creo que la situación en cuanto a la cultura científica en el conjunto del país es mejor en la actualidad; que en este aspecto el gobierno se esforzó y contribuyó a esa mejora. Ahora los periódicos llevan más noticias científicas, se publican más y mejores libros de divulgación, ensayos científicos. No obstante, falta todavía un elemento importante, esencial, como es la televisión. Los grandes programas televisivos, que arrastran a mucha gente, son de otro tipo, deportivos, de cotilleo. Y no olvidemos que la gente dedica una parte significativa de su tiempo a pensar en las cuestiones que se le plantean en ellos. La televisión es un elemento fundamental para crear cultura, la que sea, y en ella la ciencia está muy mal representada. Casi ni existe. Y las televisiones públicas se comportan básicamente igual que las privadas en lo que se refiere a tratar de atraer la audiencia. No son como la BBC, que cuando yo vivía en Inglaterra tenía programas científicos magníficos, y espero que continúe siendo así. Si las televisiones públicas no se ocupan de la ciencia, es difícil que la cultura científica se introduzca mucho más en la sociedad. Es terrorífico comprobar que los responsables de una televisión pública como es Televisión Española, defienden la participación en el festival de Eurovisión del tal *chiquilicuatre,* con el argumento de que la cuota de espectadores fue muy alta. Desde ese punto de vista, la cultura más elevada, la científica y la general, lo tiene muy mal, porque para obtener una cierta cultura científica hace falta un mayor esfuerzo que para obtener una cultura sobre la moda, las tendencias musicales o los famosos, y que las televisiones públicas hagan dejadez de eso me parece terrible. Y esto es, en mi opinión, responsabilidad de los gobiernos.

La Real Academia no puede imponer una terminología concreta; somos más bien algo así como notarios del uso. Por ejemplo, la gente dice big-bang, *por más que digas que habría que decir 'gran estallido'*

P: *Y ni siquiera se autofinancian.*

R: Exacto. No veo con optimismo el futuro de la cultura científica, que es un instrumento fundamental tanto para una ciencia mejor como para una sociedad mejor, que tome decisiones informadas sobre todo tipo de cosas. Porque es preciso, falta tomar decisiones.

P: *Estamos en la Real Academia Española, que es la casa de las letras. ¿Cuántos académicos son científicos?*

R: En la actualidad cuatro, Margarita Salas, Pedro García Barreno, Carlos Castilla del Pino y un servidor.

P: *¿Y cual es su tarea?*

R: Muy grande. De hecho, no hay tiempo para todo. Como sabes, el vocabulario, el léxico científico, cambia día a día, porque es un mundo en el que se crea conocimiento y hay que bautizar —o si es otra lengua, como suele suceder, traducir— los términos que genera ese nuevo conocimiento. Además, el *Diccionario de la Lengua Española* de la RAE es una obra histórica, que pronto tendrá tres siglos de vida, y por ello está lleno de definiciones que hay que revisar. Hace poco un amigo me llamó la atención acerca de la definición del término 'linaje humano': "Todos aquellos descendientes de Adán", Y, claro, uno dice: ¡qué barbaridad! Ha permanecido ahí, oculta, desde hace posiblemente mucho tiempo. Pero hay muchas más y se te pueden pasar. El Diccionario de la Academia es un instrumento muy utilizado en el mundo hispanoparlante; no te puedes imaginar hasta qué punto, y tenerlo a punto es una tarea ciclópea. Hacemos lo que podemos, afortunadamente ayudados por un fenomenal equipo y por las más modernas técnicas informáticas. En nuestro campo, existe una comisión de vocabulario científico-técnico en la que además de los científicos participan otros académicos.

P: *¿La solución podrían ser los diccionarios temáticos?*

R: Son muy importantes y necesarios. Ahí está, por ejemplo, el *Vocabulario científico técnico* de la Real Academia de Ciencias. Es preciso componer otros parecidos. La Real Academia de Medicina está preparando uno. Creo que habría que hacer

diccionarios especializados por parte de sociedades, academias, asociaciones, agrupaciones... que tengan que ver con la ciencia y la tecnología. Para nosotros en la Academia de la Lengua sería muy preciado que se pusieran en contacto con nosotros para ayudarnos mutuamente.

P: *¿Se impulsa esta posibilidad desde la Academia?*

R: Siempre que podemos, aunque tenemos nuestros límites. Es la sociedad civil, las diferentes agrupaciones o sociedades son quienes, como decía, deben tomar la iniciativa en sus respectivos dominios. No tenemos suficientes recursos, porque tendríamos que tener aquí equipos multidisciplinares. Lo que sí hacemos es tratar de ayudar cuando surge una de estas iniciativas.

P: *Imagino que su tarea es sobre todo traducir términos del inglés.*

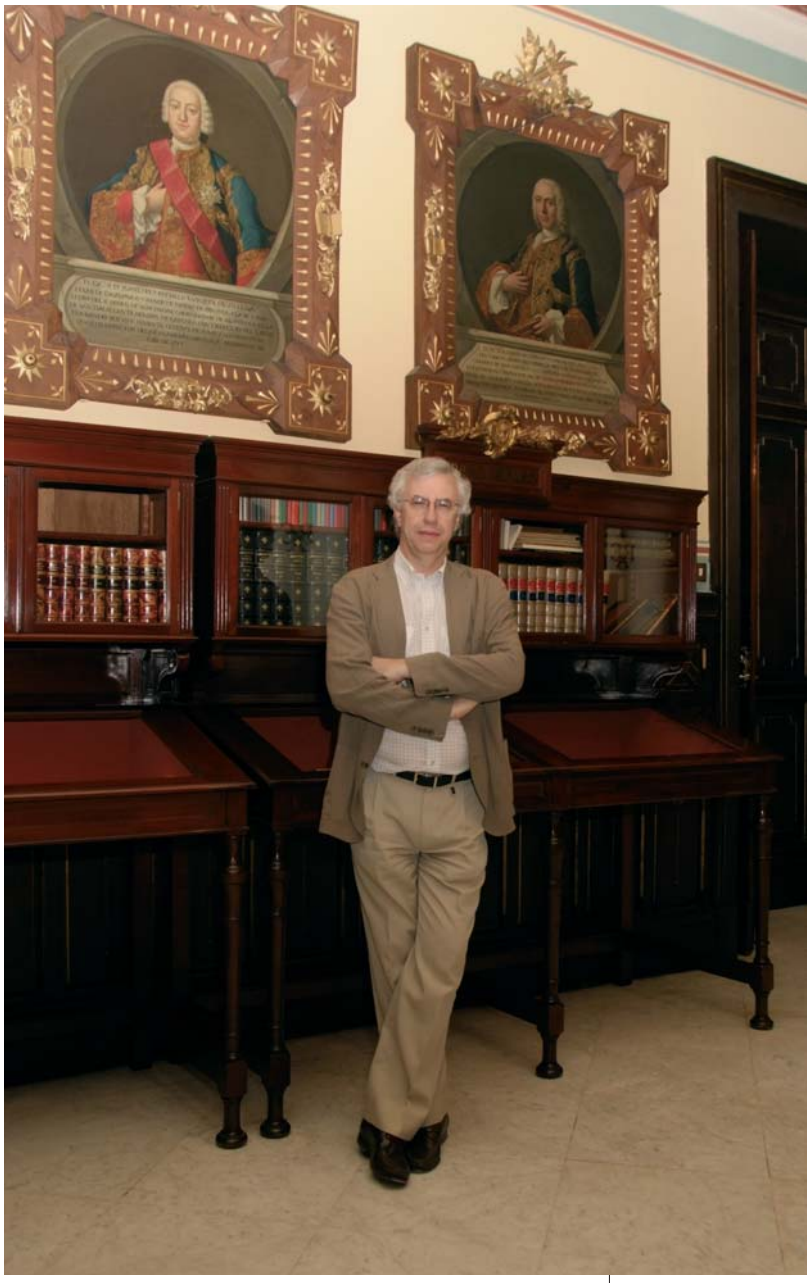
R: Esto es un problema, sí, porque nosotros, los científicos españoles, no creamos, o apenas lo hacemos; no desde luego en español. Además, la RAE no puede imponer una terminología concreta; somos más bien algo así como notarios del uso. Y surgen problemas. Por ejemplo, la gente dice *big-bang* y por más que digas que habría que decir 'gran estallido', la gente sigue diciendo *big-bang*. De hecho, esta expresión está ya recogida en la última edición del Diccionario.

P: *Por ejemplo, un término disputado: ¿DNA o ADN?*

R: Pues las dos cosas. Unos defienden una opción y otros otra. En cualquier caso, quiero hacer notar que no se puede pretender que en el DRAE estén todas las palabras; ni tienen que estar. Ahora estamos revisando términos, muchos que apenas se utilizan y no tiene sentido que estén en un diccionario como el DRAE. Siempre pongo el mismo ejemplo: con los nombres de las piezas de un avión se llenarían varios tomos. La única satisfacción que tengo, personal, al trabajar para esto y dedicar parte de mi tiempo, es que siento que estoy contribuyendo a la sociedad con un instrumento que es muy apreciado.

P: *¿Se plantean muchas dudas sobre términos científicos a través de la web de la RAE (www.rae.es)?*

R: Mucho. La gente envía constantemente muchas preguntas. Miles y miles de consultas diarias.



P: *Usted escribió un diccionario de ciencia personal, donde discurría sobre el significado que para usted tenían las palabras que había seleccionado. Me gustaría saber para finalizar cuál es su palabra de ciencia favorita.*

R: ¡Vaya pregunta! Nunca se me había ocurrido... Una que me gusta es racionalidad, aunque probablemente quieras una más técnica. Otra muy querida para mi es darwinismo, por todo lo que significa; es una visión del mundo. También "simetría", "energía", "relatividad", "gravitación" y "universo". En mi *Diccionario de la ciencia,* incluí también otra de la que estoy especialmente satisfecho, por lo que escribí en ella: "Alzheimer".

Consejo de Seguridad Nuclear

El CSN propone al Ministerio de Industria abrir un expediente sancionador a la central de Ascó por los incidentes notificados el pasado mes de abril

En relación con el suceso de detección de partículas radiactivas en el emplazamiento de la central nuclear de Ascó, notificado el pasado mes de abril, el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en su reunión del 18 de agosto de 2008, acordó proponer al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio la apertura de un expediente sancionador que incluye cuatro propuestas de sanción graves y dos leves.

La decisión del Pleno del Consejo se fundamenta en que, a pesar de no haber existido daño a la población ni al medio ambiente y la estimación en términos de riesgo ha sido remota y de carácter leve, se han producido fallos significativos en el control y en el suministro de información al Consejo por parte del titular de la planta, de los que se derivan, las siguientes propuestas de sanción:

— Sanción grave en grado máximo: por la "emisión radiactiva con potencial de superación de límites de dosis para miembros del público en el interior del doble vallado de la central". Uno de los factores contribuyentes a esta emisión se produjo al "haber modificado el punto de tarado de los monitores de radiación del edificio de combustible a un valor superior al establecido".

— Sanción grave en grado medio: por incumplimiento del *Manual de Protección Radiológica,* por no establecer el control de contaminación externa del personal una vez descubierta la contaminación del emplazamiento, y por no clasificar, señalizar y delimitar radiológicamente las zonas de libre acceso de la central tras la detección de las partículas calientes en dichas zonas el 14 de marzo de 2008 y en fechas posteriores.

— Sanción grave en grado medio: por incumplimiento de la Instrucción IS-10, al no haber notificado los hallazgos de partículas desde el 14 de marzo hasta el día 4 de abril, que notificó el suceso, y de la Instrucción IS-14, por no haber proporcionado a la Inspección Residente información pronta y veraz sobre la contaminación en zona de libre acceso entre esas mismas fechas.

— Sanción grave en grado medio: por incumplimiento del *Manual de Protección Radiológica,* al no dejar constancia en los registros de vigilancia de la contaminación encontrada en zonas de libre acceso.

— Sanción leve en grado mínimo: por incumplimiento de la Instrucción

IS-10, al no haber emitido el correspondiente informe de suceso notificable ante la demanda de actuación de los monitores del edificio de combustible de la central nuclear el 26 de noviembre de 2007.

— Sanción leve en grado mínimo: por incumplimiento del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, al no adoptar las medidas necesarias para minimizar la probabilidad de exposiciones potenciales el 21 de abril de 2008 al permitir la salida del emplazamiento de un camión de chatarra que contenía partículas radiactivas. Así mismo, se produjo también un incumplimiento de la reglamentación sobre transporte de mercancías peligrosas.

Tras el incidente, y una vez adoptadas las acciones más inmediatas, la empresa ha iniciado, a requerimiento del CSN, un plan de actuación llamado PROCURA, cuyo fin es abordar todas las deficiencias que ha revelado este suceso. El CSN supervisará el desarrollo de este plan mediante un programa especial de seguimiento, a través de inspecciones, análisis de documentos y reuniones, a fin de evaluar su correcta aplicación y la consecución de los objetivos fijados.

Además, el CSN está realizando su propio análisis de lecciones aprendidas e introducirá en sus procesos las mejoras que se deriven del mismo, entre las que se pueden destacar la incorporación de la supervisión de los elementos de la cultura de seguridad en el Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC), además de reforzar con un tercer inspector la Inspección Residente en Ascó.

Carmen Martínez Ten aseguró en el Congreso que el incidente de Ascó I no ha producido impacto radiológico en las personas ni en el medio ambiente

El 11 de junio la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Carmen Martínez Ten, compareció, a petición propia, en la Ponencia encargada de las relaciones con el CSN de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados para informar sobre el suceso ocurrido el pasado 4 de abril en la central nuclear Ascó I (Tarragona), relativo a la detección de partículas radiactivas en el emplazamiento.

En esta comparecencia la presidenta del CSN insistió en que en ningún momento se había producido impacto radiológico en las personas y el medio ambiente. Asimismo, Martínez Ten anunció que el estudio de las causas del suceso y de las deficiencias identificadas había dado lugar a un plan de acción para evitar que se pueda reproducir en un futuro un hecho de similares características en las centrales nucleares españolas.

Durante su intervención, la presidenta recordó las actuaciones que el CSN había puesto en marcha a raíz del incidente, entre las que destacó: el programa de inspecciones multidisciplinares, que había incluido revisiones de los registros operativos y toma de declaraciones, el plan especial de vigilancia radiológica ambiental y los controles independientes de contaminación personal. Todas estas medidas fueron avaladas por la misión de verificación de expertos de la Comisión Europea, en el marco de Euratom, realizada a la instalación a finales de abril, y que también consideró garantizada la protección radiológica de las personas y del entorno.

Durante aquellos días el CSN requirió a la central la puesta en marcha de un programa de vigilancia de la contaminación de los trabajadores y de las personas que hubieran tenido relación con la

Un suceso en Santa María de Garoña, clasificado con nivel 1 en la escala INES

El 20 de agosto pasado la central nuclear de Santa María de Garoña notificó al CSN que en las pruebas realizadas a las baterías de las barras de suministro ininterrumpido A y B, realizadas los días 15 y 19 respectivamente, se había detectado una capacidad inferior a la requerida, no quedando garantizado el cumplimiento del nivel de operabilidad establecido en las ETF. El titular procedió a su sustitución y recuperó la capacidad requerida. El CSN clasificó el suceso, que no supuso riesgo para los trabajadores, la población ni el medio ambiente, con nivel 1 en la escala INES.

instalación, y otro intensivo de vigilancia radiológica del emplazamiento. Este programa se realizó con la supervisión del organismo regulador, que sometió a control a 2.116 personas, sin que en ninguna se detectara indicio alguno de contaminación.

En la comparecencia ante el Congreso de los Diputados, Carmen Martínez Ten también hizo hincapié en la campaña especial de vigilancia radiológica que el CSN había realizado fuera del emplazamiento, para lo que contó con el apoyo de una Unidad Técnica de Protección Radiológica autorizada y de la Unidad Móvil de Vigilancia Ambiental del Ciemat. Los resultados de esta campaña pusieron de manifiesto que "el impacto en el exterior ha sido muy limitado" (únicamente se han detectado cinco partículas) y que "no existen indicios de que se haya producido ninguna exposición a la población de los municipios próximos a la central".

Además de los resultados obtenidos en dicho programa, la presidenta señaló la ausencia de indicios de contaminación en los datos de las redes de estaciones automáticas de vigilancia radiológica y en los programas de vigilancia radiológica ambiental, que con carácter rutinario se realizan en el entorno de la central nuclear de Ascó, tanto por el titular como por el CSN, en colaboración con la Generalitat de Cataluña.

Por último, anunció que el CSN va a realizar su propio análisis de lecciones aprendidas y que introducirá en sus procesos las mejoras que se deriven, entre las que mencionó la incorporación de la supervisión de los elementos de la cultura de seguridad en el Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC).

Martínez Ten cerró su intervención con algunas consideraciones generales referidas a la complejidad de la tarea del regulador, al necesario respeto a su independencia y al compromiso de sus técnicos con la objetividad y la transparencia. En concreto, calificó de error la instrumentalización del CSN en el debate nuclear, confundiendo el legítimo intercambio de posiciones políticas en la estrategia energética con el ámbito de la regulación en seguridad nuclear y protección radiológica. En este contexto, reclamó que las funciones del CSN no se vean contaminadas por un debate del que el organismo quiere y debe mantenerse al margen.

Prealerta en Vandellós tras un incendio en el generador eléctrico

El pasado 24 de agosto la central nuclear Vandellós II activó el Plan de Emergencia Interior debido a un incendio producido en el edificio de turbinas. El suceso, que se inició tras un fallo en el interruptor de generación del turboalternador, provocó un incendio debajo del generador eléctrico principal que fue extinguido por la brigada de bomberos de la propia planta sin que afectase a la zona nuclear de la misma.

El CSN ha clasificado el incidente, de forma preliminar, con el nivel 0 en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) al no tener ninguna consecuencia radiológica y al ponerse de manifiesto que todos los sistemas de seguridad de la central actuaron correctamente manteniendo la planta en condiciones de parada segura en todo momento.

El incendio ha afectado principalmente al interruptor principal y a cajas de bornas y diversos equipos de la zona. Al cierre de la publicación el CSN analizaba las causas del incendio y el alcance de los daños producidos junto con la colaboración de técnicos de las empresas especialistas en los equipos afectados: ABB y Siemens. Mientras tanto, la central permanece parada, ya que los daños sufridos por los sistemas afectados impiden la operación de la planta.

La presidenta del CSN se reune con el ministro de Industria

El pasado 3 de septiembre, la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten, se reunió con el ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, para transmitirle toda la información disponible en el CSN en relación con el incendio ocurrido el 24 de agosto en la sala de turbinas de la central Vandellós II y la propuesta de sanción a la central Ascó I, aprobada por el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear el 18 de agosto, cuya resolución final es competencia de dicho ministerio.

Reunión con la Coordinadora Estatal de Comités de Empresa de las centrales nucleares

El 23 de mayo, una delegación del Consejo de Seguridad Nuclear, presidida por la secretaria general, Purificación Gutiérrez, se reunió con la Coordinadora Estatal de Comités de Empresa de las centrales nucleares para tratar temas relacionados con la seguridad de los trabajadores en instalaciones nucleares.

Durante la reunión, se abordaron aspectos relativos a la formación de las plantillas y del personal de contrata, las brigadas contra incendios, las contratas para recargas y fijas, y los trabajos *online*. Otros temas incluidos en el orden del día fueron los retenes de emergencia y los técnicos expertos en protección radiológica.

Los representantes del CSN proporcionaron información sobre el nuevo Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radioactivas (RINR), mostrando especial atención al artículo 8, relativo a la "Responsabilidad del titular", así como el 8 bis, sobre "Comunicación de deficiencias". También se informó a los asistentes sobre la misión IRRS realizada por técnicos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) al Consejo.

El CSN requiere a las centrales un programa especial de vigilancia radiológica

Ante la detección de contaminantes en dos plantas españolas, el Pleno del CSN ha decidido requerir a todas las instalaciones nucleares en operación la realización de un programa especial de vigilancia radiológica. El programa lo realizarán los titulares (con la excepción de Ascó I que ya está ejecutando su propio plan de mejora) en los emplazamientos, concretamente en las áreas no radiológicas que están dentro del doble vallado. El objetivo es descartar eventuales contaminaciones.

El programa deberá cubrir la totalidad de la superficie del emplazamiento interior al doble vallado, estableciendo una sistemática más detallada y precisa para las zonas con mayor riesgo de contaminación.

El CSN participa en dos Comités de Información de ámbito local

Durante los últimos meses el CSN ha participado en dos Comités de Información de ámbito local, el 10 de junio en José Cabrera y el 20 de mayo en Almaraz. En el primero de ellos, Alejandro Rodríguez, director de Operaciones de Enresa, abordó el desmantelamiento de las centrales nucleares, mientras que en el segundo, el director de la central nuclear de Almaraz, José Mª Bernaldo de Quirós, habló sobre la evolución histórica de la instalación en una sesión abierta de carácter informativo-divulgativo.

El objetivo de estos foros es profundizar en las relaciones con los ayuntamientos cercanos a las centrales nucleares, informando sobre los trabajos realizados en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, facilitando la comprensión de los datos publicados por el CSN y ofreciendo la oportunidad de plantear y contestar cuestiones y temas de interés por parte de los asistentes.

Reunión del Comité de Enlace CSN-Unesa

Con motivo de la acumulación de incidentes ocurridos en las centrales nucleares españolas en los últimos meses, el Consejo convocó al Comité de Enlace CSN–Unesa (Asociación Española de la Industria Eléctrica) para una reunión dedicada monográficamente al análisis de dichas incidencias, los resultados de los indicadores de funcionamiento y las tendencias de los mismos, que se celebró el 3 de septiembre.

También se analizaron los programas específicos que ya se están desarrollando en las plantas nucleares, a requerimiento del Consejo de Seguridad Nuclear, adicionales a los habituales que ya se realizan como consecuencia de los análisis de la experiencia operativa, nueva normativa, etc. Entre estos programas, son especialmente significativos:

—El plan PROCURA de la central nuclear de Ascó para el refuerzo de la organización tras el incidente de liberación de partículas radiactivas,

—El análisis y plan de acción requerido a la central de Cofrentes tras los dos sucesos de apertura de válvulas de alivio del circuito primario,

—El plan especial de vigilancia radiológica de los emplazamientos tras la detección de contaminación radiactiva en varios emplazamientos, y

—La finalización de la implantación de las modificaciones derivadas de la rotura de una tubería del sistema de servicios esenciales de la central nuclear Vandellós II.

Adicionalmente, los titulares se comprometieron a realizar un análisis para cada una de las plantas y a establecer programas complementarios de mejora para reforzar los recursos e inversiones en las áreas que se consideren necesarias, incluyendo: mantenimiento, formación de personal, análisis de experiencia operativa, renovación de equipos y dotación de plantillas.

Estos planes serán un elemento a tener en cuenta por el CSN en la renovación de las autorizaciones de explotación de las plantas, previstas para el periodo comprendido entre 2009 y 2011.

