

Revista del CSN / Número 27  
II Trimestre 2003

# Seguridad Nuclear



**La seguridad nuclear  
en la Unión Europea**

**La nueva reglamentación  
de transporte de material radiactivo**

**La protección al radón en el Código  
Técnico de la Edificación (CTE)**

**Otto Hahn**

**Seguridad Nuclear**

Revista del CSN  
Año VIII / Número 27  
II Trimestre 2003

**Directora**

María-Teresa Estevan Bolea

**Comité de redacción**

José Ángel Azuara Solís  
Julio Barceló Vernet  
Carmen Martínez Ten  
Paloma Sendín de Cáceres  
Antonio Morales Plaza  
Ana Villuendas Adé

**Consejo de  
Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11  
28040 Madrid  
Tel.: 91 346 04 24  
Fax: 91 346 05 58  
www.csn.es

**Coordinación editorial**

Senda Editorial, S.A.  
Isla de Saipán, 47  
28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50  
Fax: 91 316 91 77

**Impresión**

Grafistaff, S.L.  
Avenida del Jarama, 24  
Polígono Industrial  
de Coslada  
28820 Coslada (Madrid)  
Tels.: 91 673 77 14  
91 673 77 97  
Fax: 91 669 11 37

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M-31281-1996

Portada: Turbina I (José  
Ribera Moreno)

Las opiniones y conceptos recogidos en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista *Seguridad Nuclear* los comparta necesariamente.

**Editorial**

**Artículos técnicos**

2 La seguridad nuclear en la Unión Europea  
☛ María-Teresa Estevan Bolea

10 La nueva reglamentación de transporte de material radiactivo: bultos tipo B, bultos tipo C y material radiactivo de baja dispersión  
☛ E. Rubio, F. Zamora, S. Suárez y C. Enríquez.

16 La protección al radón en el Código Técnico de la Edificación (CTE)  
☛ B. Frutos, J.P. García, J.L. Martín, M. Olaya, J.I. Serrano, E. Suárez, J.A. Fernández y F. Rodrigo

**Artículos divulgativos**

23 Control de las instalaciones radiactivas en España

26 Inspecciones en las centrales nucleares en operación

28 Instrucción del CSN nº 5

**Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva**

37 Otto Hahn

**Actualidad**

39 Centrales nucleares / Acuerdos del Consejo / Instalaciones del ciclo y desmantelamiento / Actuaciones en emergencias / Instalaciones radiactivas / Investigación y desarrollo /

**Noticias breves**

**Resúmenes**

# Editorial

# E

ITER es una iniciativa internacional y representa un gran paso en la I+D+T de las nuevas opciones energéticas. El objetivo de ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) es demostrar la viabilidad científica y tecnológica del uso pacífico de la energía nuclear de fusión.

Concebido a finales de la década de los ochenta en respuesta a la propuesta presentada por la Unión Soviética en la Cumbre de Ginebra de 1985, e impulsado en particular por los presidentes Reagan y Gorbachov, el proyecto vio la luz en 1992 con la firma de un acuerdo entre los Estados Unidos, la Federación Rusa, la Unión Europea y Japón.

Como consecuencia del voto negativo del Congreso estadounidense, por razones vinculadas tanto al coste previsto del proyecto como a la política de investigación en materia de fusión y a la política energética, los Estados Unidos decidieron retirarse del proyecto ITER. La retirada se hizo efectiva en 1999, y el 30 de enero de 2003 se han reincorporado.

Por otra parte, Canadá y Kazajistán se incorporaron al acuerdo, participando en su ejecución a través de la Unión Europea y de Rusia, respectivamente. Ahora China también ha confirmado su incorporación.

Existen tres fuentes de energía que, de forma alternativa a las energías fósiles, contribuyen o pueden contribuir al abastecimiento energético de nuestras sociedades sin emisiones importantes de gases de efecto invernadero: las energías renovables, la energía de fisión nuclear y la energía de fusión nuclear.