El CSN y la Generalitat firman un protocolo de notificación e intercambio de información de sucesos

Los secretarios generales del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Purificación Gutiérrez, y del Departamento de Interior, Relaciones Institucionales y Participación de la Generalitat de Cataluña, Joan Boada, firmaron el 18 de septiembre en Madrid un protocolo de intercambio de información en relación con sucesos en instalaciones y actividades nucleares y radiactivas y en situaciones de emergencia radiológica.

El protocolo se enmarca en el convenio de colaboración entre ambas instituciones, firmado el pasado mes de enero, y en el acuerdo de encomienda suscrito por el CSN y la Generalitat (vigente desde 1985), que atribuye a la Generalitat, entre otras funciones, la gestión de la vigilancia radiológica ambiental en el exterior de las instalaciones.

Asimismo, se inscribe como un primer paso en la estrategia del CSN para reforzar sus actuaciones de colaboración con las comunidades autónomas en lo relativo a la gestión de emergencias radiológicas y la transmisión de información sobre sucesos en instalaciones y actividades nucleares y radiactivas.

De acuerdo con el protocolo firmado, la sala de emergencias (Salem) del CSN informará al Centro de Emergencias de Catalunya (Cecat) de manera inmediata sobre cualquier suceso que tenga lugar en las instalaciones y actividades ubicadas en Cataluña. Asimismo, establece mecanismos para la notificación inmediata, por parte del CSN a la Generalitat, de los sucesos en instalaciones y actividades nucleares y radiactivas ubicadas en Cataluña, que no activen planes de emergencias. Ambas instituciones han acordado utilizar vías telemáticas para facilitar la transmisión rápida de información, incluida la relacionada con las actuaciones de comunicación social sobre estos sucesos.

La firma de este protocolo viene precedida por dos reuniones entre el conseller de Interior, Relaciones Institucionales y Participación de la Generalitat, Joan Saura, y la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, en mayo y septiembre, para atender la petición de información del conseller Saura a raíz de la preocupación del Gobierno catalán por los últimos sucesos en las centrales nucleares de Cataluña.

De la última reunión surgió el compromiso por parte del CSN de informar de manera inmediata al Cecat de cualquier incidente que ocurra en las instalaciones y actividades ubicadas en Cataluña, y aumentar la colaboración en la realización de ejercicios y simulacros.

Con el objetivo de velar por el desarrollo y el cumplimiento del convenio, también se ha constituido una Comisión mixta paritaria, formada por tres miembros del CSN y otros tres de la Generalitat.

El CSN solicita a Cofrentes un plan de evaluación sobre los últimos sucesos ocurridos en la planta

En su reunión del 15 de julio, el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear decidió requerir a la central nuclear de Cofrentes (Valencia) un plan de autoevaluación sobre los sucesos ocurridos en la planta, tras los incidentes notificados durante los últimos meses en la central y, especialmente, con motivo de las dos prealertas de emergencia de 7 de abril y 10 de julio. El titular deberá realizar un análisis transversal de los incidentes, adicional a las investigaciones de cada uno de ellos, así como del que tuvo lugar el 2 de agosto de 2007, con el objetivo de identificar posibles causas o deficiencias subyacentes que hayan podido actuar como desencadenantes de los sucesos. Además, deberá presentar en el mes de septiembre un plan de autoevaluación en el que se incluya la realización de un análisis con metodología MORT de estos sucesos.

La metodología MORT (*Management Over-sight and Risk Tree*), consiste en un análisis causa-raíz que permite chequear el funcionamiento de toda la organización, desde los ejecutores de las operaciones hasta los niveles de gestión y dirección.

La presidenta del Consejo solicita comparecer en el Congreso de los Diputados para presentar el Informe Anual

El Consejo de Seguridad Nuclear remitió al Congreso de los Diputados a principios de julio el preceptivo Informe Anual sobre el desarrollo de las actividades del Consejo, correspondiente al año 2007. La presidenta del CSN solicitó su comparecencia ante la Comisión de Industria, Turismo y Comercio, el pasado 29 de agosto, para informar del contenido de dicho informe y para explicar la propuesta de apertura de un expediente sancionador a la central nuclear Ascó I, en relación con el suceso de detección de partículas radiactivas, y el incidente ocurrido en la central Vandellós II el 24 de agosto, con motivo de un incendio en el generador eléctrico.

Reunión de seguimiento del acuerdo de encomienda del CSN con la Comunidad Autónoma de Baleares

El 17 de julio se celebró en la sede del CSN la reunión de 2008 de la Comisión de Seguimiento del Acuerdo de Encomienda con la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, que implica el licenciamiento, el control y la inspección de las instalaciones radiactivas y de los transportes.

Las delegaciones, presididas por el director técnico de Protección Radiológica del CSN, Juan Carlos Lentijo, y por la directora general de Energía de la Comunidad Autónoma, Magdalena Tugores, analizaron la ejecución de las actividades encomendadas el pasado año, expresando su satisfacción por el desarrollo que tuvieron, y la planificación para el presente, valorando positivamente la programación prevista así como el funcionamiento general del acuerdo.

El objetivo de los acuerdos de encomienda del CSN es optimizar la ejecución de sus funciones teniendo en cuenta las capacidades de las comunidades autónomas, lo que supone una mejora de la prestación del servicio a los administrados y al conjunto de ciudadanos.

Reuniones sobre el Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno

El pasado 23 de junio se reunió el Comité Institucional del Plan de Calidad Ambiental de Huelva y su Entorno, en una sesión especial en la que participaron también el Comité de Participación Ciudadana y representantes del Consejo de Seguridad Nuclear. Este encuentro estuvo presidido por la consejera de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Cinta Castillo, y contó con la presencia de la secretaria general de Cambio Climático y Calidad Ambiental de la Junta, Esperanza Caro.

Durante la reunión, los representantes del CSN informaron sobre la situación de las marismas de Mendaña, donde se encuentran las balsas de fosfoyesos de Fertiberia y el Centro de Recuperación de Inertes (CRI-9) en donde se vertieron materiales contaminados con cesio-137 tras la fusión de una fuente radiactiva en la instalación siderúrgica de Acerinox en 1908.

Sobre las balsas de fosofoyesos, el CSN explicó los resultados del proyecto de investigación realizado por las universidades de Sevilla y Huelva para evaluar el impacto radiológico y que ha contado con la financiación del organismo. Según este estudio, que ha durado cuatro años, el posible impacto radiológico causado por los apilamientos de fosfoyesos en los trabajadores y el público no puede considerarse significativo desde el punto de vista de la protección radiológica.

En el caso del CRI-9, los representantes del Consejo se refirieron al documento presentado por Egmasa, realizado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), denominado *Estudio técnico sobre el refuerzo del confinamiento del CRI-9 mediante la ejecución de barreras reactivas permeables,* que en este momento está siendo evaluado por el CSN. Este estudio tiene como objetivo complementar el programa de vigilancia de la zona y forma parte de las medidas que debe poner en marcha Egmasa tras la resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del pasado 30 de enero de 2008.

La delegación del CSN estuvo compuesta por la jefa del Área de Vigilancia Radiológica Ambiental, Rosario Salas, el jefe del Área de Evaluación de Impacto Radiológico, Ignacio Serrano y la asesora de Relaciones Institucionales de la Presidencia, Inés Urbano. A la reunión asistieron, entre otros, representantes de diversos ayuntamientos, de la Diputación y de diferentes consejerías, así como de asociaciones, organizaciones ciudadanas y grupos ambientalistas.

El Ayuntamiento de Ascó organiza una jornada formativa en materia de energía nuclear

Representantes del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) participaron el pasado 4 de julio en la primera jornada formativa sobre "La energía nuclear y la central de Ascó", organizada por el Ayuntamiento de Ascó (Tarragona) para toda su población. El acto fue moderado por Mariano Vilà d'Abadal, gerente de la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares(AMAC) y ha contado con la presencia, entre otros, de Carlos Tapia, profesor del Departamento de Física y Energía Nuclear de la Universidad Politécnica de Cataluña, José Antonio Gago, jefe del Departamento de Ingeniería de Residuos de Alta Actividad de Enresa, y César Candás, director de la Central Nuclear de Ascó.

La delegación del CSN realizó una exposición detallada del incidente ocurrido en la central Ascó I. Carlos Tapia explicó qué es una partícula y dio algunas nociones básicas sobre la radiactividad y aspectos técnicos de la energía nuclear, José Antonio Gago centró su exposición en la gestión de los distintos tipos de residuos radiactivos y César Candás explicó el funcionamiento de la central y sus planes de actuación.

Ésta es la primera jornada formativa, en materia de energía nuclear, que organiza el Ayuntamiento de Ascó, cuyo alcalde, Rafael Vidal, es también vicepresidente de la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC) y del Comité de Información.

La delegación del CSN estuvo formada por Javier Zarzuela, subdirector de Instalaciones Nucleares, Manuel Rodríguez, subdirector de Protección Radiológica Operacional, y Alberto Torres, jefe del Gabinete Técnico de la Presidencia.

Conferencia del catedrático Martínez-Val sobre reactores nucleares en el siglo XXI

El 17 de junio, el catedrático de Termotecnia de la ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid y presidente del Comité Científico y Técnico de Euratom, José María Martínez-Val, visitó el CSN para dar una conferencia titulada "Reactores nucleares para el siglo XXI: un futuro necesario y exigente", en la que ofreció una visión general de las nuevas tecnologías relacionadas con la producción de energía nuclear.

Martínez-Val se refirió durante su intervención a los desafíos que debe afrontar la energía nuclear durante este siglo, entre los que destacó: el desarrollo de tecnologías de no proliferación, el incremento de la seguridad en las centrales, la necesidad de minimizar la liberación de radiactividad en lo posible y la reducción al máximo de los residuos.

En referencia directa a la situación española, el catedrático de Termotecnia defendió la continuidad de la explotación de las centrales existentes, con una ligera sobreexplotación, así como incluir sistemas de generación de las denominadas III y III+ con capacidad entre 4 y 6 GW.

En cuanto a la energía nuclear, Martínez-Val indicó que: "la naturaleza la ofrece, la inteligencia la sabe explotar, pero la frena el miedo a lo desconocido y la dificultad de comprensión". También ha asegurado que tenemos un compromiso con el planeta y que la fisión es fundamental a medio plazo, aunque es imprescindible que el sector tenga una gran autoexigencia en materia de seguridad.

Jornadas sobre gestión de residuos radiactivos en Madrid

La secretaria general del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Purificación Gutiérrez, participó en la inauguración de las jornadas sobre "Actualidad en la gestión de los residuos radiactivos en españa" que se celebró en Madrid los días 2 y 3 de julio. En la apertura de este encuentro también participó Jorge Lang-Lenton, director de la División de Administración de Enresa, y Rafael Vidal, vicepresidente de la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC).

La secretaria general del CSN explicó en su intervención que los organismos reguladores no deben intervenir en el debate nuclear y añadió: "lo que nos corresponde es contribuir de manera rigurosa, aportando una perspectiva técnica, sólida e independiente de cualquier tipo de prejuicios o posicionamientos previos y siempre en la dirección de salvaguardar la seguridad y la protección de las personas y el medio ambiente". En este sentido, recordó que el Consejo otorgó una apreciación favorable al diseño conceptual de la instalación del Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC) que fue presentado por Enresa y que, una vez que esté seleccionado el emplazamiento: "el CSN adoptará nuevas decisiones, asociadas a la autorización reglamentaria de este tipo de instalación nuclear".

A las jornadas asistieron un total de 120 personas que, en su mayoría, son miembros de las Comisiones de Información de los entornos de las centrales nucleares y habitantes de estas zonas. Durante el seminario también intervinieron diversos expertos nacionales e internacionales de diferentes organismos reguladores, instituciones del Estado y centros de investigación.

Esta jornada forma parte del Programa de la Comisión Europea sobre gestión de residuos radiactivos, denominado *Cowam in Practice*, que en el caso español, se está realizando con la colaboración de AMAC y Enresa. Se trata en este caso del último seminario, tras los celebrados en Barcelona en diciembre de 2007, sobre cambio climático, en Córdoba en el mes de marzo, sobre seguridad y protección radiológica, y en mayo en Huesca sobre desarrollo económico y territorial.

El CSN participa en dos reuniones de alto nivel en Egipto y Túnez sobre el control de fuentes radiactivas

Dos delegaciones del Consejo de Seguridad Nuclear, encabezadas por la presidenta Carmen Martínez Ten y por el consejero Francisco Fernández Moreno respectivamente, participaron en dos reuniones de alto nivel organizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica de las Naciones Unidas (OIEA) en el marco de asistencia a los países del Norte de África (Argelia, Egipto, Libia, Marruecos, Mauritania y Túnez), para mejorar las infraestructuras reguladoras en el control de fuentes radiactivas.

La primera reunión, celebrada el 23 de junio en El Cairo (Egipto), estuvo dirigida a los países anglófonos (el anfitrión y Libia), mientras que la segunda, que tuvo lugar en Túnez entre el 30 de junio y 1 de julio, lo fue hacia los francófonos, Argelia, Marruecos, Mauritania y Túnez. Los seminarios sirvieron para subrayar ante estos países la necesidad de constituir organismos reguladores competentes para controlar de forma eficaz y eficiente la gestión de fuentes radiactivas.

El CSN realizó varias presentaciones orientadas a explicar sus funciones y la misión que desempeña, el marco normativo español en este ámbito, la formación del personal técnico, y las actividades de inspección y verificación que lleva a cabo.

A la reunión de El Cairo asistieron, además de la presidenta del CSN, el director técnico de Protección Radiológica, Juan Carlos Lentijo, el jefe del Gabinete Técnico de la Presidencia, J. Alberto Torres, y el asesor de Relaciones Internacionales, Alfredo de los Reyes. En la de Túnez, además del consejero Fernández, participaron el subdirector de Protección Radiológica Operacional, Manuel Rodríguez, y Alfredo de los Reyes.

El ex consejero del CSN, Agustín Alonso, galardonado con el premio internacional Tommy Thompson

El pasado 10 de junio, Agustín Alonso, que fue miembro del Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear durante varios años, recibió el premio Tommy Thompson 2008. Este galardón anual de la Sociedad Nuclear Americana (ANS) reconoce la labor de las personas que han realizado contribuciones sobresalientes a la mejora de la seguridad en instalaciones nucleares. En el caso concreto del profesor Alonso el premio pretende ser "un reconocimiento a una vida dedicada a la seguridad nuclear en la que ha enseñado y guiado a dos generaciones de ingenieros nucleares y científicos en España y en todo el mundo", según consta en la placa conmemorativa que le fue entregada.

El prestigioso galardón, establecido en 1980, debe su nombre al profesor Theos J. (Tommy) Thompson, pionero de la seguridad nuclear, que dirigió, junto al también profesor J. C. Beckerley, el celebre proyecto SIFTOR. El trabajo realizado durante aquellos años se consolidó finalmente en el libro *The Technology of Nuclear Reactor Safety*, un referente de información sobre seguridad nuclear durante muchos años.

Como consejero del CSN, Agustín Alonso participó de forma significativa en cuestiones técnicas y científicas sobre seguridad nuclear a nivel internacional. Actualmente dirige la Cátedra de Tecnología Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid y desde hace más de 10 años es uno de los expertos que forman parte del Grupo Internacional de Seguridad Nuclear (INSAG) perteneciente al Organismo Internacional de la Energía Atómica.

Tras recoger el premio, Alonso tuvo palabras de agradecimiento para el CSN: "aunque se trate de un galardón a título personal, quiero hacer partícipe de este reconocimiento al Consejo y a su cuerpo técnico, a quienes deseo transmitir mi agradecimiento de forma colectiva".

El CSN concede 14 subvenciones para actividades divulgativas y educativas

Como en ejercicios anteriores, dentro del primer trimestre del ejercicio, se publicó la convocatoria de ayudas para la realización de actividades de formación, información y divulgación relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica durante el ejercicio 2008. En total se presentaron 26 solicitudes , un 86% más que en el año anterior, en que se presentaron 14.

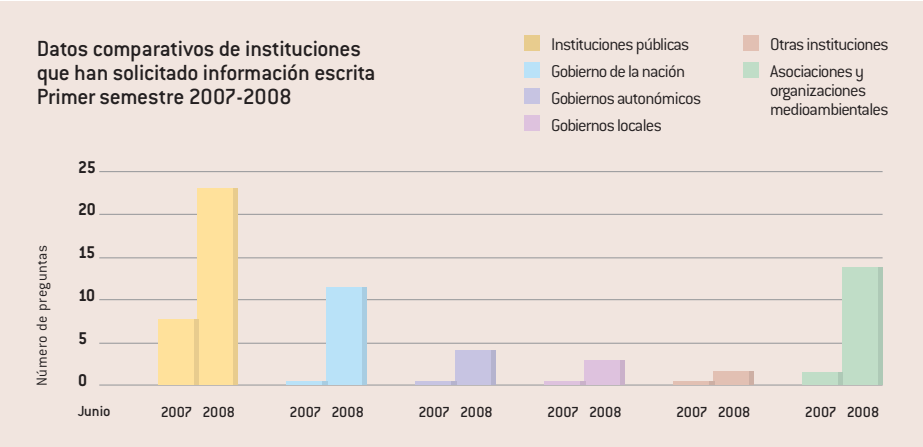
La Comisión de Valoración, en su reunión del 17 de junio, acordó proponer la concesión de subvención a 14 de esos proyectos, presentados por nueve instituciones, distribuyéndose entre ellos la totalidad de la partida presupuestaria, que ascendió a 66.000 euros, con un incremento del 10% respecto a 2007. De los 14 proyectos aprobados, dos abordan temas de energía nuclear, siete son proyectos de protección radiológica y los cinco restantes recogen temas de protección medioambiental, radiación natural y radiofísica hospitalaria. Según el tipo de actividad, el 57% tienen como objetivo la realización de cursos o jornadas, el 36% están dirigidos a divulgación y formación en revistas y portales de Internet y el 7% se destinan a la traducción al español y edición de las recomendaciones emitidas por el ICRP en el año 2007.

El CSN contestó 53 solicitudes de información de instituciones públicas y privadas durante el primer semestre de 2008

En cumplimiento de su vocación de transparencia y de satisfacción de las demandas de la sociedad, durante el primer semestre de 2008 el CSN dio respuesta por escrito a 53 solicitudes de información, de las cuales el 18,87% procedían del Gobierno de la nación , el 7,55% de gobiernos autonómicos, el 5,66% de administraciones locales, el 41,51% de otras instituciones públicas, el 24,53% de organizaciones de defensa ambiental y el 1,89% de otras instancias.

En casi dos tercios de estas solicitudes, concretamente en el 64,15%, la información demandada se refería a cuestiones relacionadas con el incidente notificado el 4 de abril por la central Ascó I.

La Ley 33/2007, de reforma de la Ley de Creación del CSN, refuerza la exigencia de transparencia y difusión de la información del organismo, en cuya consecución el Consejo está impulsando acciones relativas a la proyección externa del Consejo, entre las que se encuentra ofrecer respuestas lo más veraces, completas y rápidas posible.



Escape de yodo radiactivo en un centro de producción de isótipos belga

El pasado 25 de agosto el Instituto de Producción de Radioelementos, situado en Fleures (Bélgica), a unos 40 kilómetros al sur de Bruselas, informó de un escape de yodo 131 a través de una chimenea de la instalación. El suceso fue calificado provisionalmente por la Agencia Federal Belga para el Control Nuclear con el nivel 3 (incidente importante) de la escala INES, que mide la gravedad de los sucesos nucleares y radiológicos.

Según la notificación, el vertido a la atmósfera fue de 45 GBq (algo más de un curio). Como medida preventiva, el Gobierno belga recomendó evitar la ingesta de alimentos frescos procedentes de la zona afectada.

De acuerdo con el procedimiento de intercambio rápido de información radiológica de la Unión Europea (ECURIE), la Sala de Emergencias del CSN recibió notificación del suceso el 29 de agosto.

España participa en un simulacro de emergencia internacional

El pasado mes de julio, el OIEA, junto con 74 de sus los Estados miembros y nueve organizaciones internacionales, llevó a cabo con éxito un simulacro de emergencia nuclear de dos días de duración, en el que se simuló un accidente en la central de Laguna Verde en México. El Centro de Emergencias e Incidentes del OIEA se encargó de notificar el supuesto suceso a los participantes y de coordinar sus respuestas.

Por parte española participaron en el ejercicio el CSN, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, la Agencia Estatal de Meteorología, la Unidad de Emergencias Consulares del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación, la Dirección de Infraestructura y Seguimiento de Situaciones de Crisis de Presidencia del Gobierno, la Secretaría de Estado de Seguridad y la Unidad Militar de Emergencias.

El CSN hizo un seguimiento completo de todo el ejercicio, como punto nacional de contacto, recibiendo las comunicaciones del OIEA, analizando sus contenidos, realizando evaluaciones independientes de la evolución del suceso y emitiendo recomendaciones para la protección de la colonia española residente y en tránsito en el área afectada.

ARTÍCULOS TÉCNICOS

› José María Martínez-Val
Catedrático
de Termotecnia
de la Universidad
Politécnica
de Madrid
y presidente del
Comité Científico
de EURATOM

Reactores nucleares para el siglo XXI: un futuro necesario y exigente

El siglo XXI verá un nuevo despliegue de la energía nuclear, por necesitar un futuro energético cada vez más complicado, que vivirá bajo las tensiones crecientes de una población en expansión, y las dificultades medioambientales que se derivan del uso masivo de la combustión química de los combustibles fósiles.

También será causa de ese renacimiento nuclear el propio potencial intrínseco de la fisión, que se basa en lo que en Física se denomina la "fuerza fuerte" por antonomasia, que es la que liga entre sí a los constituyentes del núcleo atómico. Ese potencial hace que por unidad de masa la energía nuclear sea del orden de un millón de veces más potente que la combustión química; lo cual es ciertamente una fuente de beneficios, pero también de preocupaciones.

Así pues, no parece arriesgado afirmar que los reactores nucleares representan un futuro necesario para la humanidad. Pero a su vez son un futuro exigente, porque no cabe desarrollar la energía nuclear sin atender unas demandas de calidad, que son básicamente de dos tipos:

— Las exigencias derivadas de los riesgos inherentes a las radiaciones y las reacciones nucleares.

— Las derivadas de los recelos sociopolíticos, pues no cabe ignorar que la energía nuclear es temida (y mayoritariamente desconocida) por una parte importante de la población.

Con estas premisas conviene abordar el estudio de las posibilidades inherentes en la fisión nuclear, para entender cómo pueden materializarse esas posibilidades en sistemas y procesos que exploten la energía nuclear de manera eficiente y segura.

En este artículo se pasa revista a los planteamientos existentes, e incluso se va más allá de lo que convencionalmente está planteado sobre la mesa de discusión, pues es un deber científico cuestionarlo todo, sin pesimismo pero con rigor, y buscar innovaciones con optimismo pero sin temeridad.

Un complicado futuro energético

Actualmente hay unanimidad en considerar que es triple el objetivo que se debe buscar en el desarrollo del sector energético:

— Seguridad de suministro
— Calidad ambiental
— Bajo coste de la energía

El primero de los objetivos es obvio, pues sin una energía garantizada la actividad socioeconómica se resiente enormemente, y no menos que el bienestar personal y colectivo.

La calidad ambiental ha ido evolucionando en sus exigencias. Lo primero fue atender a paliar los efectos de la contaminación local, lo cual se ha logrado en gran medida, particularmente en las ciudades, donde se han restringido los usos de los combustibles menos nobles, propiciando el consumo de gas natural. Posteriormente se hizo hincapié en los problemas regionales, como la lluvia ácida, que han condicionado y condicionarán considerablemente el uso de algunos combustibles para las grandes instalaciones de combustión, particularmente del carbón, aunque también de gas. Y la última gran eclosión de preocupación

medioambiental ha sido y es el calentamiento global, que ha motivado una movilización internacional, no propiamente exitosa, para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, y sobre todo de dióxido de carbono (CO_2).

En cuanto al bajo coste de la energía, se trata más de un *desideratum* que de una realidad sobre la que poder actuar, como se está demostrando a mediados del año 2008 en la evolución del precio del crudo del petróleo. Aunque para muchos eso tenga una causa esencialmente geopolítica, no deja de ser una realidad económica que condiciona el devenir de la sociedad, y debería estimular la consideración de otras alternativas energéticas, incluyendo el uso del gas natural como sustituto del petróleo para la producción de gasolinas y gasóleos. Ciertamente esto provocaría aún mayores tensiones en un mercado como el del gas, no tan crítico geopolíticamente como el petróleo, pero más rígido en sus características intrínsecas, por sus dificultades de transporte y almacenamiento, superiores a las de los hidrocarburos líquidos.

Este triple objetivo no ha de entenderse a nivel nacional, aunque cada país haya de considerarlo por su lado, sino que se ha de considerar globalmente, pues los mercados energéticos a nivel de materia prima están unificados. Y así nos encontramos con que la energía demandada por la humanidad va a incrementarse enormemente en el inmediato futuro, o al menos ésa es la previsión y el deseo de muchos países de economía emergente.

Actualmente, el consumo energético de la humanidad equivale a unos 13 TW. Para el año 2030 se prevé que esta cifra haya ascendido a un valor próximo a 20 TW; y para el año 2050, a un valor superior a 25 TW. Resulta complicado prever las vías y medios para satisfacer esta demanda. Por descontado los combustibles fósiles seguirán teniendo una participación mayoritaria en ese ámbito, y todas las previsiones, como la del World Energy Outlook y la del World Energy Technology Outlook indican que para el año 2050 los 2/3 de la energía seguirán siendo de origen fósil, aunque se prevé una participación apreciable de las renovables. Atendiendo al WETO H2- 2050, esta última será de tamaño similar al de la energía nuclear, de algo menos de 5 TW. En todo caso, es digno de reseñar esta última cifra, muy superior a la actual, que es de aproximadamente 1 TW (de energía primaria; es decir, algo menos del 7 % de la energía primaria total).

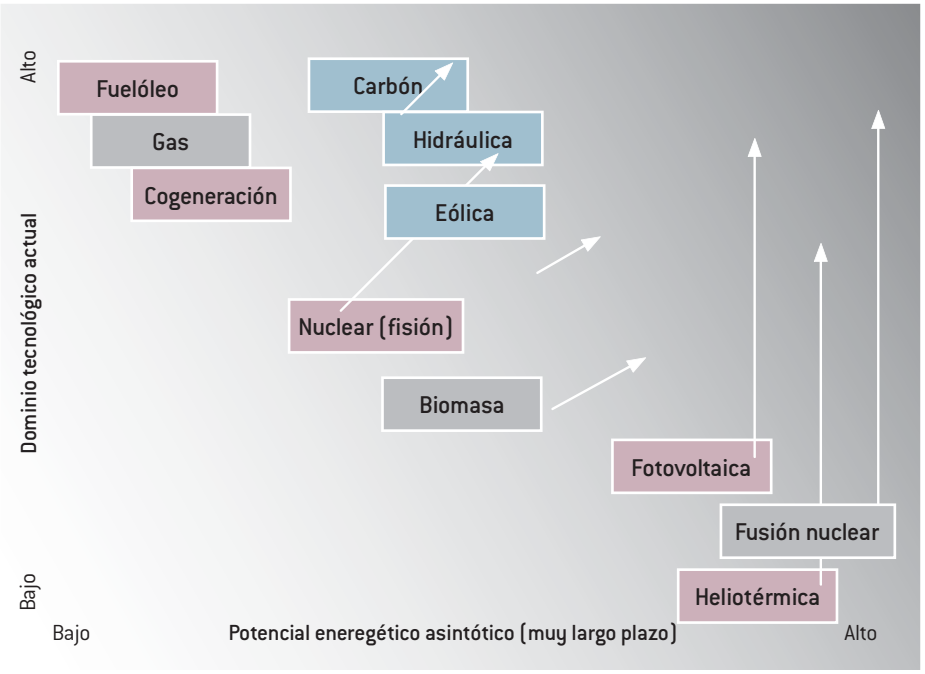


Figura 1. Potencial intrínseco de las fuentes de energía.

No obstante, la cifra anteriormente dada de energía nuclear de fisión es también un *desideratum*, que sólo podría atenderse si se desarrollan reactores de un futuro nuclear sostenible, a los que luego haremos referencia. Para el año 2030, horizonte en el cual no estarán plenamente desplegados esos reactores a nivel comercial, la producción de energía nuclear, medida en valores de energía primaria, estará entre 2 y 2,5 TW.

Aún con las cifras antedichas de energía nuclear y energías renovables, será difícil estabilizar la concentración de CO_2 en la atmósfera por debajo de 550 ppm, lo cual puede inducir cambios climáticos significativos en algunas áreas, particularmente la Península Ibérica, a caballo entre el clima africano y el clima europeo.

En todo caso, la energía nuclear de fisión debe considerarse como un instrumento que la naturaleza pone a nuestro servicio, y al que difícilmente la humanidad puede volverle la espalda, pues estaría echando piedras contra su propio tejado. Cuestión aparte es que en la explotación de ese recurso se deba ser extraordinariamente exigente.

Los horizontes de la energía nuclear

A fecha actual cabría contemplar la energía nuclear con cuatro perspectivas:

— Para el mañana inmediato, en el que debe primar la continuidad de explotación de las centrales que están teniendo (en el mundo y en España) un funcionamiento plenamente satisfactorio. En el caso de EEUU, la prolongación del permiso de explotación (siempre condicionado a los buenos resultados de

seguridad) se ha otorgado ya a casi la mitad de su parque de centrales.

—Con la vista puesta de aquí a un decenio, se debe pensar en la construcción de reactores de la llamada generación III o III+. Aunque este autor sea poco dado a las etiquetas, en este caso no tiene más remedio que usarlas, por estar extendidas, pero no hay ninguna autoridad internacional ni ningún criterio objetivo que diga qué reactor es o no es calificable bajo estas siglas. Con carácter general se puede decir que están aquí encuadrados los reactores que han asumido las lecciones derivadas de los principales accidentes nucleares, sobre todo TMI-2 (Three Mile Island) y Chernóbil. Estos reactores son de agua ligera y tienen ciertamente niveles muy altos de seguridad, por el uso de mecanismos naturales de refrigeración de calor residual y por la capacidad de absorber los efectos de accidentes severos.

—En el horizonte de una generación (30 años) se habrá de contemplar el advenimiento de los reactores de generación IV, que han de buscar la sostenibilidad de la energía nuclear, mediante la explotación mayoritaria de la energía potencialmente contenida en los minerales de uranio y de torio. Eso nos debe llevar a reactores reproductores, aunque entre los reactores calificados como GEN IV se encuentran algunos que no son reproductores; por lo cual resulta dudosa su inclusión a largo plazo bajo esta etiqueta. Posteriormente habrá que volver a tratar este importantísimo tema.

—A más largo plazo deberían aparecer los reactores de fusión, que ciertamente son otra historia, con una difícil problemática de desarrollo y con grandes ventajas, por no ser sensibles a accidentes de reactividad ni generar en su seno productos de fisión ni actínidos.

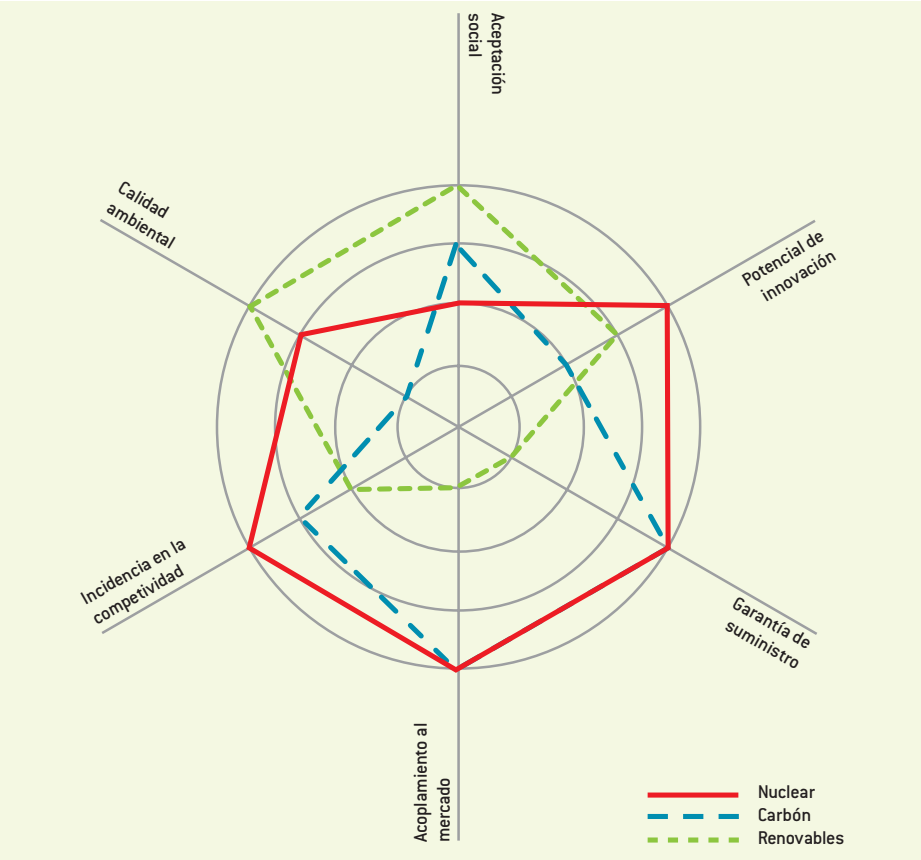


Figura 2. Evaluación cualitativa de las fuentes de energía para la producción de electricidad. (La evaluación resulta tanto más favorable cuando mayor es el radio del círculo)

Esta panorámica nuclear se ha de contrapesar con su problema sociológico, es decir, las dificultades para que una amplia mayoría de la población acepte de buen grado la energía nuclear; aunque en este contexto es imprescindible señalar que la energía nuclear sí que goza de buena aceptación en las zonas en las que están ubicadas las centrales nucleares.

En esta reacción sociológica contra la energía nuclear pesa su carácter un tanto espectral, pues nuestro cuerpo no tiene detectores ni sensores que puedan percibir de manera inmediata las radiaciones ionizantes, cuyos efectos térmicos son muy poco apreciables, y sin embargo el daño biológico que se va acumulando puede ser notable; y alcanzar valores deletéreos antes de tomar las medidas oportunas de prevención.

En los estudios y sondeos realizados sobre esta cuestión se aprecia que la población más favorable a la energía nuclear es la de los varones con estudios universitarios, pues más del 55 % de todos ellos, tanto en Europa como en España están a favor de su uso en términos generales. Por el contrario, el tipo de población más opuesto es el femenino, casi en un 70 %, y casi con independencia de su nivel de estudios.

Varias entidades, como el Foro Nuclear español o el Foratom europeo se han preocupado de reducir el déficit de formación e información que existe en la sociedad sobre temas nucleares, pero la cuestión resulta persistente, y sólo la amenaza de otro tipo de espectro, el de la carencia energética, está haciendo resucitar las esperanzas de la energía nuclear. Como miembros de la comunidad nuclear, nuestra obligación es que ese renacimiento se haga con las mejores condiciones de seguridad, sin desatender su economía.

La expansión del parque nuclear

El mantenimiento de la industria nuclear en estos últimos años ha sido prác-

ticamente una cuestión asiática. De hecho, hay que reseñar que gran parte de la tecnología nuclear mundial, y particularmente la norteamericana, ha quedado en manos de la industria electrónica japonesa, notoriamente Toshiba e Hitachi.

En Europa el despliegue de la generación III ha empezado por Finlandia, y seguirá por Francia, que en definitiva es el suministrador de este quinto reactor finés, un EPR. No obstante, aunque este reactor ostente de manera clara la E de *European*, lo cierto es que es una solución muy francesa, con algún injerto putativo alemán, sin que los demás países hayamos podido meter la cuchara.

Estos reactores se basarán en gran medida en la seguridad pasiva por diseño, es decir, sin necesidad de intervención del factor humano, que en Harrisburg (TMI) y en Chernóbil fue de lo más catastrófico. En alguno de los diseños se prevé que no haya ningún tipo de intervención humana tras un accidente severo, en las 72 horas subsiguientes al accidente, lo que permite además preparar y gestionar adecuadamente la recuperación del reactor.

Estos reactores, y no sólo el EPR son en general de agua ligera (también hay un modelo de agua pesada) y por tanto muy parecidos a los actualmente en explotación. Tienen, como estos, un porcentaje de utilización de la energía contenida en la materia prima que está alrededor del 0,6%. Incluyendo reciclado de plutonio (Pu) en ellos, a duras penas se podría pasar del 1%, pero es un tanto inútil quemar Pu en estos reactores cuando van a ser necesarios para poner en marcha los reactores de la generación IV.

Estos reactores tienen hoy día claras connotaciones comerciales, y además del EPR cabe mencionar, sin ánimo de exhaustividad, el AP1000 de Westinghouse y el ESBWR de General Electric. Debido precisamente a su fuerte carácter comercial, no resulta fácil ni cómodo hacer una comparación entre ellos, aunque lógicamente los clientes la han de hacer. En el caso finés, se decidieron por el reactor europeo, pero es obvio que el factor político pesó mucho en esa decisión. También pesó el hecho de que todos los reactores estaban en estado parecido de despliegue, en cuya primera fase tendrán que sufrir y superar los llamados "fallos de nacimiento", por los cuales la tasa de infiabilidad es alta, y la aparición de problemas más alta aún. Este sarampión lo pasará el EPR con el reactor finés Okiluoto 3 y el francés Flamanville 3, más los que sigan, mientras que los AP1000 y los ESBWR superarán ese sarpullido fundamentalmente en Asia, sobre todo Japón y China.

Se presenta aquí la posibilidad de un programa europeo de construcción de centrales nucleares, que a tenor de algunos significaría el proceso político en más de un país, que ya se ha acostumbrado a que las castañas se las saque del fuego la UE, aunque ello implique perder la soberanía de la moneda, como en la zona euro (de la que el autor es un ferviente defensor). Un programa tal es muy difícil de plantear en Euratom, pues la soberanía en este tema depende de los países, aunque tampoco hay nada que lo impida, y un grupo de países podrían asociarse (como el Grupo Schoengen Nuclear) para hacer este tipo de reactores de generación III conjuntamente, imponiendo además requisitos unificados de seguridad nuclear, para lo cual la UE está auspiciando un High Level Group on Nuclear Safety (del que algunos países, como Reino Unido, Suecia y Alemania ya han empezado a caerse).

Por parte española cabría decir que estaría bien visto políticamente una participación así, pues relajaría la tensión política que en nuestro país genera el tema nuclear, pero sin embargo chocaría con lo que es la tradición de nuestra industria eléctrica, muy enraizada en la tecnología nuclear norteamericana. Hay que reconocer que el sector nuclear español se siente mucho más cómodo con sus colegas americanos que con los europeos, y eso se debe a la evolución histórica en estos últimos 60 años del sector nuclear en nuestro país.

En todo caso, evolucione como evolucione el debate nuclear, con o sin programa común europeo, sería bueno que España no perdiera este tren y antes de 2030 tuviera ya en funcionamiento tres o cuatro reactores GEN III, con un total de 4.000 ó 5.000 MW, lo que permitiría mantener una cuota de un 20 % de energía nuclear en la producción de electricidad.

En la figura 2 se propone una "figura de mérito" para valorar las diversas fuentes de energía que hoy día son fundamentales en la producción de electricidad, y que casi no valen para otra cosa que no sea producir electricidad. Están consideradas ahí la nuclear, el carbón, y las renovables. Y se propone su valoración desde un perfil bajo a un perfil muy alto, en los seis apartados siguientes:

— Aceptación social.
— Calidad ambiental.
— Incidencia en la competitividad.
— Acoplamiento al mercado.
— Garantía de suministro.
— Potencia de innovación.

Los seis aspectos son claramente positivos, y aunque la valoración realizada es inevitablemente subjetiva, ha intentado ser equitativa por parte de este autor. Lógicamente, el área cubierta por cada uno de los hexágonos irregulares que caracterizan a cada fuente de energía, sería representativa de su figura de emérito o valor intrínseco. Puede parecer muy desviado el hecho de que la energía nuclear, e incluso el carbón, tengan mayor área que las renovables, pero conviene tener en cuenta los pros y contras intrínsecos de estas fuentes de energía, así como un hecho contundente, que raramente se indica, y que tiene una importancia capital para no pillarse los dedos en formular políticas

energéticas inhábiles. El hecho al que se alude es que las energías renovables llevan con la humanidad desde el principio de los tiempos, y no sólo la biomasa (leña) tan vieja como el fuego, sino la energía del viento, la energía del sol, y la energía del agua. Sin embargo, con estas energías, que más que renovables son naturales, no se pudo hacer la revolución industrial. Esta revolución se hizo con el carbón, por su potencial energético intrínseco, su capacidad de acoplamiento al mercado, y su incidencia en la competitividad. Bien es cierto que en esas primeras eras, cuestiones tales como la calidad ambiental o la aceptación social fueron secundarias, y lo importante era la productividad, que cambiaba radicalmente el nivel de vida de una población. Los ámbitos geográficos en los que actualmente los niveles de vida son considerablemente bajos, sin acceso a la electricidad o al agua potable, por ejemplo, corresponden precisamente a zonas donde la revolución industrial está aún pendiente. Revoluciones de otro tipo seguro que han sufrido muchas, pero ésta, que tecnológicamente modifica por completo la capacidad del ser humano de ahormar su entorno, y aprovecharlo en su beneficio, no se ha extendido a todo el mundo, como sería de desear.

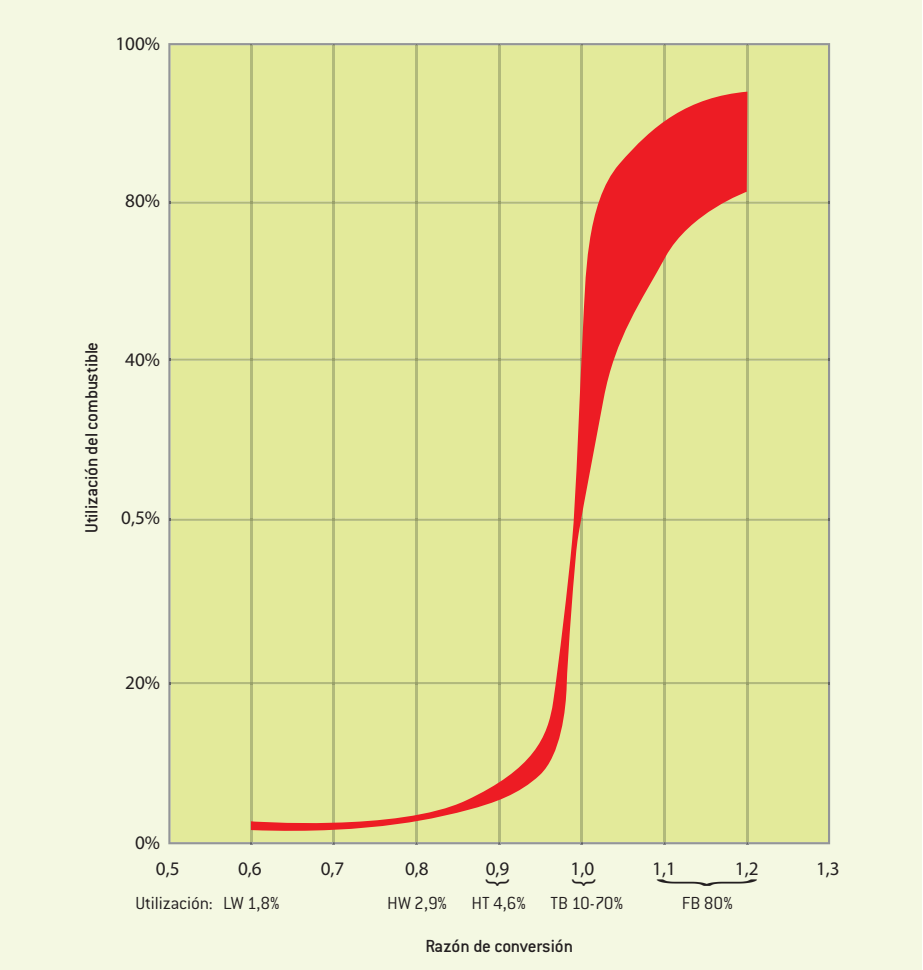


Figura 3. Efecto de la razón de conversión de los reactores en la utilización de los recursos naturales de combustible (en porcentaje).

Desarrollo nuclear sostenible

Los reactores anteriormente mencionados no podrían considerarse propiamente sostenibles, a pesar de su alto nivel de seguridad, por el mal uso que hacen de la materia prima nuclear. Ya se ha comentado que difícilmente se logra en ellos, e incluso con reciclado, llegar a aprovechar el 1 % de la energía potencial del mineral nuclear.

La solución ante este reto lo dan los reactores reproductores, capaces de convertir en nucleidos fisibles los nucleidos pesados mayoritarios en la naturaleza, U-238 y Th-232, que no son fisibles (pues no se fisionan con neutrones de cualquier energía, sino por encima de un umbral). En la reproducción nuclear, el U-238 se convierte en Pu-239, y el Th-232 en U-233, siendo estos últimos nucleidos impares muy buenos combustibles nucleares.

Los reactores reproductores necesitan un espectro neutrónico rápido, sobre todo para el caso del U-238 y conversión a Pu-239. El caso del torio podría llevarse a cabo en reactores térmicos o epitérmicos, pero su tasa de reproducción sería apenas la necesaria para mantener el ciclo del combustible. En todo caso, el torio no es el mineral que inicialmente se aprovecharía para la primera fase del despliegue sostenible de la fisión, aunque a largo plazo habría que usar sus reservas, que son mayores que las de uranio, aunque sea difícil aquilatar unas y otras sin especificar su nivel de garantía de explotación y de coste de la misma.