La fusión, que es el origen de la energía irradiada por el sol y las demás estrellas, es, con mucho, la más extendida en el universo, pero, de las tres fuentes de energía no fósiles mencionadas, es la menos desarrollada. No obstante, debido a sus características potencialmente beneficiosas para el medio ambiente, la seguridad de funcionamiento y la disponibilidad de combustible, la energía de fusión es objeto de investigación en la mayoría de los países industrializados y en los principales países en vías de desarrollo.

La fusión nuclear es un sector importante de la investigación energética comunitaria, y ha sido, en cierto modo, una precursora del espacio europeo de investigación. De hecho, al realizarse en el marco de los programas comunitarios desde hace unos treinta años, la integración de todas las actividades europeas de fusión ha contribuido considerablemente a alcanzar la posición mundial de excelencia de que disfruta la investigación europea en este ámbito.

La investigación de la fusión y la utilización de una fuente de energía "duradera" son retos a los que se enfrenta el conjunto de las sociedades. La mejor ilustración de esto lo constituye la lista de países que han manifestado su interés por participar en ITER. Pero Europa tiene un interés particular en la realización de este proyecto, ya que, gracias a la integración de todas sus actividades de investigación en el programa Euratom, la Unión Europea se sitúa en el primer plano mundial en este sector.

El alcance de la colaboración que se ha establecido para realizar ITER hace que éste sea uno de los principales proyectos internacionales existentes. Si ITER se construye en Europa, la UE podrá confirmar su posición de excelencia y aprovechar al máximo la inversión realizada, ya sea en el ámbito de transferencia de competencias a la industria europea, ya en el marco de la participación de los laboratorios asociados a la construcción y explotación del proyecto.

España ha presentado su candidatura para acoger este proyecto en Vandellós, y se está a la espera de la decisión final sobre su emplazamiento y realización.

Vandellós puede constituir pronto un foco tecnológico de primera fila mundial. Allí pueden confluír la central nuclear Vandellós II, Vandellós I, que -terminado ya su desmantelamiento- continúa en período de latencia y en el año 2010 albergará los residuos vitrificados que Francia enviará a la planta, y, en consecuencia, será un ATI, y quizás, si finalmente la opción elegida para su ubicación es la opción española, el ITER.

En cualquier caso, la presencia de investigadores españoles en el proyecto ITER será un paso adelante de enorme interés en la necesaria y urgente promoción que precisamos en la I+D+T energéticos.

María-Teresa Estevan Bolea\*

# La seguridad nuclear en la Unión Europea

La Comisión Europea consideró necesario, -por diversas razones que en este artículo se comentan-, dotarse de un nuevo marco regulador en lo que se refiere a la seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos. Por

ello, elaboró unas propuestas de directivas que están en curso de tramitación en el Consejo y en el Parlamento Europeo. Son dos directivas y una decisión sobre un acuerdo con la Federación de Rusia.

## 1. Introducción

Es obvio insistir sobre la creciente dependencia de las sociedades actuales -sobre todo las de los países industrializados- de la energía, y ojalá los países en desarrollo lleguen pronto a esta dependencia porque ello significaría una inmensa mejora en su calidad de vida. Pero esta dependencia requiere reducir los consumos y garantizar los suministros.

Dentro del sistema energético de un país destaca -como corazón del sistema- el sector eléctrico. Actualmente en España producimos electricidad con varias fuentes, pero cada vez más es preciso diversificar las fuentes y la procedencia de los recursos energéticos.

La evolución del sector eléctrico en España, como en todos los países de la Unión Europea y en todos los industrializados del mundo, viene marcada por su profundo cambio estructural, en el que la desregulación y apertura de los

mercados, junto con los fuertes incrementos en la demanda, deben conjugarse con el compromiso, cada día mayor, de protección del medio ambiente, al tiempo que se garantizan los suficientes suministros y la calidad de los mismos.

La Comisión Europea tiene una gran preocupación por garantizar los suministros en un futuro cercano, debido a la dependencia europea de los recursos energéticos externos, que se sitúa actualmente en el 50%. Se prevé que en el año 2020 las importaciones energéticas cubran el 70% de las necesidades europeas.