Actualmente, la producción de fisión es de unos 2,7 x 10^9 MWh lo que equivale a 7x10^8 tep (toneladas equivalentes de petróleo) o a 2,8x10^{19} julios (J). Las reservas convencionalmente aceptadas de uranio ascienden a 4,5 millones de toneladas, lo que significa una energía potencial de 4x10^{23} J. A ello habría que añadir unos 8 millones de toneladas de Th-232 que representan 7x10^{23} J, lo que totaliza 1,1x10^{24} J. Si se tiene en cuenta el consumo actual, se llega a la idea de tener material nuclear para 40.000 años al ritmo actual de explotación; lo cual no es cierto, pues hoy día no se aprovecha sino el 0,6 % de la energía térmica potencial de

dicho combustible. Eso significaría que la cifra anterior se reduce a 240 años.

Esta perspectiva cambiaría radicalmente si se desplegara la reproducción nuclear y el reciclado del material generado a partir de los nucleidos naturales, pues así podría llegarse teóricamente al 100 %, aunque en la práctica, por ineficiencias del sistema al acercarse a la asíntota, no se superara el 70 o el 80 %. En todo caso, estaríamos hablando de unos 30.000 años de equivalencia de consumo actual. De ahí la enorme importancia de desarrollar este tipo de reactores y su ciclo de combustible nuclear. Pero esto no cabe hacerlo a cualquier precio, sino teniendo en cuenta cinco criterios fundamentales, que deben guiar el desarrollo nuclear sostenible:

1. Tecnologías y procesos no proliferantes.

2. Instalaciones de muy alta seguridad nuclear.

3. Minimización de residuos nucleares, particularmente los de muy larga vida media.

4. Aprovechamiento mayoritario del mineral natural.

5. Rentabilidad económica.

En el primero de los criterios pesa enormemente esa especie de pecado original de la energía nuclear que fueron las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki, así como la posterior carrera de armamentos, y la continuidad de ésta a nivel más local, como en el caso del conflicto indo-pakistaní.

Ciertamente el tema de la no proliferación es en gran medida político-diplomático, y a ello atiende el OIEA como organismo de las Naciones Unidas específicamente dedicado a la salvaguardia nuclear. Pero es también un tema de hondo calado tecnológico, pues se deben desarrollar procesos que no faciliten la obtención de material especialmente útil para el armamento nuclear. Esto no afecta sólo ni principalmente a los reactores, sino de modo muy especial a las instalaciones de reelaboración del combustible.

Por lo que corresponde a la seguridad, ésta se podría ejemplarizar en una serie de requisitos, tales como:

— Imposibilidad de accidentes de supercriticidad pronta (tipo Chernóbil).

— Minimización de escapes de radiactividad.

— Acotación de estos escapes en cuanto a valor total de la actividad emitida.

Cada uno de estos requisitos tiene implicaciones tecnológicas muy precisas en los diversos tipos de reactores que cabe idear, como son los reactores rápidos de Na (SFR en terminología de Generation IV), que es el reactor preferido por la Sustainable Nuclear Energy Technology Platform que se ha establecido en la UE.

Igualmente cabría decir del reactor rápido refrigerado por gas o por plomo fundido. En el primero de ellos, por tener el gas muy poco impacto en la moderación neutrónica, sus variaciones de densidad no son relevantes para producir variaciones en la reactividad; pero sin embargo, es muy complejo asegurar la refrigeración del calor residual cuando se produce una pérdida de estanqueidad en el gas a presión que efectúa la refrigeración nominal. Téngase en cuenta que en estos reactores no podría usarse agua ni ningún compuesto hidrogenado para refrigerar, pues produciría una impactante inserción de reactividad.

Por el contrario, los reactores de metales fundidos son menos problemáticos a la hora de extraer el calor residual, pero sin embargo sus variaciones de densidad o los huecos que podría producir su ebullición, plantean problemas de efecto en la reactividad. Aunque estos últimos podrían compensarse con el efecto Doppler derivado del aumento de temperatura del combustible, lo cierto es que manifiestan una sintomatología de accidentes nada agradable, y se habrá de tratar con toda exigencia este tema, para seguir avanzando en esa dirección.

Por lo que respecta a la minimización de residuos, ésta podría llevarse a extremos verdaderamente importantes. En la actualidad, los radionucleidos existentes en el combustible irradiado no alcanzarán el nivel natural de radiactividad hasta pasados casi los 100.000 años.

Sin embargo, con técnicas de transmutación, tras haber separado convenientemente estos residuos, dicho nivel puede alcanzarse en unos 600 años, lo cual reformula el problema en un espacio temporal del orden de lo habitual en la historia humana, y no en eras geológicas.

En este contexto es imprescindible citar un principio de sostenibilidad que afecta a los residuos en general, en una sociedad como la post-industrial donde se genera una enorme cantidad de ellos, parte de la cual son residuos tóxicos y peligrosos. De entre éstos, una pequeñísima fracción es la de carácter radiactivo y específicamente nuclear; y si se tiene en cuenta el coste-beneficio asociado a las actividades con implicaciones nucleares, resulta sin duda que el volumen y la toxicidad de los residuos generados no es de lo más preocupante en el contexto global en que vivimos. Centrándonos en el principio aludido, éste podría formularse así: antes de evacuar o disponer definitivamente un residuo en la naturaleza, se ha de considerar si es posible someterlo a un tratamiento físico o químico para la reducción sustancial de su toxicidad dentro de un gasto económico razonable.

En la mayor parte de los países avanzados y en la legislación de sus regiones y sus municipios es muy común encontrar leyes de residuos donde precisamente se plasma este principio según la tipología de la zona y el parecer de sus gobernantes y gobernados. Por ejemplo, para muchos productos tóxicos químicamente hablando, en muchos países se recurre a su incineración; mientras que en otros se sigue una práctica de vertedero controlado.

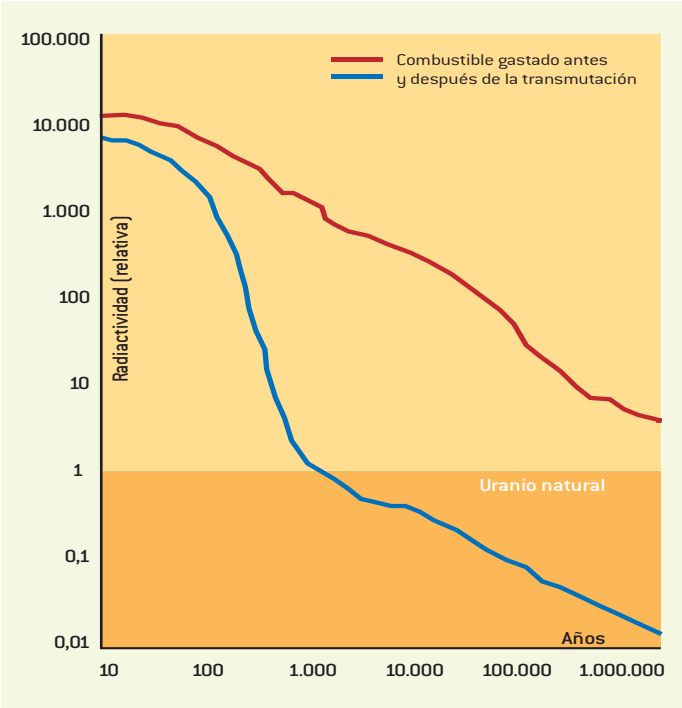


Figura 4. Radiotoxicidad por ingestión de 1 tonelada de combustible nuclear gastado. Con una eficiencia de separación del 99,9% de los subproductos de larga vida de los residuos, y su transmutación, se pueden alcanzar los niveles de radiotoxicidad de fondo en 700 años.

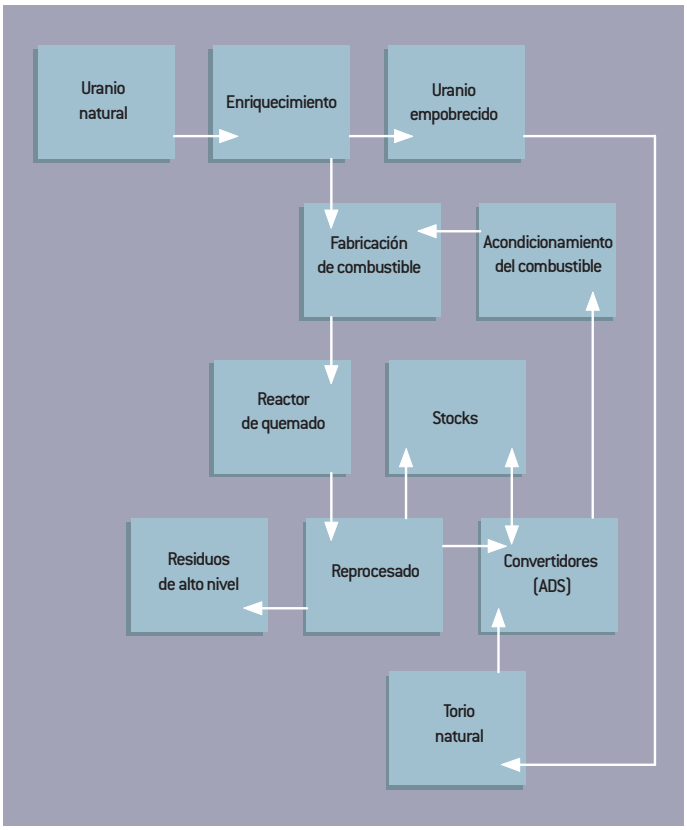


Figura 5. Modelo de ciclo de combustible avanzado.

En el caso nuclear es muy importante señalar que los residuos no se liberan a la naturaleza sin más. En el caso químico, y de manera ostensible en la combustión de los motores de automoción y de las grandes instalaciones de combustión, el residuo generado, en gran medida CO_2, se elimina a la atmósfera directamente. Por el contrario, en el caso nuclear los residuos, incluso los de más baja actividad, se recogen y se custodian en centros debidamente vigilados, de tal forma que se garantice más que razonablemente la no interacción de dichos residuos con el medio ambiente humano, y el entorno en general.

Para el combustible irradiado en las centrales nucleares, la aplicación del anterior principio exige tener en cuenta todas las posibilidades de la física nuclear y de la química de los actínidos, que son cuantiosas.

En principio, una alternativa nada desdeñable y que algunos países tecnológicamente muy avanzados, como Estados Unidos, Suecia y Finlandia, han puesto ya parcialmente en marcha es la de construir un almacenamiento geológico profundo, a unos 500 metros o incluso más, en formaciones geológicas adecuadas, para ubicar en ellos el combustible gastado, con las barreras o protecciones necesarias con objeto de evitar su dispersión en ese ambiente geológico.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que algunos de los radionucleidos, sobre todo los actínidos, presentan dos características peculiares: contienen una cantidad de energía potencial no desdeñable en su núcleo atómico, y son de muy larga duración. De ahí que sea aconsejable su transmutación (que propiamente hablando es fisionarlos para producir fragmentos de fisión de vida media mucho más corta, del orden de cientos de años). Dicha transmutación se obtiene sometiéndolos a un intenso flujo neutrónico, bien en un reactor de propósito general, en el que se adicionen pequeñas cantidades de estos materiales; o bien en un reactor *ad hoc*, como son los llamados *Accelerator Driven Systems*, que son sistemas subcríticos activados por una potente fuente neutrónica, que a su vez se energiza mediante un haz de protones acelerados en un acelerador de partículas.

Más allá de lo convencional

La energía nuclear del siglo XXI con casi plena seguridad verá el advenimiento comercial de la fusión nuclear. Cierto es que la fusión ha suscitado enormes expectativas desde mediados del siglo XX, pero lo cierto es que sólo se ha logrado cumplir el objetivo de explotar su fortaleza intrínseca en el ámbito del armamento, pero no en el de un reactor. En este sentido, la situación es totalmente contraria a la de la fisión, en la cual primero fue el reactor (1942) y después fue la bomba (1945).

Las dificultades intrínsecas de la fusión han sido señaladas en múltiples foros y documentos, y de las diversas

alternativas que en teoría había, la que se ha identificado como más prometedora es la llamada "termonuclear" en la que se fía al calor (energía interna) la activación de los choques núcleo-núcleo que son necesarios para inducir las reacciones de fusión. A su vez, en el campo termonuclear se han identificado dos líneas: la de confinamiento magnético y la del confinamiento inercial.

En la primera de ellas se utilizan campos magnéticos para confinar el plasma ultracalentado, durante periodos que deberían ser de un segundo, o mucho mayores.

En la segunda se utiliza la implosión de una microesfera de material fusionable para crear un plasma de muy alta densidad y muy alta temperatura en plazos verdaderamente diminutos, muy por debajo del nanosegundo.

En ambos casos se han conseguido las pruebas de principio científico, pero se está lejos aún de dominar éstas en un sistema tecnológico de energía aprovechable. En el caso de confinamiento magnético, la iniciativa más relevante es el ITER, que se está construyendo en Cadarache, Francia, bajo un acuerdo internacional muy complejo, que por su propia estructura organizativa induce problemas adicionales a los ya de por sí serios procedentes de la tecnología a implantar.

En el caso del confinamiento inercial la situación es más delicada por la relación existente en algunos de sus campos con el diseño de armamento nuclear. De ahí que sean países eminentemente nucleares como Estados Unidos y Francia quienes tengan el liderazgo en este campo. En el primero de esos países se está construyendo la National Ignition Facility (NIF), que con casi plena seguridad conseguirá la ignición de fusión con ganancia energética antes que ningún otro sistema. Pero la NIF está lejos de ser un reactor, y ni siquiera está claro que ésa sea la línea más eficaz de trabajo para un reactor.

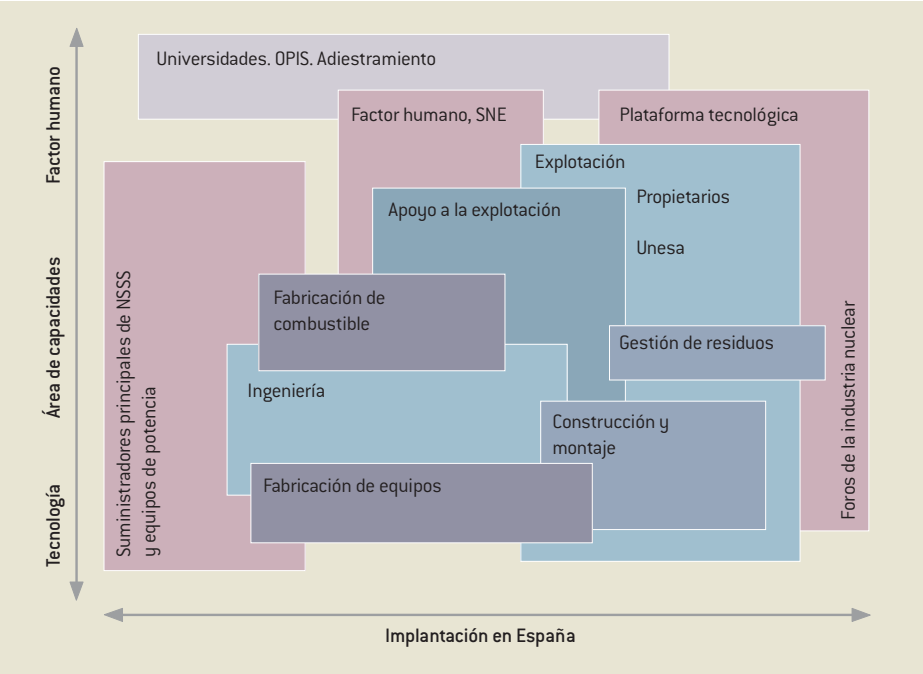


Figura 6. Estructura del sector nuclear en España.

En definitiva, por lo que respecta a la fusión, ésta debería aparecer como fuente energética a lo largo del siglo XXI, pero con toda seguridad pasarán varios decenios antes de que "las musas pasen al teatro". Esto provoca una situación un tanto frustrante, sobre todo en los responsables de la política científica y energética de los países, que ven un continuado chorro de dinero yendo a unas investigaciones que no parecen tener fondo. Sin embargo, el premio final que se tendrá cuando se consiga dominar la fusión es realmente espectacular, pues pondrá a disposición de la humanidad una fuente prácticamente inagotable de energía. Téngase en cuenta que en el agua de mar hay un contenido de deuterio que equivale, energéticamente, a doscientas veces el mismo volumen en petróleo. Es decir, un litro de agua tomado de la playa equivale a 200 litros de gasolina. Habida cuenta el inventario de agua en los océanos, el contenido energético total es del orden de 10^{31} J, lo cual significa 30.000 millones de años del total de la energía consumida actualmente por la humanidad. Repetimos la cifra porque puede producir incredulidad: 30.000 millones de años, no 30.000 años. La cuestión es que nuestro planeta como sustrato de vida difícilmente aguantará 1.000 millones de años, porque para entonces los cambios en el Sol provocarán importantes cambios en la radiación electromagnética recibida, y no será posible en esta superficie la vida tal como la conocemos.

Otra alternativa no convencional para explotar la energía nuclear es la de los reactores híbridos, y en este caso estamos volviendo a la fisión, aunque una de las líneas de reactor híbrido sea la de fusión-fisión, si bien lo más habitual es considerar que la fuente neutrónica que alimenta el conjunto subcrítico de fisión, que es el sistema para la producción masiva de energía en este caso, se haga con otro tipo de reacciones nucleares, como son las de espalación, producidas al interaccionar un haz acelerado de protones contra un blanco de metales pesados, como puede ser el plomo. Otras alternativas de fuentes intensas de neutrones las pueden proporcionar las reacciones de *stripping* deuterio-litio, y las reacciones inducidas por laser en material fusionable.

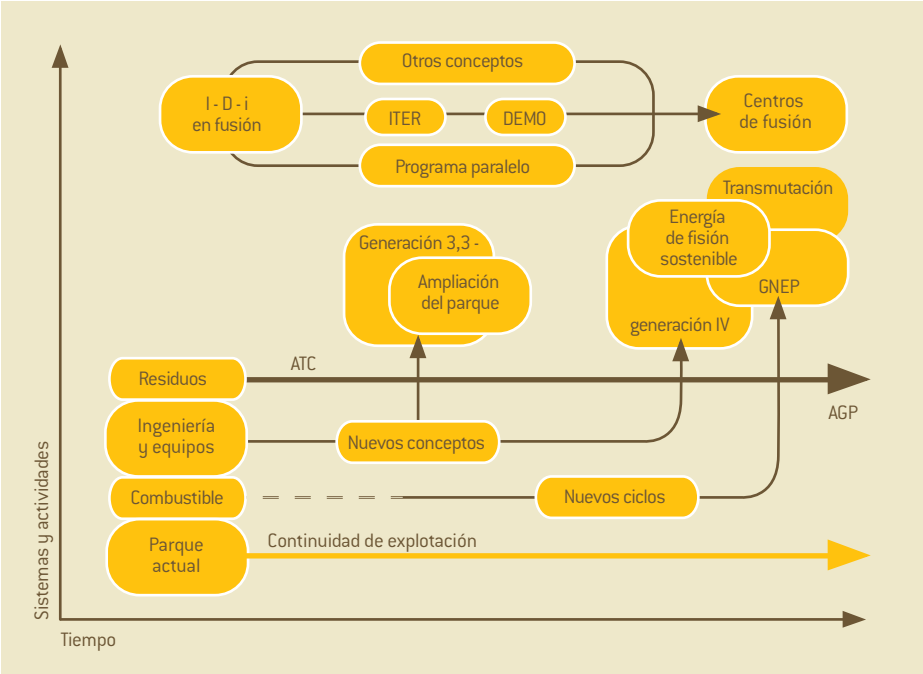


Figura 7. Cronograma de desarrollo potencial de la energía nuclear en España.

Por lo que corresponde a la parte de fisión, un conjunto subcrítico de un reactor híbrido es sustancialmente igual a un reactor convencional (crítico), con la peculiaridad de que no puede alcanzar criticidad (en teoría, bajo ningún concepto). Eso significa que en ausencia de fuente neutrónica exterior, su población de neutrones se anula rápidamente, y no puede sufrir accidentes de elevación de potencia como el de Chernóbil.

La mayor dificultad que afecta a los reactores híbridos es el propio rechazo que generan en el sector nuclear convencional. No cabe ignorar aquí que ese sector es tremendamente conservador y tradicionalista, y que le gusta trabajar en lo que ya sabe, y la innovación que representan los reactores híbridos no le resulta atractiva, por lo cual ha habido muy poco esfuerzo de investigación en esa línea. Sin embargo, los reactores híbridos pueden proporcionar una herramienta única para explotar eficientemente y con seguridad las ingentes cantidades de U-238 y Th-232, pues se puede alcanzar con ellos una razón de reproducción muy alta, con lo cual se genera *in situ* Pu-239 y U-233, respectivamente en cantidades tales que el combustible puede funcionar 20 años sin necesidad de reciclado (aunque quedaría la duda sobre el comportamiento de las vainas con una irradiación tan larga).

En la figura 5, se expone un modelo de ciclo de combustible avanzado en el que la energía se generara fundamentalmente en reactores de generación III, tipo LWR muy avanzado, que proporcionan muy altas cotas de seguridad, y la reproducción nuclear se efectuaría en reactores híbridos, aunque en este caso sí sería necesario el reproceso y reciclado del combustible nuclear. Con esta opción se multiplicaría por casi 100 la capacidad actual de extraer energía del mineral nuclear, lo que significaría aumentar considerablemente la contribución potencial de la energía de fisión a las necesidades energéticas de la humanidad, con niveles muy altos de seguridad.

El caso español

España es un país que ha vivido un desarrollo nuclear de 60 años, que pueden clasificarse en tres etapas de aproximadamente 20 años cada una:

1. De 1948 a 1968 se vivió la etapa de investigación básica y formación de los equipos humanos en esta disciplina.

2. De 1968 a 1988, España fue sobre todo en este terreno un país constructor de centrales nucleares.

3. En los últimos 20 años, España ha sido fundamentalmente un país explotador de centrales nucleares.

Si contemplamos el caso español en el contexto europeo, se aprecia que no hemos sido un país auténticamente pionero y totalmente maduro en la cuestión nuclear, pero tampoco hemos descendido al tercer nivel. Es notorio ver como países que arrancaron en la post-guerra mundial de posiciones mucho mejores que la nuestra, como es el caso de Italia o de Holanda, se quedaron en el camino en valores muy diminutos de desarrollo nuclear efectivo.

Como se intenta recoger en la figura 6, España tiene una estructuración muy interesante y completa en el sector nuclear, abarcando desde la fabricación de vasijas y la producción de combustible hasta la gestión de residuos.

Esta estructuración es una plataforma idónea para abordar el futuro y no perder el tren de las novedades que se alumbrarán en el siglo XXI, lo cual se intenta esquematizar en la figura 7. En ella se expresa un desarrollo temporal que comienza por la continuación de explotación del parque actual y llega hasta las centrales de fusión, pasando por la ampliación del parque con reactores de generación III, y el posible despliegue de la generación IV y los ciclos avanzados de combustible, incluyendo transmutación de los residuos nucleares más ofensivos, de tal manera que no se deje a la humanidad del futuro un legado insoportable en este campo, sino algo absolutamente conmensurado con la enorme herencia tecnológica que van a recibir, gracias a los desarrollos científicos y tecnológicos que se han ido haciendo en el campo nuclear.

Criterios del CSN para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural

› María Teresa Sanz Alduán
Coordinadora técnica de Protección Radiológica del Público y Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN

› Lucila María Ramos Salvador
Subdirectora general de Protección Radiológica Ambiental del CSN

El Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), establece en su título VII disposiciones relativas a las fuentes naturales de radiación, requiriendo a los titulares de las actividades laborales en las que existan estas fuentes que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

Con objeto de desarrollar los requisitos de protección radiológica asociados a la exposición a la radiación natural, el Consejo de Seguridad Nuclear estableció un plan de actuación al respecto y, dentro de este plan, ha aprobado recientemente criterios para la protección radiológica frente a esta exposición.

El artículo 62 del RPSRI, "Aplicación", apartado 1, indica que la autoridad competente, con el asesoramiento del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), requerirá a los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

El título VII indica, de forma general, cuáles son estas actividades y que los estudios se realizarán siguiendo las instrucciones dadas por la autoridad competente, y estarán sujetas a las orientaciones que el CSN establezca al efecto.

Plataforma petrolífera.

Fabrica de dióxido de titanio.

También indica que la autoridad competente remitirá al CSN los resultados de los estudios realizados y el Consejo de Seguridad Nuclear, a la vista de los mismos, identificará aquellas actividades laborales que deban ser objeto de especial atención y estar sujetas a control. En consecuencia, definirá aquellas actividades laborales que deban poseer dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones y, cuando sea necesario, establecerá la aplicación de acciones correctoras y medidas de protección radiológica de acuerdo, total o parcialmente, con otros títulos del reglamento.

El RPSRI, promulgado en 2001, incorpora la directiva 96/29/Euratom en lo relativo a la radiación natural. En nuestro país, aunque se habían realizado medidas de la concentración de radón en algunos lugares tales como balnearios, galerías, cuevas turísticas y viviendas, hasta la publicación de la Directiva no se había desarrollado un programa sistemático para conocer los niveles de radiación gamma en lugares de trabajo ni las concentraciones de radón.

A finales de los años 80, el CSN inició una serie de actividades encaminadas a determinar la exposición a las fuentes naturales de radiación; así, en 1989 el Consejo puso en marcha el Proyecto Radón para medir, en línea con la Recomendación 90/143/Euratom, las concentraciones de este isótopo en viviendas españolas; y en 1991 se inició el Proyecto Marna, desarrollando un mapa de la radiación gamma en España, cuya última fase concluyó en 2004. Además de los proyectos del CSN, diversas universidades habían llevado a cabo algunos programas para la medida de la radiactividad natural. Al aprobarse la Directiva 96/29/Euratom se realizó en el CSN un análisis de la situación en España y se elaboraron unas líneas de acción para la protección frente a la exposición debida a la radiación natural, distinguiendo entre la exposición asociada a actividades laborales y la no asociada a las mismas.

Con la publicación del nuevo RPSRI, que al igual que la Directiva no desarrolla en detalle lo establecido en el título VII, estas actividades se concretan en el desarrollo de un plan de actuación, que tiene como objeto dar cumplimiento a las funciones asignadas al Consejo en lo relativo a la protección frente a la exposición debida a la radiación natural. El Plan de Actuación fue aprobado por el Pleno del CSN en octubre de 2001 y revisado en marzo de 2006.

El Plan tenía los siguientes objetivos:

— Identificar e informar a las autoridades competentes.

— Recopilar información sobre los estudios previos realizados.

— Identificar los tipos de actividades,

situaciones e instalaciones de interés existentes en España.

— Impulsar la realización de estudios piloto.

— Definir el alcance y contenido de los estudios requeridos por el título VII.

— Establecer los criterios para la adopción de medidas de protección cuando sean necesarias.

— Desarrollar criterios para la clasificación y gestión de residuos con radionucleidos naturales.

Desde el momento de la aprobación del plan de actuación se ha trabajado para cubrir los objetivos señalados y el primer aspecto que se completó fue el de la protección de las tripulaciones aéreas frente a la exposición a la radiación cósmica. Posteriormente, según el desarrollo del Plan, el Pleno del CSN de 31 de octubre de 2007 aprobó criterios radiológicos sobre los siguientes aspectos:

—Actividades laborales que deberían ser objeto de estudio.

—Contenido que deberían tener estos estudios.

—Valores de dosis a los trabajadores y concentraciones de radón en lugares de trabajo y viviendas cuya superación requeriría el establecimiento de dispositivos de vigilancia de las exposiciones o la aplicación de acciones correctoras.

—Criterios sobre la aplicación total o parcial de los títulos del RPSRI citados en el título VII, una vez que los resultados de los estudios demuestren que se han superado los niveles de dosis establecidos.

—Actuaciones relacionadas con el control de la gestión de residuos.

Aunque el RPSRI excluye expresamente las exposiciones a la radiación natural en las viviendas, el Plan de Actuación del CSN considera también esta exposición, siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea. Por tanto, entre los criterios aprobados se han incluido criterios relativos a las concentraciones de radón en viviendas. En este ámbito, desde 2002 se han mantenido reuniones con el Ministerio de Vivienda y con el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción para desarrollar conjuntamente una normativa específica para la protección al radón en el interior de edificios e incorporarla en el nuevo Código Técnico de la Edificación.

En relación con las autoridades competentes, el RPSRI no establece quiénes son éstas, que pueden ser diversas, dependiendo del sector laboral de que se trate, y, en general, son autoridades que no tienen otras competencias en la aplicación del reglamento, ni en materia de protección radiológica. Por ello, en muchos casos desconocían su obligación de requerir los estudios del título VII, y éstos no se llevaban a cabo y no se aplicaban medidas de protección del público y de los trabajadores frente a las exposiciones a las fuentes naturales de radiación.

Para solventar esto, el CSN trató de identificar a las autoridades competentes y ha mantenido contactos y celebrado reuniones con las identificadas, con objeto de informarles sobre los diferentes aspectos del título VII del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR) y las obligaciones que les impone el RPSRI, la primera de las cuales se celebró en 2002 y la segunda en 2005.

A pesar de ello, no se tiene constancia de que estas autoridades hayan solicitado la realización de los estudios requeridos por el RPSRI y, por ello, también se han aprobado actuaciones dirigidas a solucionar este problema.

A continuación se exponen los criterios aprobados por el CSN en relación con cada uno de estos aspectos, para cuyo desarrollo se ha analizado la normativa y las recomendaciones emitidas por organismos internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), las recomendaciones de la Unión Europea (UE), la situación en otros países y, en su caso, los antecedentes existentes en España.

Camisas toriadas.

Actividades laborales

Las industrias afectadas se agrupan de una forma global que se ajusta a lo establecido en otros países y a lo utilizado en publicaciones más recientes de organismos internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). No se incluyen industrias de bajo impacto radiológico y se agrupan otras por sus características similares (industria óptica y del cristal dentro de las industrias que utilizan materiales con torio), el resultado son las siguientes:

— Extracción de tierras raras.

— Producción y utilización del torio y sus compuestos.

— Producción de niobio y ferroniobio.

— Producción de gas y petróleo.

— Fabricación y utilización de pigmentos de dióxido de titanio.

— Industria del fosfato.

— Industria del zirconio.

— Producción de estaño, cobre, aluminio, hierro, acero, cinc y plomo.

— Combustión de carbón.

A este listado hay que añadir los lugares de trabajo en los que hay exposición al radón, que son los siguientes:

— Establecimientos termales.

— Cuevas y galerías.

— Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.

Balsas de fosfoyesos.

— Minas distintas de las de uranio.

— Lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.

Contenido de los estudios

Los estudios que deben realizar los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación, a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica, deben ser presentados al CSN por la autoridad competente para que se identifique si la actividad laboral en cuestión debe ser objeto de especial atención y estar sujeta a control (artículo 63 del RPSRI).

Por ello, los estudios deben tener un contenido suficiente para que el CSN pueda realizar esta identificación y, para este contenido, se pueden tomar como base los estudios piloto impulsados por el CSN, la normativa de otros países y las recomendaciones de la Unión Europea en los documentos *Radiation Protection 88* y *Radiation Protection 95*.

Los estudios deben comprender la estimación de la exposición a los trabajadores y a los miembros del público, tanto en el caso de la exposición al radón como en el de la exposición a otros radionucleidos naturales.

Los estudios, requeridos por el artículo 62 del RPSRI, que deben remitirse al CSN por la autoridad competente, deben contener la información que se indica a continuación.

Actividades laborales en las que se producen exposiciones al radón

Los estudios a realizar deberían incluir la información siguiente:

— Localización y descripción de la instalación.

— Medidas de concentración de radón realizadas y sus resultados, con planos que indiquen la colocación de los equipos de medida.

— Descripción de los puestos de trabajo y tiempos de permanencia en ellos.

— Acciones correctoras previstas o adoptadas cuando los resultados de las medidas estén por encima de los niveles de actuación establecidos.

Procesos industriales con radionucleidos naturales distintos del radón

Los estudios a realizar deben incluir la información siguiente:

— Descripción del emplazamiento, productos y procesos

— Caracterización radiológica, incluyendo la de las materias primas, productos intermedios, productos finales, residuos sólidos y efluentes.

— Identificación de zonas de exposición y puestos de trabajo, indicando las vías de exposición potencial de los trabajadores, fundamentalmente la exposición por irradiación externa, por inhalación de polvo y por inhalación de radón y los

distintos escenarios que llevan a estas exposiciones.

—Evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores y el público, salvo en el caso de que un estudio asociado a la actividad excluya todo riesgo de exposición significativa.

—Valoración de resultados de la evaluación de dosis, describiendo, en su caso, las acciones correctoras previstas o existentes para reducir las exposiciones, y, de acuerdo con los resultados de la evaluación, indicación de las medidas a adoptar desde el punto de vista de la protección radiológica de los trabajadores y del público, incluyendo la gestión de residuos.

Si la caracterización radiológica de los materiales con presencia de radionucleidos naturales en cualquier etapa del proceso que se lleva a cabo da unos resultados de valores de concentración de radionucleidos inferiores a los de exención, para radionucleidos individualmente considerados o para la mezcla de éstos, indicados en el apartado sobre "Control de la gestión de residuos" de este artículo, se considera que no es necesario llevar a cabo medidas ni estudios adicionales, ya que estos valores suponen unas dosis a los trabajadores y al público inferiores a 300 µSv/a.

Cabina de un avión comercial.

Dosis a los trabajadores

La Unión Europea, consciente de la dificultad de aplicar el título VII de la Directiva 96/29/EURATOM, emitió unas recomendaciones sobre niveles de referencia para lugares de trabajo que consisten en cuatro bandas de valores de dosis, y en la actualidad prevé modificar la directiva incluyendo los valores de límites de dosis a los trabajadores de acuerdo con estas recomendaciones.

Los países miembros de la Unión Europea han adoptado diversas soluciones en cuanto a los niveles de referencia aplicables, ya que algunos han establecido las cuatro bandas recomendadas y otros han considerado el umbral de 1 mSv/año, límite de dosis al público para las prácticas, como nivel de referencia a partir del cual se requiere la adopción de medidas de control de las exposiciones.

Hay que tener en cuenta que el límite de dosis para el público, de 1 mSv/a, considera la exposición a todas las fuentes de radiación de origen artificial, mientras que el que se aplica en los lugares de trabajo en los que hay radionucleidos de origen natural aplicaría únicamente a la exposición a las fuentes naturales de esos lugares de trabajo, independientemente de que esos trabajadores estuvieran expuestos a otras fuentes como miembros del público.

En el caso de las prácticas, se aplican restricciones de dosis que limitan las exposiciones del público debidas a una sola fuente, de forma que, aunque no se consideren otras fuentes, se puede estimar conservadoramente que las dosis totales no superan el valor de 1mSv/a.

Por lo anterior el establecimiento de un umbral de 1 mSv/a, para la adopción de medidas de control ocupacional implica dosis adicionales a las que se establecen para los miembros del público.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se establece un valor de 1 mSv/a como dosis efectiva a partir de la cual es necesario adoptar medidas de control para los trabajadores expuestos a fuentes naturales de radiación.

Si las dosis anuales superasen el valor de 1 mSv se deben aplicar los criterios de la Unión Europea con unos controles de carácter gradual, que son los siguientes:

— < 1mSv/a: no es necesario control regulador
— 1-6 mSv/a: se debe aplicar un nivel bajo de control regulador
— 6-20 mSv/a: se debe aplicar un nivel alto de control regulador
— >20 mSv/a: el proceso no debe estar permitido sin una estimación completa individual

Los criterios radiológicos en términos de dosis efectiva en condiciones de trabajo improbables deben ser los siguientes:

Trabajos de minería y cantería de granito.

— < 6mSv/a: no es necesario control regulador
— 6-20 mSv/a: se debe aplicar un nivel bajo de control regulador
— 20-50 mSv/a: se debe aplicar un nivel alto de control regulador
— >50 mSv/a: el proceso no debe estar permitido sin una estimación completa individual

Estos criterios serían de aplicación a los trabajadores cuyas actividades laborales suponen el almacenamiento o la manipulación de materiales, o la generación de residuos, que normalmente no se consideran radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales. También serían de aplicación a las actividades en que existan exposiciones a la radiación gamma debida a la presencia de sustancias naturales radiactivas en el terreno y en los materiales de construcción de los lugares de trabajo.

Para la estimación de las dosis se deben tener en cuenta todas las vías de exposición en cualquier etapa del proceso que se lleva a cabo.

Radón en lugares de trabajo

Los niveles para la protección frente al Rn-222 tienen dos finalidades, por una parte definir el nivel de intervención y por otra definir cuándo aplicar las correspondientes medidas de protección radiológica. La ICRP y la UE recomiendan que se adopte un mismo valor para ambos propósitos.

Se establece un nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 en sus puestos de trabajo de 400 Bq/m^3 de concentración media anual.

El tipo de acciones de remedio a aplicar y la urgencia en su implantación dependerán de en qué medida las concentraciones de radón excedan el nivel de referencia propuesto, y tendrán la finalidad de reducir dichas concentraciones a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre inferiores al de referencia.

En el caso de los lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público, como son los internados, residencias, hospitales, establecimientos penitenciarios, guarderías, colegios, etc., se establecen los valores límite de concentración de radón aplicables a las viviendas, que se indican en el apartado siguiente. Estos valores no están motivados por la protección de los trabajadores, sino del público que permanece largos periodos de tiempo en esos lugares. En estos casos, la adopción de medidas de protección para los trabajadores no sería necesaria, al estar los valores por debajo del umbral de 400 Bq/m^3.

Radón en viviendas

Igual que en el caso del radón en lugares de trabajo, la situación más favorable sería la reducción de la concentración de este agente en viviendas y edificios de larga permanencia del público a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y, como niveles de protección, se establecen los siguientes:

Edificios construidos

Para edificios ya construidos se propone como nivel de intervención para iniciar acciones de remedio, el recomendado por la Unión Europea de 400 Bq/m^3 de concentración media anual de radón. No obstante podría considerarse la iniciación de medidas de remedio sencillas y económicas a partir de concentraciones medias anuales de 200 Bq/m^3.

Edificios de nueva construcción

Para edificios de nueva construcción, en los que es más sencilla y efectiva la introducción de medidas destinadas a la reducción de los niveles de radón, se propone un nivel objetivo de diseño de 200 Bq/m^3 de concentración media anual de radón.

Este valor coincide con el recomendado por la Unión Europea, que ha sido adoptado casi unánimemente por los países, y fue apreciado favorablemente por el Pleno del CSN en su reunión de 5 de febrero de 2003. El valor se notificó al

Ministerio de Vivienda para su inclusión en el Código Técnico de la Edificación, que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en España en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, aunque de momento no se ha incluido en este código.

Cuando se incorpore en el Código Técnico de la Edificación, el valor será aplicable a todos los edificios, sean viviendas o lugares de trabajo.

Protección radiológica de los trabajadores

En términos generales son aplicables los títulos II y III del Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), con las consideraciones que se indican a continuación.

Criterios básicos

En aquellas actividades en las que no es previsible que el incremento de exposición de los trabajadores supere los valores indicados a continuación, no es necesaria la aplicación de medidas de protección radiológica:

—Exposición ocupacional a radón en concentraciones por debajo de 400 Bq/m^3.

— Resto de actividades: 1 mSv/año.

El titular de la actividad deberá realizar una reevaluación del incremento de exposición cada cinco años para asegurar que se mantiene por debajo de las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

Asimismo deberá realizar esa reevaluación cuando introduzca cambios en la actividad que puedan alterar significativamente la exposición y siempre que obtenga evidencias de que ésta se ha modificado por cualquier otra circunstancia.

Aplicación de los principios sde protección operacional

Con carácter previo a la aplicación de medidas de protección operacional el titular de la actividad deberá justificar que ha adoptado todas las medidas razonablemente posibles para reducir la exposición en las circunstancias existentes.

El titular de la actividad es responsable de que la aplicación de las medidas operacionales de protección y la comprobación periódica de su eficacia así como la calibración, verificación, y comprobación del buen estado y funcionamiento de los instrumentos de medición, se realicen bajo la supervisión de un técnico cualificado en protección radiológica.

Actividades con bajos niveles de exposición

Se consideran incluidas en este apartado las actividades en las que no es previsible que el incremento de exposición de los trabajadores supere los siguientes valores:

—Exposición ocupacional a radón: 1.000 Bq/m^3.

—Resto de actividades: 6 mSv/año.

Se deben aplicar las siguientes medidas de protección:

—Vigilancia radiológica del ambiente de trabajo de acuerdo con lo indicado en el artículo 26 del Real Decreto 783/2001.

—Estimación anual de dosis individuales. Esta estimación puede realizarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica en el ambiente de trabajo.

—El titular de la actividad deberá informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar.

—Registro y notificación de los resultados de dosis de los trabajadores de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 34 a 38 del Real Decreto 783/2001.

Actividades con niveles de exposición significativos

En aquellas actividades en las que el incremento de exposición de los trabajadores supere alguno de los valores indicados en el apartado anterior se aplicarán con carácter general los principios de protección radiológica operacional establecidos en el titulo IV del Real Decreto 783/2001. En la práctica esta aplicación se llevará a cabo de forma gradual, considerando el nivel de exposición, el número de trabajadores afectados y las alternativas de protección existentes.

Control de la gestión de residuos

Para establecer criterios de control de la gestión de residuos radiactivos es necesario definir lo que es un residuo radiactivo. En España esta definición es la dada por la Ley 25/1964, de 29 de abril, reguladora de la Energía Nuclear, modificada por la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

Según esta definición, residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía (actualmente Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

Por este motivo, se han propuesto al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio las concentraciones de actividad que deberían superarse para que los residuos procedentes de estas industrias se consideraran radiactivos o, en caso contrario, gestionarse como residuos convencionales desde el punto de vista radiológico.

Para la gestión de los residuos de actividades laborales con fuentes naturales de radiación se han propuesto los valores recomendados por la Unión Europea sobre niveles para desclasificación, que se recogen en la publicación *Radiation Protection* 122, parte II, *Application of the*

Tabla 1. Niveles de desclasificación/exención en KBq/Kg (Bq/g)

Radionucleido	Todos los materiales	Lodos húmedos de industrias de petróleo y gas
U-238 sec incl. U-235 sec	0,5	5
U natural	5	100
Th-230	10	100
Ra-226+	0,5	5
Pb-210+	5	100
Po-210	5	100
U-235 sec	1	10
U-235 +	5	50
Pa-231	5	50
Ac-227+	1	10
Th-232 sec	0,5	5
Th-232	5	100
Ra-228+	1	10
Th-228+	0,5	5
K-40	5	100

(+) Nucleido en equilibrio secular con sus descendientes de vida corta

concepts of exemption and clearance to natural radiation sources (2001).

Este documento establece valores de concentración de actividad en los materiales y residuos con radionucleidos naturales aplicables a la desclasificación de residuos procedentes de las actividades laborales afectadas. Estos valores se exponen en la tabla 1 y, como ya se ha indicado anteriormente, son coincidentes con los de exención.

En caso de mezcla de radionucleidos, para determinar si la mezcla cumple el nivel de desclasificación/exención, hay que aplicar la regla de la suma de los cocientes entre la concentración del radionucleido presente (C_i) y el nivel de desclasificación (C_{li}) de manera que se verifique la expresión siguiente:

$$\Sigma_{i=1,n}\, C_{i/}\, C_{li} \leqslant 1$$

Además, se considera necesario definir, dentro del marco general de la gestión de los residuos radiactivos, un marco de actuación específico para la gestión de estos residuos cuando superen los niveles de actividad establecidos en las recomendaciones de la UE (RP-122 parte II), de manera que los generadores de estos residuos puedan conocer con claridad sus responsabilidades y las de los posibles gestores intervinientes.

Autoridades competentes

Como se ha indicado, en el título VII no se especifica quiénes son las autoridades competentes que deberían exigir la realización de los estudios y estas autoridades pueden ser diversas, dependiendo del sector laboral de que se trate.

Sin esta exigencia por parte de las autoridades competentes los titulares de estas actividades laborales no están obligados a ninguna actuación específica en el marco del control radiológico, de acuerdo con el RPSRI.

En relación con los estudios sobre actividades laborales en las que existen fuentes naturales de radiación, en todos los países de la Unión Europea, con excepción de España, Portugal y Suecia, la obligación de realizarlos recae directamente en los titulares de estas actividades.

Por ello, se ha propuesto modificar el título VII del RPSRI de forma que recoja la obligación directa de los titulares de las industrias en las que existan fuentes naturales de radiación de realizar los estudios necesarios para determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica, sin necesidad de que sean exigidos, caso a caso, por las autoridades competentes.

En tanto no se modifique el reglamento, se ha remitido un escrito a todas las autoridades con posibles competencias en la aplicación del título VII del RPSRI con los criterios aprobados por el CSN.

Actividades previstas

En relación con la protección frente a la exposición a la radiación natural se prevé llevar a cabo las siguientes actividades:

— Finalización de los estudios piloto en curso y realización de alguno nuevo (industria del gas y del petróleo).

— Elaboración de una propuesta de modificación del título VII.

— Elaboración de las instrucciones y guías que recojan los criterios aprobados por el CSN.

— Desarrollo de los programas de medidas de radón en viviendas necesarios para completar el mapa de radón de nuestro país.