Es imprescindible resaltar la extraordinaria dependencia que España tiene de las importaciones energéticas. A pesar de que la energía consumida -el 100% de las renovables y de la energía nuclear, y aproximadamente el 50% del carbón- es de origen autóctono, el conjunto de éstas representa el 25,6%, por lo que el 74,4% de nuestra demanda energética - y casi el 99% del petróleo y el gas natural-, se cubre con importaciones. Estas cifras son muy dignas de te-

nerse en cuenta, y no para el año 2020, sino ya.

## 2. La estrategia comunitaria sobre seguridad nuclear

En noviembre de 2002, después de elaborar varios borradores, la Comisión Europea presentó dos propuestas de nuevas directivas en materia nuclear. La primera, dedicada a la seguridad nuclear y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares, y la segunda, a la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos. Adicionalmente la Comisión ha remitido al Consejo un proyecto de decisión autorizando a la Comisión a que negocie con la Federación de Rusia sobre el comercio de materiales nucleares. A este conjunto se ha denominado el "Paquete Nuclear de la UE". El 30 de enero de 2003 la Comisión aprobó estas dos propuestas de directivas. Con ello se pretende dotar a la Unión Europea de una estrategia comunitaria sobre seguridad de las centrales nucleares y el tratamiento de residuos radiactivos. Estas propuestas de directivas, anunciadas

\* María-Teresa Estevan Bolea es la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

en la Comunicación aprobada por la Comisión el 6 de noviembre de 2002, han recibido el aval del Comité de Expertos en Cuestiones Nucleares, presidido por el profesor J.R. McAulay, comité que, conforme al Tratado Euratom, debe examinar cualquier propuesta legislativa en este campo.

El Libro Verde *Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético*, adoptado por la Comisión el 29 de noviembre de 2000, permitió entablar un debate amplio, objetivo y abierto sobre la energía nuclear. El 26 de junio de 2002, la Comisión adoptó el informe final sobre el Libro Verde, en el que se indica que "el abanico de posibilidades de los Estados miembros, sin perjuicio de la soberanía de sus decisiones en la materia, debe seguir siendo lo más amplio posible. La opción nuclear sigue abierta en los Estados de la Unión Europea que lo deseen".

En el mundo existen 441 centrales nucleares en funcionamiento, con una potencia total de 358.199 MW, que producen el 17% de la electricidad consumida. De esta producción, el 83% corresponde a los países industrializados.

En el año 2002, la producción eléctrica nuclear creció un 2,4% respecto al año 2001. Actualmente hay 33 nuevos reactores nucleares en construcción, la mayor parte en Asia (India, China, Japón, Corea, Taiwan).

El funcionamiento de estas 441 centrales nucleares evita la emisión a la atmósfera de 2.500 millones de toneladas/año de CO<sub>2</sub>, que se produciría si esta electricidad se generara con plantas térmicas convencionales.

Hay que tener en cuenta que la energía nuclear representa el 33% del suministro eléctrico en la UE, con muy diferentes aportaciones en los distintos países miembros (26% en España; 76% en Francia; 20%, Reino Unido; Bélgica, 59%; Alemania, 35%).

► **Tabla 1. Las centrales nucleares en los países candidatos al ingreso en la UE.**

	Tipo	Potencia neta (MW)	Producción nuclear neta 2001(GWh)	Conexión a la red
<b>Chequia</b>				
DUKOVANY-1	WWER	412	3.329	24-febrero-85
DUKOVANY-2	WWER	412	3.121	30-enero-86
DUKOVANY-3	WWER	412	3.006	14-noviembre-86
DUKOVANY-4	WWER	412	3.258	11-junio-87
TEMELIN-1	WWER	912	1.200	21-diciembre-00
TEMELIN-2	WWER	912	.	29-diciembre-02
<b>Hungría</b>				
PAKS-1	WWER	437	3.515	28-diciembre-82
PAKS-2	WWER	441	3.267	6-septiembre-84
PAKS-3	WWER	433	3.040	28-septiembre-86
PAKS-4	WWER	444	3.472	16-agosto-87
<b>Lituania</b>				
IGNALINA-1	LWGR	1185	5.072	31-diciembre-83
IGNALINA-2	LWGR	1185	4.867	20-agosto-87
<b>Eslovaquia</b>				
BOHUNICE-1	WWER	408	2.397	17-diciembre-78
BOHUNICE-2	WWER	408	2.899	26-marzo-80
BOHUNICE-3	WWER	408	2.687	20-agosto-84
BOHUNICE-4	WWER	408	2.793	9-agosto-85
MOCHOVCE-1	WWER	388	2.423	4-julio-98
MOCHOVCE-2	WWER	388	2.541	20-diciembre-99
<b>Eslovenia</b>				
KRSKO	PWR	676	5.036	2-octubre-81
<b>Rumanía</b>				
CERNAVODA-1	PHWR	655	5.050	11-julio-96
<b>Bulgaria</b>				
KOSLODUY-3	WWER	408	2.250	17-diciembre-80
KOSLODUY-4	WWER	408	1.778	17-mayo-82
KOSLODUY-5	WWER	953	5.050	29-noviembre-87
KOSLODUY-6	WWER	953	4.189	2-agosto-91