— Continuación de la colaboración con el Ministerio de Vivienda para la inclusión de la protección frente al radón en el Código Técnico de la Edificación.

Información correspondiente al II trimestre de 2008

54
Instalaciones

64
Notificación de sucesos

65
Gestión de emergencias

66
Acuerdos del Pleno

Instalaciones

Centrales nucleares

Almaraz I y II

Durante el segundo trimestre del año 2008, las dos unidades de la central funcionaron al 100% de su potencia, excepto durante el periodo de recarga de la unidad I.

Las actividades de recarga de combustible dieron comienzo el día 13 de abril con la bajada de carga previa a la parada programada del reactor. Tal como estaba previsto, a las 22:00 horas se produjo el desacoplamiento de la red, iniciándose las actuaciones de recarga y mantenimiento propiamente dichas.

Durante las maniobras de llenado de la cavidad de recarga, previa a la carga del núcleo, se produjo un rebose de agua que fue recogido y confinado en los sistemas de tratamiento de la central. El suceso no tuvo impacto radiológico alguno ni en el interior ni en el exterior de la planta, por lo que los trabajos de recarga continuaron desarrollándose con total normalidad.

El día 15 de mayo, tras finalizar las actividades propias de la parada de recarga y mantenimiento, dio comienzo la secuencia de arranque, alcanzándose el modo 3 (disponible caliente) a las 5:30 horas. Al arrancar la bomba de refrigeración del reactor RCP-1, que ya había estado en funcionamiento durante el proceso de calentamiento, se detectaron vibraciones anormales en el eje. Para analizar con detalle el origen de las mismas, se procedió a llevar a parada fría la unidad. Finalmente, el motivo de la anomalía se debió a un error en el centrado del eje de la RCP-1. Dado que se había intervenido también la RCP-3, se realizó la inspección de las dos bombas. Los trabajos finalizaron el día 25, y el día 27 se daba por finalizada la decimonovena parada de recarga.

Ascó I y II

Durante el segundo trimestre de 2008 se registraron los sucesos notificables que se detallan a continuación:

El día 1 de abril, en la unidad I, se produjo la salida del Delta-I de su banda de maniobra durante 13 minutos

Central nuclear de Almaraz.

debido a una reducción automática de potencia nuclear hasta el 88%, originada por la parada de las dos bombas del sistema de refrigeración de las bobinas del estator del alternador principal durante las operaciones de cambio de bomba requerido por el programa de seguimiento predictivo de funcionamiento de equipos. El fallo en el arranque de la bomba B fue motivado por el posicionamiento incorrecto (90º girado) del pulsador de paro situado en la puerta del interruptor eléctrico de la propia bomba. Tras conseguir arrancar la bomba B, se procedió a parar la bomba A. Posteriormente se produjo el paro de la bomba B por el adelanto de la palanca de accionamiento de disparo, por estar girada la carcasa del pulsador de disparo. Esto provocó que al cierre de la puerta del cubículo, se accionase la palanca de disparo mecánico. La parada de esta bomba no produce alarma en sala de control, ni actúa sobre la lógica del disparo eléctrico automantenido de la bomba, por lo que no se genera el arranque automático de la otra bomba. Las medidas adoptadas fueron la eliminación de las patillas de los pulsadores de paro de varios interruptores, modificando así su diseño original, para evitar que cualquier posicionado incorrecto de los mismos pueda ocasionar la imposibilidad de arranque de los equipos. El incidente fue clasificado como 0 en la Escala INES.

Tres días más tarde, el 4 de abril de 2008, se notificó la liberación de partículas radiactivas en áreas exteriores a la zona controlada de la unidad I. El hecho se había detectado el 14 de marzo durante la realización de la vigilancia radiológica semanal en áreas exteriores a la zona controlada, en las proximidades a la puerta de equipos del edificio de contención. En días posteriores se detectaron nuevas contaminaciones en esta zona y más tarde en las terrazas de los edificios adyacentes a la chimenea de descarga continua, que recibe, a través del plenum de la descarga, la salida de los sistemas de ventilación de los edificios de combustible, auxiliar, control y de la purga del de contención y en diversas zonas del emplazamiento, a nivel de calle, cerca de la unidad I. Esta contaminación fue debida a la presencia de partículas de material radiactivo transportado por el sistema de ventilación del edificio de combustible al exterior del mismo, tras la contaminación que se produjo el 26 de noviembre de 2007 durante las actividades de recarga en el edificio de combustible.

Central nuclear de Ascó.

Entre las acciones correctoras implantadas tras la noticación del suceso cabe destacar: la detección y recogida inmediata de material radiactivo de las zonas contaminadas, y la presentación de un plan de actuación a requerimiento del CSN que incluía un programa de vigilancia radiológica de áreas exteriores, edificios y equipos afectados (detección y descontaminación), así como de control de materiales y de control radiológico del personal, puesto en práctica a partir del 9 de abril. Además, Ascó se comprometió a modificar los procedimientos y a realizar las modificaciones de diseño pertinentes para implementar las barreras que impidan la emisión de partículas al exterior. El suceso no supuso ningún efecto radiológico para el personal de la planta o del público, dados los resultados negativos de las verificaciones de contaminación interna realizadas hasta la fecha.

En esta misma unidad, el día 8 de abril, se produjo alarma de alta radiación en el edificio de combustible y se generó la señal de aislamiento de la ventilación correspondiente, tren B, a consecuencia de la actuación del transmisor de radiación TR-2606 al haber alcanzado un valor que superaba el de tarado. La señal no produjo la actuación de seguridad al estar el tren B en descargo mientras se procedía a la ejecución de trabajos de descontaminación relacionados con el suceso anterior y en esos momentos el

sistema de ventilación del edificio de combustible estaba fuera de servicio. El pico puntual de radiación se debió al tránsito por las inmediaciones del transmisor de material radiactivo procedente de los trabajos que se estaban realizando, y pasó a valores normales una vez se alejó el citado material. Entre otras acciones puestas en marcha, se comprobó que los niveles de radiación del edificio eran los mismos que antes del incidente; se determinó que la señal era puntual y obedecía al tránsito de los materiales; se normalizó la alarma y señal de aislamiento del TR-2606; y se recomendó el uso de blindajes para el traslado de los materiales, en la medida de lo posible. Tras el suceso se ha decido revisar el correspondiente procedimiento para añadir una precaución sobre la necesidad del uso de blindajes, si fuera razonable. Este incidente fue clasificado como de nivel 2 en la escala INES.

El 21 de abril, se detectó actividad radiológica en un camión procedente de la central con materiales metálicos para reciclado en el pórtico de entrada de la empresa Hidesa. Se observó que la contaminación no provenía del material metálico de la carga sino de la tierra contaminada localizada en la plataforma de dicho camión. La causa de este suceso fue la deposición de partículas radiactivas en materiales para reciclado ubicados en zonas circundantes a la chimenea de descarga de la unidad I en los días en los que se produjo la emisión de partículas (suceso notificado el 4 de abril), por lo que se procedió a identificar y delimitar la zona contaminada, se recogió la tierra contaminada en bolsas y se devolvió a la central para su tratamiento y análisis. Posteriormente, se han instalado pórticos de control radiológico en la salida de vehículos de la central para el chequeo de los mismos. El suceso no supuso efecto radiológico para el personal de la planta ni para el público y se clasificó como nivel 1 en la escala INES.

El 4 de junio, durante una revisión de los valores de actuación de los monitores de radiación de la sala de control (TR-2601/02) y del edificio de combustible (TR-2605/06), motivada por las investigaciones relacionadas con el suceso de emisión de partículas notificado el 4 de abril, se detectó un error en el procedimiento utilizado para el cálculo de dichos valores, estando ajustados a un valor superior a lo establecido por las ETF en base al fondo real en las diferentes áreas vigiladas. En consecuencia se ha decidido realizar una revisión de los procedimientos de vigilancia relativos a ajustes de instrumentación de vigilancia de la radiación, y de todos los procedimientos para verificar el cumplimiento de las Especificaciones de Funcionamiento y demás documentos oficiales de explotación.

El 28 de junio se produjo una apertura no esperada y cierre incorrecto de una válvula de alivio de presión perteneciente al tren B del sistema de extracción de calor residual (RHR) en funcionamiento, durante la prueba preceptiva de apertura de las válvulas de retención de inyección a ramas calientes del primario en modo 5 (parada fría). La apertura de la válvula de seguridad del RHR se produjo por una oscilación de presión que alcanzó el valor de apertura de la válvula. Tras la apertura, se procedió a aislar el tren B y a arrancar el tren A. La causa del suceso pudo deberse a una sobrepresión en el lazo debida a la posible presencia de bolsas de aire en el mismo. Finalmente, se sustituyó la válvula fallada, y se realizó una inspección de los posibles daños derivados del transitorio de presión. A raíz del suceso se ha previsto revisar el procedimiento aplicable incluyendo una sistemática de actuación en caso de fallo al cierre de las válvulas de seguridad, así como el venteo del sistema. También se ha previsto revisar el plan de mantenimiento de este tipo de válvulas.

En cuanto a la unidad II, el día 10 de mayo, se produjo alarma y aislamiento de la ventilación de la sala de control tren B al activarse una señal espuria del transmisor de radiación TR-2602. Tras comprobarse que no había indicio de que la alta radiación fuera real y que el otro transmisor de radiación de la sala de control no se había alterado, se realizaron las correspondientes tareas de reposición y normalización. Posteriormente, el titular estudió las causas de este suceso y su posible solución, monitorizando en continuo los TR de la sala de control y del edificio de combustible. Del estudio preliminar de este incidente se ha llegado a la conclusión de que el funcionamiento anormal no provino del algoritmo de cálculo de tasa de dosis de radiación sino de la señal de entrada a dicho algoritmo.

El 4 de junio, durante la comprobación periódica de la instrumentación del sistema de regeneración térmica del boro se produjo un error de operación de las estaciones de control del sistema, lo que originó una subida de presión en la línea y la

apertura de la válvula de seguridad. La descarga duró dos minutos, con su descarga conducida al tanque de alivio del presionador, superando el valor establecido en la condición de la ETF 3.4.6.2.d de fuga identificada (37,85 l/m). A raíz de este suceso, se comprobó el cierre de la válvula de seguridad, por lo que se incluirán las instrucciones necesarias en los procedimientos correspondientes para evitar la recurrencia del suceso. Ese mismo día se detectaron tarados de detección erróneos en los transmisores de radiación TR-2601/02/03/04/05/06, suceso idéntico al ocurrido en la unidad I en la misma fecha.

Por último, el 30 de junio, se produjo la bajada de potencia automática de turbina hasta el 70% por parada de una turbobomba de agua de alimentación principal y posterior salida del Delta-I fuera de su banda de maniobra. El disparo de la turbobomba tubo lugar por la perdida de la alimentación eléctrica al centro de potencia 6B4 por la actuación indebida de una sonda de temperatura del trasformador T6AB4 y/o de la tarjeta controladora del transformador T6B4. El *run-back* causó la salida de banda de delta de flujo, por lo que se sustituirá la sonda durante la próxima recarga.

Durante este periodo el CSN acordó informar favorablemente sobre las revisiones de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento número 92 de la central Ascó I y número 91 de Asco II. Estas revisiones fueron aprobadas por resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 5 de mayo de 2008.

El CSN ha realizado durante este periodo un total de once inspecciones a la central.

Cofrentes

Durante este periodo la central permaneció operando a plena potencia, salvo en dos ocasiones en que hubo que realizar paradas no programadas del reactor. La primera de ellas tuvo lugar por un disparo automático por actuación del sistema de protección del reactor al alcanzarse el valor de muy alta escala neutrónica (APRM) como consecuencia del transitorio originado al cerrarse, parcialmente, las válvulas de control de turbina. La segunda se produjo como consecuencia de la apertura inadvertida de una válvula de alivio y seguridad, sin señal automática o manual a una presión por debajo del tarado de alivio, debido a un problema mecánico en la misma que provocó una prealerta de emergencia. Una vez identificado el problema, se procedió a la parada de la central con objeto de cambiar dicha válvula y realizar las comprobaciones y pruebas exigidas en los procedimientos de aplicación. Ambos sucesos han sido clasificados como 0 en la escala INES y no han supuesto liberación alguna de actividad al medio ambiente.

Además, se ha producido una bajada de carga programada mayor de un 20% debida a necesidades de reparación en la turbobomba A de agua de alimentación y otra bajada para reestructuración de barras de control.

Durante este periodo el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la propuesta de modificación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas para adecuarlas a la Instrucción IS-10 del CSN sobre criterios de notificación de las centrales nucleares. Asimismo, el CSN apreció favorablemente una propuesta de cambio al Plan de Emergencias Interior para eliminar el requisito de simulacros fuera de horarios de oficinas.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones en la propia central durante este periodo, además de las que normalmente suelen llevar a cabo los inspectores residentes en la instalación.

Central nuclear de Cofrentes.

Central nuclear de Santa María de Garoña.

José Cabrera

En el segundo trimestre de 2008 la central permaneció parada y desacoplada, con todo el combustible almacenado en la piscina de combustible gastado, tal y como estaba previsto desde el cese definitivo de la actividad el pasado 20 de abril de 2006.

En estos últimos meses se ha continuado con el plan de mantenimiento estipulado para garantizar las condiciones de seguridad del combustible. Además, se han desarrollado diferentes acciones orientadas a la adecuación de la instalación para afrontar las actividades de descarga y traslado del combustible al Almacén Temporal Individualizado (ATI), cuya puesta en marcha fue autorizada el 12 de marzo de 2008 por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Central nuclear de Trillo.

Durante este trimestre se produjo un suceso notificable como consecuencia de la revisión periódica de la grúa pórtico del recinto de contención. La inspección, con ultrasonidos y ensayos matalográficos de laboratorio, detectó una anomalía de la grúa debida a imperfecciones en partes de su material que se decidió reparar.

A pesar de que la anomalía de la grúa pórtico del edificio del reactor no tiene repercusión en el funcionamiento seguro de la planta ni afecta a las personas ni al medio ambiente, el titular de la instalación consideró este hecho importante ya que tiene relación con el futuro movimiento de cargas pesadas sobre la piscina de combustible gastado que se pretende llevar a cabo para trasladar el combustible desde la piscina al Almacén Temporal Individualizado. La reparación ha supuesto únicamente el retraso en las pruebas preoperacionales de la puesta en marcha del ATI.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado una inspección a la central durante este periodo.

Santa María de Garoña

Durante el segundo trimestre del año la central ha operado a plena potencia, con excepción de una reducción de potencia térmica programada que tuvo lugar el día 7 de abril para llevar a cabo el cambio de secuencia de las barras de control y pruebas de Especificaciones de Funcionamiento.

En este periodo se han sometido a la consideración del Consejo de Seguridad Nuclear propuestas de dictamen relativas a los temas siguientes: revisión 16 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas, revisión 17 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas, revisión 15 de las Bases de las mismas, revisión 35 del Estudio de Seguridad, y revisión 11 del Manual de Requisitos de Operación.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones programadas durante este periodo, enmarcadas dentro del Plan Base de Inspección.

Trillo

Durante el segundo trimestre de 2008 la central de Trillo funcionó sin incidencias destacables, salvo la reducción de potencia hasta el 40% debido al disparo de una de las tres bombas de refrigeración del reactor por espurio en un instrumento

de temperatura de dicha bomba. El suceso se produjo a las tres de la tarde del 14 de mayo y a las diez de la noche ya se había vuelto a la plena potencia.

Este periodo estuvo marcado, sobre todo, por la recarga de combustible que tuvo lugar entre los días 27 de marzo y 7 de mayo. Esta recarga estaba prevista para el mes de junio pero como consecuencia de los problemas con la barra de control D41 notificados al CSN, el titular decidió adelantar la recarga, con lo que el nuevo ciclo de operación será de nueve meses.

Durante la parada para recarga de combustible, el 10 de abril, el titular de la planta notificó que durante la revisión de las válvulas con posibilidad de ajuste de *blow-down* se detectó el desajuste de varias. Esta revisión se realizó a raíz del requerimiento de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear a todas las centrales, mediante instrucción técnica, de verificar los ajustes de este tipo de válvulas.

Por otra parte, el CSN ha realizado en este periodo de tiempo 11 inspecciones, nueve de las cuales corresponden al Plan Base de Inspección y las otras son inspecciones fuera de este Plan. Una de ellas para verificar las acciones del titular en relación con los problemas de las barras de control descritos anteriormente, y la otra referente a la inspección suplementaria por el indicador IFSM generador diesel del SISC que se encuentra en blanco.

Vandellós II

Durante este periodo la central ha permanecido operando a plena potencia, salvo durante la parada automática del reactor, ocurrida el 19 de junio y debida a la actuación de una protección del transformador principal, cuyo origen está en un fallo del regulador de tomas del transformador cuando se estaban haciendo pruebas y verificaciones en el mismo.

El Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear ha informado favorablemente la propuesta de modificación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas para adecuarlas a la Instrucción IS-10 sobre criterios de notificación de sucesos en las centrales nucleares.

Aparte de la mencionada parada automática, en este periodo la central ha notificado tres sucesos más al CSN, todos ellos clasificados como 0 en la escala INES. Ninguno de ellos ha supuesto liberación alguna de actividad al medio ambiente.

Central nuclear Vandellós II.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones a la central durante este periodo, además de la trimestral que realizan los inspectores residentes en la instalación.

Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento

Ciemat

El Ciemat continúa con las obras de desmantelamiento y rehabilitación iniciadas hace algún tiempo dentro del denominado Proyecto Integral de Mejora de las Instalaciones del Ciemat, PIMIC. En este plan se incluye el desmantelamiento de todas las instalaciones nucleares que aún quedan, así como la restauración de las zonas y áreas afectadas por las antiguas actividades del centro. No se ha producido ninguna incidencia.

Durante los últimos meses se iniciaron las medidas de verificación radiológica de los materiales potencialmente desclasificables con objeto de proceder a su desclasificación, al tiempo que se continuó con las tareas de intervención en el último de los edificios de la zona este y se iniciaron las tareas de descontaminación y desclasificación de los mismos.

Se han realizado también los sondeos y actividades preparatorias para la caracterización y descontaminación de los depósitos enterrados del edificio del reactor, y se han llevado a cabo las tareas prepa-

ratorias para la descontaminación de paramentos en el edificio del reactor. Del mismo modo que continuaron las tareas de desmantelamiento de la zona de la piscina.

En cuanto al proyecto de rehabilitación del PIMIC, durante el segundo trimestre de 2008 dieron comienzo los trabajos previos para la realización de un estudio hidrogeológico del centro, y continuaron los trabajos de desmantelamiento de la instalación radiactiva IR-13 A y de los depósitos enterrados en la zona oeste del edificio 3.

Por otra parte, el CSN informó favorablemente la modificación de la instalación radiactiva operativa IR-02 sobre el laboratorio de fuentes de verificación para instrumentación y control.

En este período se han realizado cinco inspecciones, dos centradas en la protección radiológica de los trabajadores implicados en las tareas del proyecto PIMIC, una en la seguridad física del centro, otra en su sistema de garantía de calidad y, por último, otra en relación a la puesta en marcha de la instalación radiactiva IR-14 modificada.

Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén)

El emplazamiento restaurado sigue bajo control, sin observarse incidencias. Durante el segundo trimestre de 2008 se realizaron las tres inspecciones previstas sobre hidrología, geología y control general.

Emplazamiento clausurado de la Fábrica de Uranio de Andújar.

Planta Lobo G de la Haba (Badajoz)

La instalación sigue bajo control, sin observarse incidencias. En este periodo se ha realizado la inspección sobre el programa de vigilancia radiológica ambiental. La otra inspección prevista para el 2008 sobre el control general del emplazamiento se ha pospuesto hasta el mes de octubre.

Centro Medioambiental de Saelices el Chico (Salamanca)

Durante este periodo el CSN emitió un informe favorable, con condiciones, a la solicitud de Enusa, Industrias Avanzadas, S.A. de suspender temporalmente el proceso de desmantelamiento de la Planta Quercus, que en la actualidad se encuentra en situación de cese definitivo de explotación. Las actividades de la planta se mantienen sin incidencias, de acuerdo con lo establecido en sus documentos oficiales de explotación.

La planta Elefante, por su parte, prosiguió con las actividades asociadas al programa de vigilancia y control de las aguas subterráneas y de la estabilidad de las estructuras sin incidencias reseñables.

En cuanto a la restauración del emplazamiento minero del Centro, a principios del mes de mayo se dieron por concluidas las tareas relacionadas con los movimientos de tierras, completándose en la actualidad la revegetación de su superficie, una vez finalizada la reconfiguración de las escombreras y el relleno y cierre de los huecos de mina, de acuerdo con lo previsto en el proyecto de restauración. Se han completado, asimismo, las obras de aumento de la capacidad de retención de los sistemas de recogida de aguas de escorrentía de las zonas afectadas por los desbordamientos del mes de mayo de 2007. En el momento actual, dichos sistemas se encuentran plenamente operativos.

En total, durante el período, se han realizado cuatro inspecciones a la planta Quercus, una a la planta Elefante y dos a las explotaciones mineras del Centro. Las inspecciones a la planta Quercus han tenido como objetivo realizar un seguimiento general de las actividades de la instalación, el control de sus sistemas de protección contra incendios, la revisión de sus sistemas de instrumentación y control, la revisión de su programa de vigilancia meteorológica, así como el seguimiento de ciertos parámetros del emplazamiento. La inspección a la planta Elefante ha te-

nido como finalidad realizar un seguimiento del programa de vigilancia y control actualmente en vigor. Las inspecciones a las explotaciones mineras han tenido como objetivo realizar el seguimiento de las actividades de restauración que se llevan a cabo en el emplazamiento y de las obras antes mencionadas sobre el aumento de capacidad de retención de los sistemas de recogida de aguas de escorrentía.