Por otra parte, y sólo como ejemplo, en el caso de España, harían falta 100.000 aerogeneradores para sustituir la electricidad que producen las plantas nucleares. Es importante recordar que son valores muy diferentes la potencia y la producción eléctricas.

La Comisión Europea destaca la aportación de la energía nuclear al autoabastecimiento energético y a su contribución a la reducción de las emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub> (más de 300 millones de t/año). Del mismo modo pone de manifiesto la progresiva reducción de costos del kWh nuclear. No obstante, la primera consideración corresponde, como en los ocho países de la UE que disponen de plantas nucleares,

a garantizar la seguridad de operación de estas centrales.

### 3. El paquete nuclear de la Unión Europea

Las propuestas de directivas nucleares se aprobaron en el momento en que el Tribunal de Justicia acabó de confirmar las competencias normativas comunitarias en materia de seguridad de las instalaciones nucleares.

El Tribunal de Justicia de las Comunidades Europeas confirmó, en su sentencia de 10 de diciembre de 2002 en el asunto C-29-99, que la competencia técnica de las autoridades nacionales de seguridad no impide a la Comunidad Europea legislar en la materia.

Los artículos 31 y 32 del Tratado Euratom dicen lo siguiente: Artículo 31: "las normas básicas serán elaboradas por la Comisión, previo dictamen de un grupo de personalidades designadas por el Comité Científico y Técnico entre los expertos científicos de los Estados miembros, especialmente entre los expertos en materia de salud pública. La Comisión recabará el dictamen del Comité Económico y Social sobre las normas básicas así elaboradas. El Consejo, previa consulta al Parlamento Europeo, determinará, por mayoría cualificada y a propuesta de la Comisión, que le remitirá los dictámenes de los Comités por ella recibidos, las normas básicas mencionadas". Artículo 32: "a petición de la Comisión o de un Estado miembro, las normas básicas podrán ser revisadas o completadas según el procedimiento establecido en el artículo 31. La Comisión procederá a la instrucción de toda petición formulada por un Estado miembro".

Las actividades nucleares civiles en la Unión Europea se rigen por el Tratado Euratom, firmado en 1957. La primera misión del Tratado es la de velar porque la explotación de las instalaciones nucleares europeas se realice en buenas condiciones de seguridad, gracias, entre otras cuestiones, al establecimiento de una política de protección radiológica que se ha desarrollado a través de un cuerpo legislativo específico. Sin embargo, la seguridad nuclear no había tenido, hasta ahora, un desarrollo reglamentario equivalente.

La próxima ampliación de la UE a países de Europa central y oriental, cuya primera etapa se producirá en el año 2004 con la incorporación de diez nuevos Estados miembros, conformará una UE de 25 Estados. De los 10 nuevos Estados que se incorporan, cinco disponen de centrales nucleares, con un total de 19 reactores nucleares, como se detalla en la tabla I.