Otras instalaciones mineras

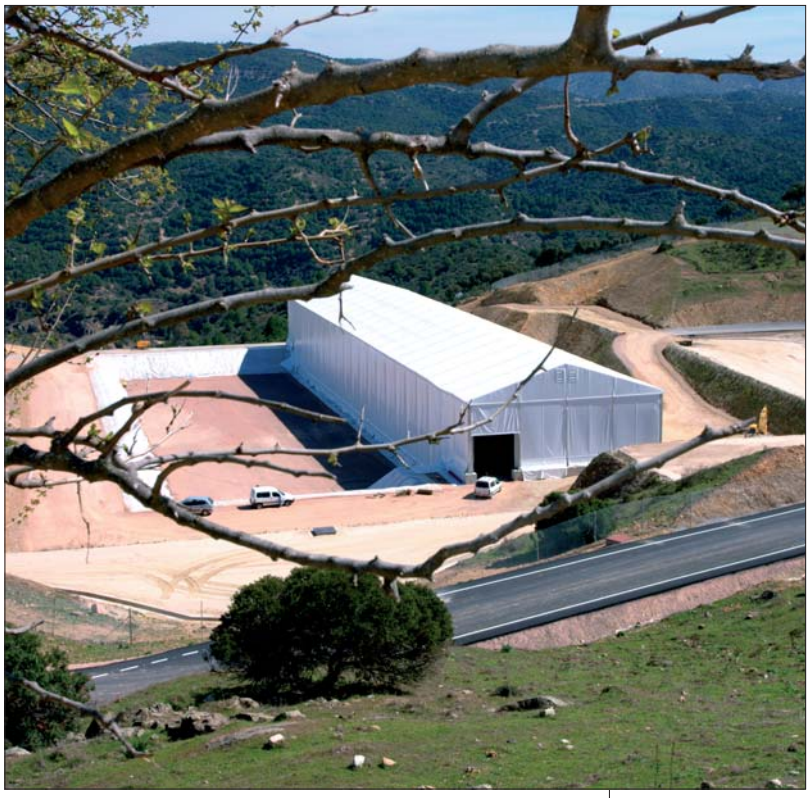
Una vez finalizada la restauración de las minas de Valdemascaño y Casillas de Flores en la provincia de Salamanca, deberá comenzar un periodo de vigilancia y mantenimiento, con una duración mínima de tres años, para lo que el CSN está ultimando la evaluación de los programas propuestos. Así, durante el segundo trimestre se realizó una inspección a cada una de estas minas, con objeto de verificar el estado de las mismas tras finalizar las actuaciones de restauración.

Del mismo modo, durante estos meses se ha realizado una inspección a la antigua mina de uranio denominada Caridad, localizada en la misma provincia, para dar cumplimiento a la solicitud formulada por la Junta de Castilla y León. Los resultados de esta inspección servirán como punto de partida para definir las acciones a realizar, desde el punto de vista de la protección radiológica, en la recuperación del entorno de la mina actualmente en curso.

Centro de almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril (Córdoba)

Durante el segundo trimestre de 2008, la instalación siguió bajo control, sin observarse incidencias significativas. En este periodo, se concluyó la construcción de la primera celda de la instalación para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad, que se encuentra dispuesta para entrar en operación. En igual situación se halla el Edifico Tecnológico y los sistemas auxiliares construidos para dar servicio a dicho almacenamiento. Hechos que coinciden con el informe favorable del Pleno del Consejo, en su reunión del 18 de junio de 2008, sobre la modificación de diseño para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad en la instalación.

En estos meses se realizaron, cinco inspecciones a la instalación centradas en el control sobre la emisión de efluentes, en los aspectos estructurales, especialmente en la construcción de la celda de almacenamiento de residuos de muy baja actividad, en el control de los almacenamientos temporales de residuos y otra en el control general de la instalación. También se asistió al desarrollo del simulacro de emergencia.

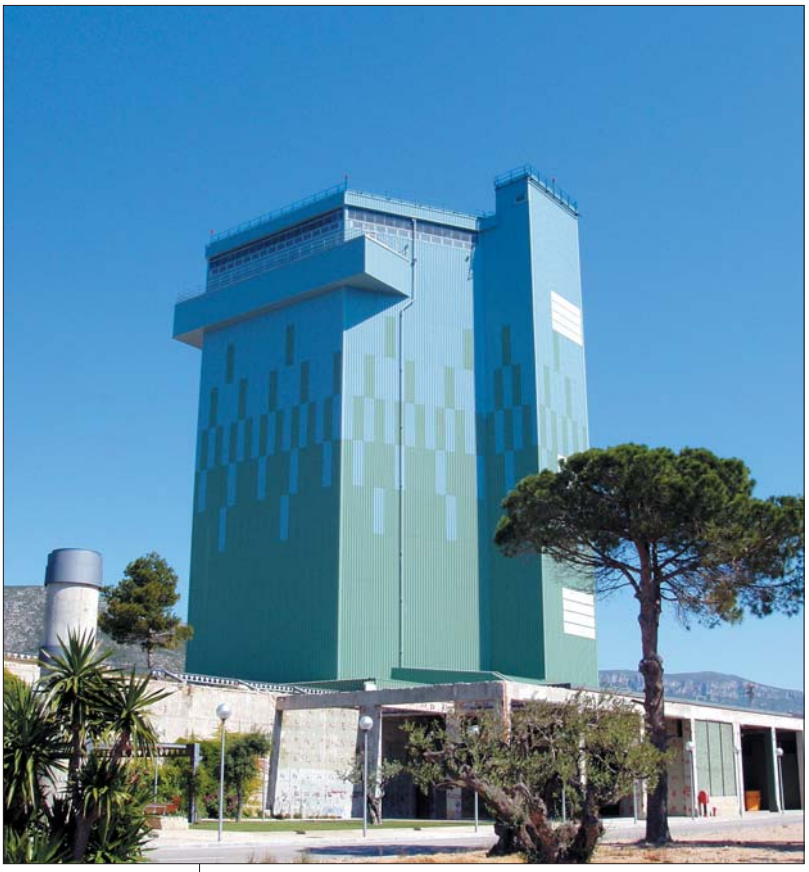


Instalación complementaria para residuos de muy baja actividad en El Cabril.

Fábrica de combustible de Juzbado (Salamanca)

La instalación ha funcionado con normalidad durante todo el trimestre, salvo el suceso notificable que se describe a continuación.

El día 6 de mayo, se produjo la activación de la alarma en un equipo de medida continua de contaminación ambiental debido a una emisión de aerosoles al ambiente en el área de sinterizado PWR, durante una operación de mantenimiento de uno de los hornos. Tras activarse la alarma, los siete trabajadores que se encontraban en el área, abandonaron la zona y se procedió a señalizar las puertas de acceso a la misma con el indicativo de uso obligatorio de máscara, manteniéndose la zona aislada durante dos horas hasta que los valores de la contaminación ambiental volvieron a la normalidad. El Servicio de Protección Radiológica procedió a



Cajón del reactor de Vandellós I.

comprobar la ausencia de contaminación de los siete trabajadores potencialmente afectados, y a través de la medida de los filtros de los equipos de medida ambientales se concluyó que la dosis del individuo más expuesto fue inferior al 2% del límite anual. Posteriormente, los resultados de las determinaciones de contaminación interna que se han realizado a los siete operarios presentes en el área por el Servicio de Dosimetría Autorizado, han dado valor negativo. El suceso, por lo tanto, no supuso consecuencias radiológicas para los trabajadores ni se produjo ninguna emisión al exterior. Tras la limpieza de la contaminación superficial en el área, se reanudaron las operaciones previstas.

Durante este periodo se realizaron inspecciones sobre operaciones de la planta, protección contra incendios, emplazamiento y condiciones meteorológicas adversas, gestión de residuos radiactivos, y experiencia operativa y formación, incluidas en el Programa Base de Inspección. Además se realizó una inspección reactiva debida al suceso notificable mencionado durante el día 6 de mayo.

Se continúa el proceso de evaluación del Análisis Integrado de Seguridad de Juzbado.

Vandellós I

En este período se autorizó la revisión 2 del Reglamento de Funcionamiento de la Instalación, motivada por la modificación de la organización establecida en el emplazamiento para hacer frente a los primeros momentos de posibles emergencias.

En otro orden de cosas, el 7 de marzo se llevó a cabo el simulacro bienal de la instalación consistente en esta ocasión en la simulación de un incendio en el puesto de vigilancia, próximo al depósito temporal de grafito. El desarrollo de dicho ejercicio fue seguido directamente por inspectores del CSN desplazados ex profeso al emplazamiento de la instalación.

Instalaciones radiactivas

Entre el 28 de febrero y el 31 de mayo de 2008 el CSN adoptó diversas actuaciones relativas a las instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas: autorizó la entrada en funcionamiento de 17 nuevas instalaciones, emitió informes favorables para modificar 73 instalaciones previamente autorizadas y dio el visto bueno a la declaración de clausura de otras 16. Del mismo modo, redactó dos informes para la autorización de retirada de material radiactivo, siete informes para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X de radiodiagnóstico médico, ocho relativos a la aprobación de tipo de aparatos radiactivos, y tres informes para la homologación de cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal.

Durante el mismo periodo de tiempo, el CSN ha tomado acciones coercitivas en algunas instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas: remitió nueve apercibimientos a instalaciones radiactivas, de las cuales cuatro se han dirigido a instalaciones industriales, uno a una unidad técnica de protección radiológica, otra a un servicio de protección radiológica, dos a instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico y, por último, otra a una entidad autorizada para actividades previstas en el artículo 74 del RINR. Asimismo se ha acordado la suspensión temporal del funcionamiento de la Unidad Técnica de Protección Radiológica Euro, S.A.

Además de las resoluciones adoptadas y las acciones coercitivas anteriormente enumeradas, el Consejo de Seguridad Nuclear ha emitido dos circulares informativas a todas las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial autorizadas. La primera de ellas sobre los requisitos de diseño de equipos de gammagrafía, para recordar que a partir de finales de mayo de 2008 sólo podrán utilizarse de forma móvil los equipos cuyo diseño cumpla los requisitos de la norma ISO 3999 de 1977 o posterior, debiendo restringir la utilización al interior de recintos blindados de los equipos que no cumplan dicha norma. La segunda acerca de un incidente acaecido en gammagrafía industrial a causa de la utilización de un equipo con fuente de Co-60 en un búnker sin enclavamientos de seguridad operativos e inadecuadas medidas de protección radiológica en la operación.

En esta circular se alerta a los titulares sobre el riesgo que conlleva trabajar en un búnker sin dispositivos de enclavamiento y señalización adecuados, y se insiste en la importancia de que las operaciones se efectúen siguiendo los procedimientos de operación establecidos, cumpliendo los requisitos incluidos en el reglamento de funcionamiento de la instalación y con los adecuados equipos para medida y detección de la radiación.

Seguridad física

En el segundo trimestre del año se ha realizado una inspección al sistema de protección física de la central nuclear Vandellós II y a las instalaciones del Ciemat. Se han establecido, además, los criterios respecto al tratamiento del Plan de Protección Física de las instalaciones nucleares y de las radiactivas de primera categoría, como Documento Oficial de Explotación, tras la modificación del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (Real Decreto 35/2008 de 18 de enero).

Por otra parte, entre los días 22 y 23 de abril de 2008, el CSN organizó junto con el Ministerio del Interior unas jornadas sobre protección física de instalaciones y materiales nucleares y radiactivos destinadas principalmente a los mandos de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y a los responsables de seguridad física.

El CSN también colaboró con el Ministerio del Interior (MIR) y con el Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación (MAEC), en la preparación y celebración de la IV Conferencia Plenaria de la Iniciativa Global contra el Terrorismo Nuclear (IGCTN) celebrada en Madrid del 16 al 18 de junio, (iniciativa creada e impulsada por los Estados Unidos y la Federación Rusa) que, en la actualidad, cuenta con unos 70 países, entre los que figura España. La conferencia fue co-presidida por el secretario de Estado de Asuntos Exteriores y de Cooperación Internacional, Ángel Losada, el Acting Under Secretary of State, J. Roos, y el vice-ministro de Relaciones Exteriores de la Federación Rusa, Sergey Kisyak y se desarrolló de acuerdo con la agenda prevista y scon la participación de delegaciones de más de 50 países. También participaron delegaciones del OIEA, UE (JRC y secretaria del Alto Representante para la Seguridad y la Política Exterior de la UE), la Europol y la Interpol.

Asimismo, el CSN colaboró en la preparación del escenario y en la ejecución del ejercicio asociado a la IGCTN TABLE TOP (TTX 08), realizado el 29 y 30 de mayo en el MIR, en el que además participaron el MAEC, el Centro Nacional de Inteligencia y la Agencia Estatal de Administración Tributaria. El TTX 08 consistió en un ejercicio de inteligencia orientado a verificar la cooperación internacional en la lucha contra el terrorismo nuclear y radiológico, basado en la amenaza de un atentado con una "bomba sucia" (Radioactive Dispersion Device, DDR).

En el contexto internacional se ha participado en la reunión técnica convocada por el OIEA entre el 21 y 25 de abril sobre la confidencialidad de la información relacionada con la seguridad física nuclear y se han organizado unas jornadas de intercambio de información sobre protección física con una delegación de la central nuclear argentina Atucha II, en el marco de un programa de cooperación internacional patrocinado por el OIEA para la construcción y puesta en marcha de la central nuclear mencionada.

Por último, técnicos del CSN participaron como observadores en las inspecciones de la NRC sobre la realización de ejercicios Force On Force en las centrales nucleares norteamericanas de Oconee en Carolina del Sur y Kewaunee en Wisconsin.

Notificación de sucesos

Incidentes en instalaciones nucleares

Durante el segundo trimestre del año se recibieron en la Sala de Emergencias del CSN (Salem) cinco informes de sucesos notificables en una hora y 20 informes de sucesos notificables en 24 horas, de los cuales tres correspondían a la ampliación de la información enviada en los correspondientes sucesos de una hora. En ninguno caso fue necesaria la activación de la Organización de Respuesta a Emergencias (ORE) del CSN.

Durante este periodo también se recibieron tres notificaciones de incidentes en centrales nucleares extranjeras a través del sistema ECURIE (European Community Urgent Radiological Information Exchange) de la Comisión Europea, aunque en ninguno de los incidentes hubo consecuencias radiológicas:

El día 22 de mayo se recibió un mensaje ECURIE de información comunicando un intento de sabotaje en la central nuclear de Oskarshamn (Suecia) sin consecuencias.

El 31 de mayo se recibió un mensaje ECURIE informando del suceso ocurrido en la unidad I de la central de Okiluoto (Finlandia) clasificado como nivel 1 de la escala INES, sin consecuencias radiológicas en el emplazamiento ni fuera del mismo.

El 4 de junio se recibió un mensaje ECURIE de alerta comunicando un accidente en la central de Krsko (Eslovenia), que consistió en la fuga de refrigerante del reactor al edificio de contención sin dar lugar a emisiones al medio ambiente. El CSN cumplió con los protocolos de comunicación del sistema ECURIE enviando el correspondiente mensaje de recepción. Además se informó a las autoridades nacionales a través de los canales oficiales establecidos para este tipo de sucesos.

Sala del Grupo de Análisis Operativo de la Salem.

Incidentes radiológicos

El día 8 de abril se recibió una llamada del jefe de sala del Departamento de Infraestructura y Seguimiento para Situaciones de Crisis (DISSC) de Presidencia de Gobierno informando de que se había tenido conocimiento de un accidente en la planta nuclear de Islamabad (Pakistan), donde murieron dos personas. La Salem se puso en contacto con el Organismo Internacional de Energía Atómica para recabar más información. El accidente se debió a un escape de gas, y no tuvo consecuencias radiológicas.

El día 15 de abril el supervisor de una instalación en la localidad de Móstoles (Madrid) notificó a la Salem la desaparición de un equipo radiactivo para la medida de densidad y humedad que contenía una fuente de CS-137 de 40 mCi y otra de Am-Be de 8 mCi. El CSN emitió una nota de prensa informando sobre el robo, con la descripción de la maleta que contenía el equipo. Dos días más tarde la policía local de Leganés (Madrid) comunicó a la Salem la aparición del equipo cerca de la puerta de un colegio. Se desplazaron al lugar dos técnicos del CSN y el supervisor de la instalación para proceder a su inmediata retirada y comprobaron que la maleta no presentaba signos de manipulación.

El día 28 de abril se recibió en la Salem una llamada de la empresa EMED Tartessus informando de la desaparición de una fuente radiactiva de la instalación minera de Minas de Riotinto, hecho que fue denunciado policialmente.

El día 29 de mayo llegó a la Salem un fax desde el Hospital Clínico San Carlos de Madrid notificando que se había detectado una dosis anormal en el dosímetro de una trabajadora perteneciente al servicio de oncología del hospital.

El día 30 de junio se recibió una llamada telefónica en la Salem del inspector de la encomienda en Galicia que comunicó un accidente en el kilómetro 473 de la A-6 de una furgoneta de la empresa ETSA que transportaba radiofármacos (flúor-18) al

hospital Clínico de Santiago de Compostela. El conductor y la carga no sufrieron ningún daño y esta última fue trasladada a su destino por un vehículo de sustitución.

Gestión de emergencias

Activación ORE

Durante este periodo no ha sido necesario activar en ningún momento la Organización de Respuesta ante Emergencias del CSN.

Planes de emergencia

El CSN ha informado favorablemente el Plan de Actuación del Grupo Radiológico del Plan de Emergencia Nuclear Exterior de la central nuclear de Almaraz, (Penca).

Se han firmado acuerdos de cesión de equipos entre el CSN y las subdelegaciones del Gobierno de Cáceres y Guadalajara por los que se han distribuido 540 y 465 dosímetros de lectura directa (DLD's) respectivamente, propiedad del CSN, en diferentes ubicaciones estratégicas de los planes de emergencia exterior Pengua y Penca.

Asimismo, se han organizado y participado en diferentes actividades formativas asociadas al manejo de los nuevos DLD's asignados a los planes de emergencia en la sede del CSN y en determinadas provincias con centrales nucleares.

Preparación ante emergencias

Durante este periodo el CSN ha participado desde la Salem en tres simulacros anuales preceptivos de los Planes de Emergencia Interior (PEI) correspondientes a la central de Santa María de Garoña, Cofrentes y al Centro de Almacenamiento de Residuos de El Cabril. Los simulacros se realizaron con un escenario secuencial de supuestos previamente desconocido, tanto para la mayor parte de actuantes de las instalaciones, como del propio CSN.

Estos simulacros fueron presenciados *in situ* por inspectores del CSN y contaron con el personal necesario de la Salem para afrontar dichas situaciones de emergencia simulada, a la que se incorporaron, en el caso de Cofrentes, técnicos de la Autoridad de Seguridad Nuclear de Francia (ASN) como observadores. En todos los simulacros de las centrales nucleares se activaron el Centro de Apoyo Técnico (CAT), así como el Centro de Coordinación Operativa (CECOP) de los Planes de Emergencia Nuclear Exteriores.

Asimismo, el CSN ha participado activamente en la preparación del escenario y las comunicaciones del ejercicio CPX08 liderado por la Unidad Militar de Emergencias-UME (nivel 3 nacional), que forma parte del Programa Anual de Ejercicios y Simulacros del CSN como Ejercicio de Coordinación Externa (ECOREXT 08). El ejercicio se basó en el escenario de un gran incendio forestal que alcanzaba a la zona de planificación de emergencia de la central nuclear de Cofrentes. El CSN ensayó las comunicaciones entre la Salem y el JOC (Joint Operation Center) de la UME.

Durante este periodo se ha participado en un ejercicio EMERCON (ConvEx 2b) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que tuvo lugar el día 27 de mayo. En este tipo de ejercicio el IEC (Incident and Emergency Center del OIEA) invita a la autoridad competente de cada país a participar en un simulacro en una fecha conocida. En el simulacro el IEC envía una serie de mensajes describiendo las condiciones de un determinado escenario de accidente y los países participantes deben completar los formatos disponibles en la web ENAC.

En el ejercicio ConvEx-2b el CSN participó activando parcialmente la ORE. El escenario simulado, enviado por el IEC del OIEA, se basaba en el descarrilamiento de un tren en un puente al paso por una zona industrial de una ciudad, que originaba numerosos heridos. En consecuencia, se veían afectados varios vagones del tren y en algunos de ellos se transportaba material químico y en otros radiactivo. El CSN adaptó el escenario a las condiciones nacionales y envió respuesta al OIEA a través de los formatos correspondientes, identificando las acciones y medidas de protección que se realizarían con el fin de proteger a la población y mitigar las consecuencias.

Por otra parte, el CSN ha intervenido en el V Curso de Especialistas NRBQ Nivel III de la Guardia Civil, mediante la impartición de materias sobre planificación, preparación y respuesta ante emergencias nucleares y radiológicas y sobre el sistema

Sala de dirección de la Salem.

nacional de seguridad física de actividades, materiales e instalaciones nucleares y radiológicas.

En el marco del acuerdo específico firmado con la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior, se ha coordinado con la Escuela Nacional de Protección Civil la celebración de dos ediciones del curso general de formación de actuantes en emergencias nucleares. Los dos cursos se impartieron en los meses de abril y mayo con una asistencia de 44 alumnos de diferentes colectivos (UME, Guardia Civil, Cuerpo Nacional de Policía, técnicos de Protección Civil del Estado y de diferentes autonomías, cuerpos de salvamento y rescate, sanitarios, etc.).

En el segundo trimestre del año, fueron presentados el Plan de Actuación, la Organización de Respuesta ante Emergencias y la Salem del CSN, a una representación de la central nuclear argentina Atucha II, a una delegación de la Encomienda de la Región de Murcia y a una representación técnica de la ASN de Francia.

En cuanto a actividades internacionales, el CSN ha participado en la tercera reunión del Working Group Emergency Preparedness and action Level en la que se trató del establecimiento de criterios homogéneos de actuación en emergencias a nivel europeo y en la 29 reunión del CRPPH Working Party on Nuclear Emergency Matters de la NEA/OCDE que incluyó una reunión con el grupo de trabajo sobre las implicaciones de las nuevas recomendaciones de la ICRP.

Acuerdos del Pleno

Informe favorable a la modificación de diseño para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad en El Cabril

El pleno del Consejo, en su reunión del pasado 18 de junio, acordó informar favorablemente la modificación de diseño para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad en El Cabril. El alcance y relevancia de esta resolución implica la modificación de los límites y condiciones sobre seguridad nuclear y protección radiológica del Centro de Almacenamiento de El Cabril, así como la inclusión de otras instrucciones técnicas complementarias. Adicionalmente, se aprobó la emisión de una Instrucción Técnica de la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR), en relación con la finalización de determinados estudios y la revisión posterior del Estudio de Seguridad.

La instalación nuclear de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de Sierra Albarrana (Centro de Almacenamiento de El Cabril) dispone desde el año 2001 de autorización de explotación. Cinco años después, el día 14 de febrero de 2006, la Dirección General de Política Energética y Minas, tras la apreciación favorable del CSN, aprobó la ejecución y montaje de una instalación complementaria específica para los residuos de muy baja actividad, dentro de la finca El Cabril, propiedad de Enresa, compuesta por cuatro celdas de almacenamiento (que configurarán la denominada Plataforma Este)

y un edificio tecnológico auxiliar para actividades de acondicionamiento de los residuos de muy baja actividad, situado en la zona de los actuales módulos de almacenamiento temporal.

Tras la autorización de la ejecución y montaje de la modificación, Enresa construyó el edificio tecnológico y la primera de las celdas previstas. Las siguientes tres celdas serán construidas a medida que vayan completándose cada una de ellas.

El actual informe aprobado por el Pleno del CSN viene a autorizar la modificación solicitada en cumplimiento con lo establecido en el artículo 25 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, así como a aprobar las revisiones de los documentos oficiales de explotación que puedan resultar afectados por el funcionamiento de la modificación propuesta.

Guía de seguridad sobre el Plan de Gestión de Residuos Radiactivos

En su reunión del 14 de mayo, el Pleno del Consejo aprobó la guía de seguridad GS-09.03 sobre *Contenidos y criterios para la elaboración de los planes de gestión de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares,* en los términos presentados por la Oficina de Normas Técnicas (OFNT).