Es evidente que las características socioeconómicas de estos

países en los últimos decenios y las tecnológicas de sus reactores nucleares difieren sensiblemente de las centrales nucleares occidentales. En el año 2004, entrarán a formar parte de la Unión cinco países, que tienen 19 reactores nucleares. Las características de sus relaciones con la Federación de Rusia, derivadas de la antigua dependencia de la Unión Soviética, y la obligación de asumir el acervo de disposiciones legales comunitarias, han puesto de manifiesto la necesidad objetiva de una intervención comunitaria en el sector nuclear, independientemente de las opciones de política energética actuales o futuras de estos nuevos países o de los antiguos Estados miembros.

No sería admisible imponer nuevas obligaciones a los países de la ampliación y que los actuales que configuran la UE estuvieran exentos de las mismas, a pesar de que en su mayor parte cumplen ya lo previsto en la nueva regulación comunitaria.

Todo ello ha aconsejado una intervención comunitaria en el sector nuclear que asegure que el nivel de seguridad de todas las instalaciones nucleares de la UE supere un nivel que pueda considerarse suficiente, así como que los diseños obedezcan a normas comunes. También es previsible que, para determinadas centrales con numerosos años de funcionamiento, la necesidad de incorporar importantes modificaciones con un coste significativo y no recuperable a la vista de los restantes años previstos de funcionamiento sea aconsejable el adelantamiento de su parada definitiva y el inicio de su desmantelamiento. Por ello, y para hacer frente a la parada definitiva del resto de las centrales al acabar su vida útil, adicionalmente, la directiva recoge determinados compromisos para asegurar que se provisionen adecuadamente y previamente a la parada definitiva de cualquiera de ellas los fondos necesarios para su desmantelamiento.

#### 4. Directiva sobre seguridad nuclear y desmantelamiento de instalaciones nucleares

La directiva comprende actuaciones en tres áreas: normas comunes, comprobaciones independientes y fondos para el desmantelamiento. Las dos primeras permitirán disponer de un marco jurídico vinculante, un marco único de control que haga posible comprobar su cumplimiento y un criterio único para la interpretación de su uso.

El enfoque de la directiva en lo que se refiere a la seguridad de las instalaciones nucleares no es el de decretar normas técnicas detalladas ni duplicar lo que ya existe en los Estados miembros, aunque, a pesar de la creciente armonización al respecto, las medidas de seguridad son, en algunos casos, muy distintas en unos países y otros.

Actualmente, ya existe un documento básico común sobre seguridad nuclear aplicable a las centrales nucleares de los países de la UE, ya que todos los Estados miembros de la UE y los países de la ampliación con centrales nucleares son Partes de la Convención sobre Seguridad Nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA); sin embargo, la directiva se aplicará, además, al resto de instalaciones nucleares.

La propuesta de directiva incluye unas definiciones y unos objetivos. El artículo 3 se refiere a la independencia del órgano regulador, y el artículo 4, a sus funciones, que expone del modo siguiente:

Artículo 3. Independencia del órgano regulador.

"Cada Estado miembro creará un órgano regulador. En su organización, su estructura jurídica y sus decisiones, éste deberá ser independiente de cualquier otra organización u organismo público o privado, encargado de la promoción o de la utilización de la energía nuclear".

Artículo 4. Función del órgano regulador.

"El órgano regulador supervisará y regulará la seguridad de las

instalaciones nucleares. Otorgará licencias y controlará la aplicación de la normativa sobre emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación o desmantelamiento de las instalaciones nucleares”.

El artículo cinco se refiere a la seguridad de las instalaciones nucleares, y detalla unas medidas que, obviamente, los países occidentales ya han adoptado plenamente. Estas medidas son:

a) establecer y mantener, en las instalaciones nucleares, dispositivos eficaces contra los posibles riesgos radiológicos con el fin de proteger a los individuos, la sociedad y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes emitidas por dichas instalaciones;

b) prevenir los accidentes que tengan consecuencias radiológicas y atenuar dichas consecuencias en caso de que tales accidentes se produjeran;

c) aplicar todas las medidas adicionales que permitan garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares;

d) garantizar la gestión a largo plazo de todos los materiales, incluidos los residuos radiactivos y el combustible gastado, que subsisten en la fase de desmantelamiento con arreglo a las normas básicas relativas a la protección sanitaria de la población y de los trabajadores contra los peligros derivados de las radiaciones ionizantes.