La guía tiene por objeto establecer el alcance y contenido del plan de gestión de residuos radiactivos (documento oficial de explotación requerido por los artículos 20 y 30 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas), definir los estudios soporte necesarios, así como la información periódica a presentar al CSN sobre las actividades relacionadas con los requisitos asociados a las autorizaciones de explotación.

Proyecto de Real Decreto sobre la vigilancia y control de los traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado

El Pleno del Consejo, en su reunión del 14 de mayo, aprobó el informe de contestación al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en relación con el proyecto de real decreto sobre la vigilancia y control de los traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado, por el que se traspone a la normativa española la Directiva 2006/117/EURATOM, en los términos propuestos por la Secretaría General.

La Directiva 2006/117/EURATOM revisa la Directiva 92/3/EURATOM, al objeto de tener en cuenta la experiencia adquirida, abordando situaciones inicialmente no previstas, tratando de simplificar el procedimiento establecido para el traslado de residuos, y garantizando la coherencia con otras disposiciones comunitarias e internacionales más recientes; especialmente con la Convención Conjunta y la Directiva 2003/122/EURATOM sobre el control de fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de fuentes huérfanas.

El proyecto de real decreto ha sido elaborado en un grupo de trabajo en el que han participado representantes del CSN.

Exención de ETF y RF en la central de Trillo

En su reunión del 29 de abril, el Pleno del Consejo aprobó la exención temporal de varios requisitos de vigilancia de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) y del Reglamento de Funcionamiento (RF) de la central nuclear de Trillo.

El titular de la instalación solicitó la exención debido al adelanto en la parada de recarga programada para 2008 tras los trabajos exigidos por el atascamiento de una barra de control y los trabajos asociados. Este adelanto imposibilitó materialmente la realización de diversos requisitos de vigilancia de ETF, en las condiciones requeridas, y de un apartado del RF sobre plazos de envío de documentación sobre la recarga, sin que ello supusiera merma alguna desde el punto de vista de la seguridad.

El Pleno consideró que la situación planteada no incidía en el mantenimiento de la seguridad de la central, por lo que aprobó la exención de algunas ETF y RF con condiciones.

Procedimiento para la autorización de equipos y fuentes de la instalación radiactiva Sincrotrón Alba

El pasado 29 de abril el Pleno del Consejo acordó informar favorablemente la autorización propuesta por el Servicio de Coordinación de Actividades Radiactivas (SCAR) de la Generalidad de Cataluña relativa al funcionamiento del Laboratorio de Luz Sincrotón (CELLS).

En concreto, la propuesta tenía por objeto autorizar varios equipos y fuentes de la instalación de investigación y docencia (Sincrotrón Alba) de segunda categoría: un acelerador lineal (Thales Communications) y fuentes encapsuladas (Cs-137, Am-241/Be).

El Pleno del Consejo consideró que la propuesta cumple con la normativa y las disposiciones aplicables, según se desprende del análisis y valoración de las evaluaciones realizadas.

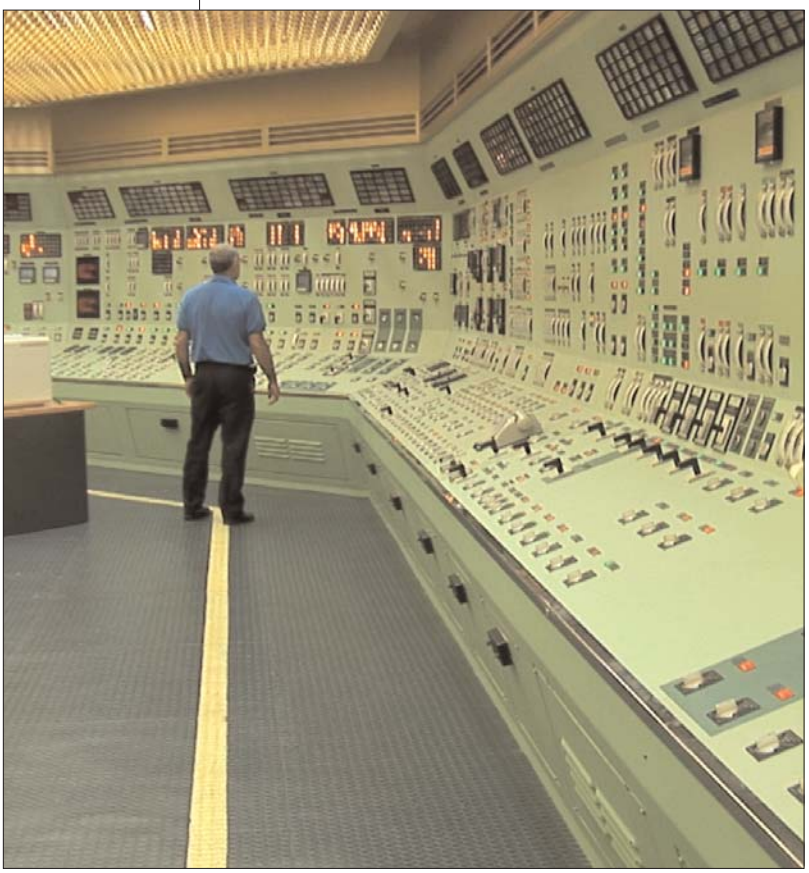
Aprobación de la propuesta de caracterización radiológica realizada por el Ciemat en Palomares

En su reunión del 29 de abril, el Pleno del Consejo decidió aprobar la propuesta de actuación en relación con el informe sobre caracterización radiológica superficial realizado por el Ciemat en las zonas afectadas por el accidente de Palomares.

Dicho informe hace referencia a las actividades desarrolladas por el Ciemat durante el segundo semestre del año 2007 en el proyecto de caracterización radiológica tridimensional de los terrenos afectados de Palomares, en el marco del Plan de Vigilancia Energética y Medioambiental en materia de vigilancia radiológica.

De acuerdo con el informe, en el año 2007 se ha finalizado la caracterización radiológica extensiva (660 hectáreas) y detallada (40 hectáreas de las zonas 2, 3 y 6 identificadas como afectadas en la caracterización extensiva).

Sala de control de una central nuclear.



El informe concluye que los terrenos que presentan concentraciones de Am-241 que superan alguno de los criterios de restricción de uso se encuentran en los terrenos expropiados de las zonas 2 y 3, y se confirma que la contaminación se extiende a unas 10 hectáreas adicionales y a una franja de unas 20 hectáreas en la Sierra Almagrera, que deberían ser sometidas a restricción total de uso.

El Pleno del Consejo consideró que las zonas con restricciones de uso propuestas por el Ciemat son adecuadas, ya que su estimación está de acuerdo con los requisitos y concentraciones de plutonio y americio establecidos por el CSN.

Exención del apartado décimo de la Instrucción IS-2 en la central de Trillo

El Pleno del Consejo decidió aprobar por unanimidad la exención del cumplimiento del apartado décimo de la Instrucción IS-02, relativa a la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera a la central nuclear de Trillo, en su reunión del 16 de abril de 2008.

El titular solicitó la exención del cumplimiento de la mencionada Instrucción, en lo referido a los plazos de envío de documentación al CSN, ya que con motivo de las actividades que se estaban realizando para analizar las causas y la problemática asociada a la barra de control atascada, se decidió adelantar la recarga de combustible prevista inicialmente para principios de junio de 2008.

La exención al cumplimiento de la IS-02 está contemplada en el apartado 12 de la misma, en el que se fijan las condiciones para su concesión. El Pleno consideró que la exención solicitada estaba justificada por la reducción del alcance de los programas de inspección en servicio, mantenimiento preventivo y modificaciones de diseño, respecto a lo inicialmente previsto para la recarga de junio de 2008, sin que ello suponga ninguna merma para la seguridad, y que ninguna actividad inicialmente prevista y relevante desde el punto de vista de la seguridad se vea suprimida. Aún así, indicó que se haría un seguimiento continuado y reforzado de los trabajos de la recarga por parte de la Inspección Residente y el CSN.

En esta ocasión, la recarga de combustible en la central de Trillo se ha realizado para un plazo de nue-

ve meses, en lugar de los 12 meses que suele durar el ciclo normal, previéndose otra parada en febrero de 2009.

Seguimiento de la central Ascó I tras la detección de partículas radiativas en la instalación

El día 4 de abril el titular de la central Ascó I notificó al CSN el suceso relativo a la detección de contaminación radiactiva en el interior y exterior de la central, cuyo origen se asocia a las operaciones de limpieza en el edificio de combustible realizadas durante la última recarga de la unidad I.

En los días sucesivos, entre el 5 y el 7 de abril, el CSN realizó una inspección reactiva en la que además de realizar mediciones independientes, se recabó información sobre los alineamientos del sistema de ventilación desde la ocurrencia de los hechos, el desarrollo del programa de limpieza y descontaminación, la cronología de las vigilancias radiológicas realizadas por el titular, la detección de las partículas radiactivas, el inventario recogido y estimación del vertido, la caracterización físico-química y radiológica de las partículas, y la evaluación del impacto radiológico.

Tras los informes de los directores técnicos, el Pleno del Consejo, en su reunión del 14 de abril, decidió reclasificar el suceso, inicialmente clasificado el día 7 de abril de 2008, de manera preliminar, como nivel 1 en la escala INES, a nivel 2 en la mencionada escala, por aplicación del factor adicional de "deficiencias en la cultura de seguridad", considerando que se dan las circunstancias previstas en el Manual INES para la aplicación de este factor adicional agravante.

El Pleno del Consejo tomó nota asimismo de la información de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear (DSN) sobre conclusiones de la inspección reactiva a la central de Ascó y de la intención del CSN de iniciar inmediatamente una campaña de vigilancia radiológica independiente que complemente las medidas que ya realizó el día 5 de abril en el exterior de la instalación con un equipo de inspectores.

El Pleno del Consejo, evaluando la situación en su conjunto, acordó por unanimidad:

–Que se diera prioridad a la realización de la campaña especial de vigilancia radiológica en el exterior de la central, a la formalización del acta de inspección realizada en la central del 5 al 7 de abril de 2008, y las actuaciones posteriores necesarias para la propuesta de sanción al titular.

–Que se designara un grupo de trabajo específico presidido por un consejero del CSN para estudiar en detalle, modelizar los escenarios y analizar los supuestos retrospectivos aplicables a la estimación radiológica del suceso, así como para seguir profundizando en los diferentes aspectos técnicos y radiológicos del mismo.

–Que la Inspección Residente del CSN en la central efectuara un seguimiento de los controles de contaminación a las personas que estaba realizando el titular.

–Que la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR) realizara un control independiente de las medidas de contaminación a personas ya realizadas por el titular, de acuerdo con la metodología que la DPR determinase.

Central nuclear Asco I

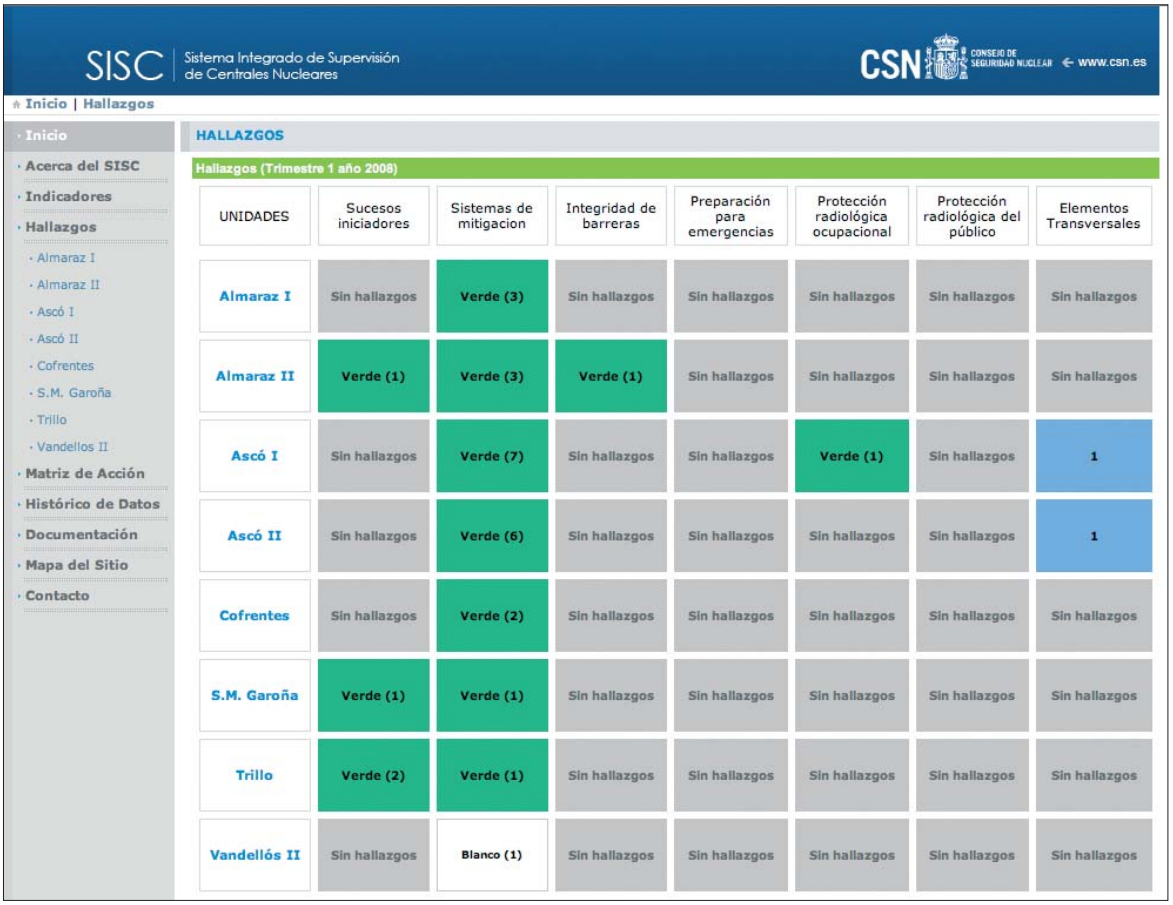
Datos del primer trimestre de 2008*

Durante el periodo, las centrales nucleares acumularon 32 hallazgos de inspección que el CSN ha categorizado en 31 ocasiones con el color *verde*, indicativo de una muy baja importancia para la seguridad, y en una ocasión como *blanco* (entre baja y moderada) en Vandellós II. Además, Ascó registró un hallazgo transversal, común a las dos unidades, que afecta al Programa de Acciones Correctivas y se mantendrá durante un año más.

Los indicadores de funcionamiento también se clasificaron en *verde*, con la excepción de tres *blancos* en Ascó II, Trillo y Vandellós II que, en todos los casos, vienen de situaciones ya identificadas en trimestres anteriores. Ascó II registró un indicador *blanco*, desde el cuarto trimestre de 2007, por la ocurrencia de cuatro paradas no programadas en el último periodo de 7.000 horas con el reactor crítico, de las cuales tres ya no se tendrán en cuenta el trimestre próximo, por lo que el indicador volverá a *verde*. Trillo también mantiene un *blanco* desde el trimestre pasado, y Vandellós II otro desde el segundo trimestre de 2007.

En vista de los resultados anteriores, la fotografía del primer trimestre de 2008, situó a Ascó II y Trillo en la segunda columna de la matriz de acción correspondiente a *respuesta reguladora*. Por su parte, Vandellós II se situó en la tercera columna de la tabla, correspondiente a un *pilar degradado*, al registrar un indicador y un hallazgo *blancos* en el mismo pilar. La situación en la columna de *pilar degradado* implica que la central deberá realizar una autoevaluación para identificar la causa raíz de los problemas colectivos, cuya realización será supervisada por el CSN.

Con todos los hallazgos e indicadores de color *verde*, las cinco unidades restantes (Almaraz I y II, Ascó I, Cofrentes y Santa María de Garoña) se colocaron en la columna de *respuesta del titular*.



UNIDADES	Sucesos iniciadores	Sistemas de mitigacion	Integridad de barreras	Preparación para emergencias	Protección radiológica ocupacional	Protección radiológica del público	Elementos Transversales
Almaraz I	Sin hallazgos	Verde (3)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos
Almaraz II	Verde (1)	Verde (3)	Verde (1)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos
Ascó I	Sin hallazgos	Verde (7)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Verde (1)	Sin hallazgos	1
Ascó II	Sin hallazgos	Verde (6)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	1
Cofrentes	Sin hallazgos	Verde (2)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos
S.M. Garoña	Verde (1)	Verde (1)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos
Trillo	Verde (2)	Verde (1)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos
Vandellós II	Sin hallazgos	Blanco (1)	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos	Sin hallazgos

* El último disponible al cierre de esta edición

- Inicio
- Acerca del SISC
- Indicadores
  - Almaraz I
  - Almaraz II
  - Ascó I
  - Ascó II
  - Cofrentes
  - S.M. Garoña
  - Trillo
  - Vandellos II
- Hallazgos
- Matriz de Acción
- Histórico de Datos
- Documentación
- Mapa del Sitio
- Contacto

desplegar submenu Indicadores

INDICADORES

Indicadores (Trimestre 1 año 2008)

	Sucesos iniciadores			Sistemas de mitigacion						Integridad de barreras		Preparación para emergencias			Protección radiológica	
	I1	I3	I4	M2	M1A	M1B	M1C	M1D	M1E	B1	B2	E1	E2	E3	O	P
Almaraz I	V	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Almaraz II	V	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Ascó I	V	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Ascó II	B	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Cofrentes	V	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
S.M.Garoña	V	V	V	V	V*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Trillo	V	V	V	V	B*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V
Vandellós II	V	V	V	V	B*	V*	V*	V*	V*	V	V	V	V	V	V	V

(*) El color resultante corresponde al valor calculado en el trimestre anterior, ya que los datos de este indicador se entregan retrasados un trimestre

- Inicio
- Acerca del SISC
- Indicadores
- Hallazgos
- Matriz de Acción
- Histórico de Datos
- Documentación
- Mapa del Sitio
- Contacto

MATRIZ DE ACCIÓN

Matriz de acción (Trimestre 1 año 2008)

Respuesta Titular	Respuesta Reguladora	Pilar Degradado	Degradaciones Múltiples	Funcionamiento Inaceptable
Almaraz I	Ascó II[1]	Vandellos II[3]		
Almaraz II	Trillo[2]			
Ascó I				
Cofrentes				
S.M. Garoña				

[1] Ascó II se encuentra en la columna de Respuesta reguladora porque desde el tercer trimestre de 2007 se categorizó como BLANCO un hallazgo de inspección en el pilar de seguridad de Integridad de Barreras y el Indicador de Funcionamiento de Paradas instantáneas no programadas, perteneciente al pilar de seguridad de Sucesos Iniciadores, se mantiene BLANCO en el primer trimestre de 2008

[2] Trillo se encuentra en la columna de Respuesta reguladora porque el Indicador de Funcionamiento de Sistemas de Mitigación de los generadores diesel, perteneciente al pilar de seguridad de Sistemas de Mitigación, se mantiene en BLANCO en el primer trimestre de 2008

[3] Vandellós 2 se encuentra en la columna de Pilar degradado porque en el primer trimestre de 2008 se mantiene en BLANCO el Indicador de Funcionamiento de Sistemas de Mitigación, correspondiente a los generadores diesel, y ha resultado BLANCO un hallazgo de inspección sobre deficiencias del sistema de agua fría esencial (GJ), ambos pertenecientes al pilar de seguridad de Sistemas de Mitigación

Columna de respuesta del Titular

Una central está en esta columna cuando todos los resultados de la evaluación están en verde. El CSN mantendrá el programa base de inspección y las deficiencias que se identifiquen se tratarán por el Titular dentro de su programa de acciones correctoras.

Columna de respuesta reguladora

Una central está en esta columna cuando tiene uno o dos resultados blancos, sea indicador de funcionamiento o hallazgo de inspección, en diferentes pilares de la seguridad y no más de dos blancos en un área estratégica.

Columna correspondiente a un pilar degradado

Se considera que un pilar está degradado cuando existen en el mismo dos o más resultados blancos o uno amarillo. Una central está en esta columna cuando tiene un pilar degradado o tres resultados blancos en un área estratégica.

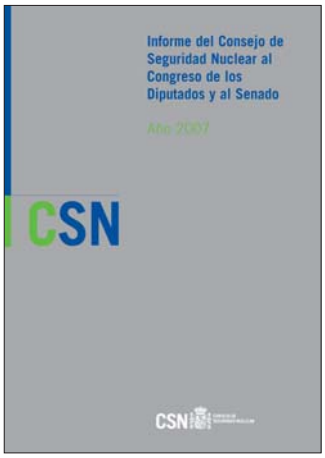
Columna correspondiente a múltiples/repetitivas degradaciones

Una central se encuentra en esta columna cuando tiene varios pilares degradados, varios resultados amarillos o un resultado rojo, o cuando un pilar ha estado degradado durante cinco o más trimestres consecutivos.

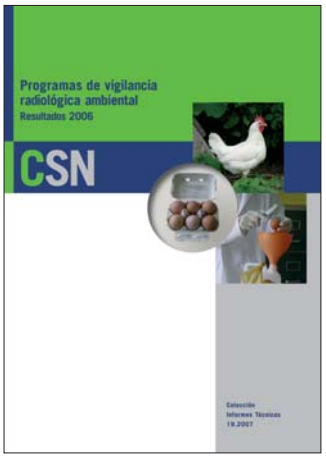
Columna de funcionamiento inaceptable

El Consejo coloca en esta situación a una central cuando no tiene garantía suficiente de que el Titular es capaz de operar la central sin que suponga un riesgo inaceptable.

PUBLICACIONES



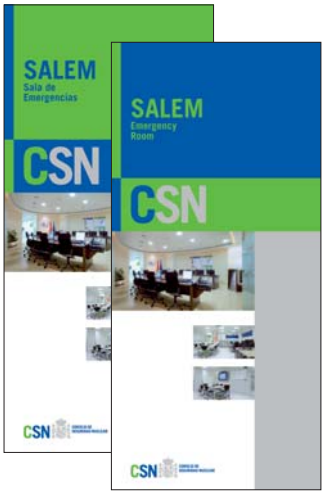
Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado
Año 2007



Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 2006

Evolución del papel y la imagen del regulador en la gestión de residuos radiactivos

Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN
Operación y resultados
Años 2004 y 2005



SALEM
Sala de emergencias

SALEM
Emergency Room

---

aLFa Revista de seguridad nuclear y protección radiológica

Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel. Fax

Dirección

CP Localidad Provincia

Fecha Firma

Enviar a **Consejo de Seguridad Nuclear — Servicio de Publicaciones.** Pedro Justo Dorado Delmans, 11. 28040 Madrid. Fax: 91 346 05 58.

La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el *Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear*. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.

Pedro Justo Dorado Dellmans 11
28040 Madrid (España)
www.csn.es

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

aLFa/ Número 3 / III trimestre 2008