Como no podía ser menos, el artículo seis se refiere a dar prioridad absoluta a la seguridad, y los artículos siguientes regulan las obligaciones de las empresas; a las inspecciones que el Órgano Regulador debe efectuar, incluso durante el desmantelamiento, y a la disponibilidad de los recursos financieros precisos para garantizar la seguridad de las instalaciones.

También cabe destacar los artículos referidos a la necesidad de disponer de expertos en seguridad nuclear y sobre su continua formación,



► Figura 1. La energía nuclear representa el 33% del suministro eléctrico en la Unión Europea.

a los incidentes de funcionamiento y a las verificaciones pertinentes.

Una vez traspuestas las directivas, serán desarrolladas, como es tradicional, si procede, en cada uno de los países miembros, pero, al tratarse de simples directivas-marco, podría efectuar la Comisión determinados desarrollos comunes, previo dictamen del grupo de personalidades designadas por el Comité Científico y Técnico y tras el dictamen del Comité Económico y Social. Las normas básicas deben ser aprobadas por mayoría cualificada del Consejo tras consultar al Parlamento Europeo. Por incardinarse estas normas en el Tratado Euratom, no están sometidas al procedimiento de co-decisión, pero el PE emitirá sus opiniones, que, cabe suponer, serán tenidas muy en cuenta por el Consejo y por la Comisión.

El contenido de toda esta legislación sigue el cuerpo normativo desarrollado desde hace años en el OIEA.

El sistema comunitario se basa, inicialmente, en principios generales. El marco jurídico incluye un mecanismo que permita la evolu-

ción de las normas. Una de las primeras tareas encomendadas al Comité de Expertos del artículo 31 del Acuerdo de Euratom será definir orientaciones para elaborar un cuerpo de normas operativas que puedan servir de referencia común a los Estados miembros. En función de dichas normas, podrán efectuarse verificaciones en los Estados miembros. Para evitar posibles diferencias de trato entre los Estados miembros actuales y los nuevos, las normas deberían estar aprobadas en la fecha de la ampliación de la UE -mayo 2004-. Esta fecha señalará el principio de la aplicación concreta de este enfoque comunitario, que luego irá evolucionando.

Por otra parte, la Comisión considera que la creación de un sistema de verificación independiente es un elemento imprescindible para garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares. El sistema que propone la directiva se basa en la competencia técnica de los organismos reguladores nacionales, sin recurrir a un cuerpo de inspectores comunitarios.

En el ámbito comunitario se

verificará la forma en que los organismos reguladores de cada país cumplen su misión. Los Estados miembros tendrán la obligación de designar expertos, indicando su área de competencia, a los que podrá recurrir la Comisión para sus comprobaciones independientes.

A principios de cada año, la Comisión elaborará un programa de las verificaciones que se propone realizar en el transcurso del año. Tras aprobarlo, se pondrá en contacto con los expertos previamente designados por los órganos reguladores a los que piensen recurrir, para conocer su disponibilidad en las fechas previstas. En la medida de lo posible, la Comisión procurará no perturbar el funcionamiento habitual de los órganos reguladores al pedir la puesta a disposición de estos expertos.

Los expertos recibirán, con la debida antelación, todos los documentos necesarios para realizar su misión de verificación. Se celebrará una reunión de coordinación previa en los locales de la Comisión. Se enviará una notificación por la que se anunciará la verificación

a las autoridades del Estado miembro en que se realizará la comprobación. Éste último tendrá la facultad de impugnar, previa justificación, la composición del equipo de expertos habilitados para la verificación.

Partiendo de los informes resultantes de las comprobaciones, la Comisión podrá formular observaciones y, en situaciones extremas, incluso promover el cierre de una instalación. Por otra parte, la Comisión tendrá la obligación de presentar cada dos años un informe sobre el estado de la seguridad nuclear en la Unión Europea.

### 5. Desmantelamiento y clausura de las instalaciones nucleares: fondos

El desmantelamiento de una instalación nuclear comprende todas las actividades de índole técnica y reglamentaria destinadas a liberar a aquella de toda restricción de carácter radiológico.

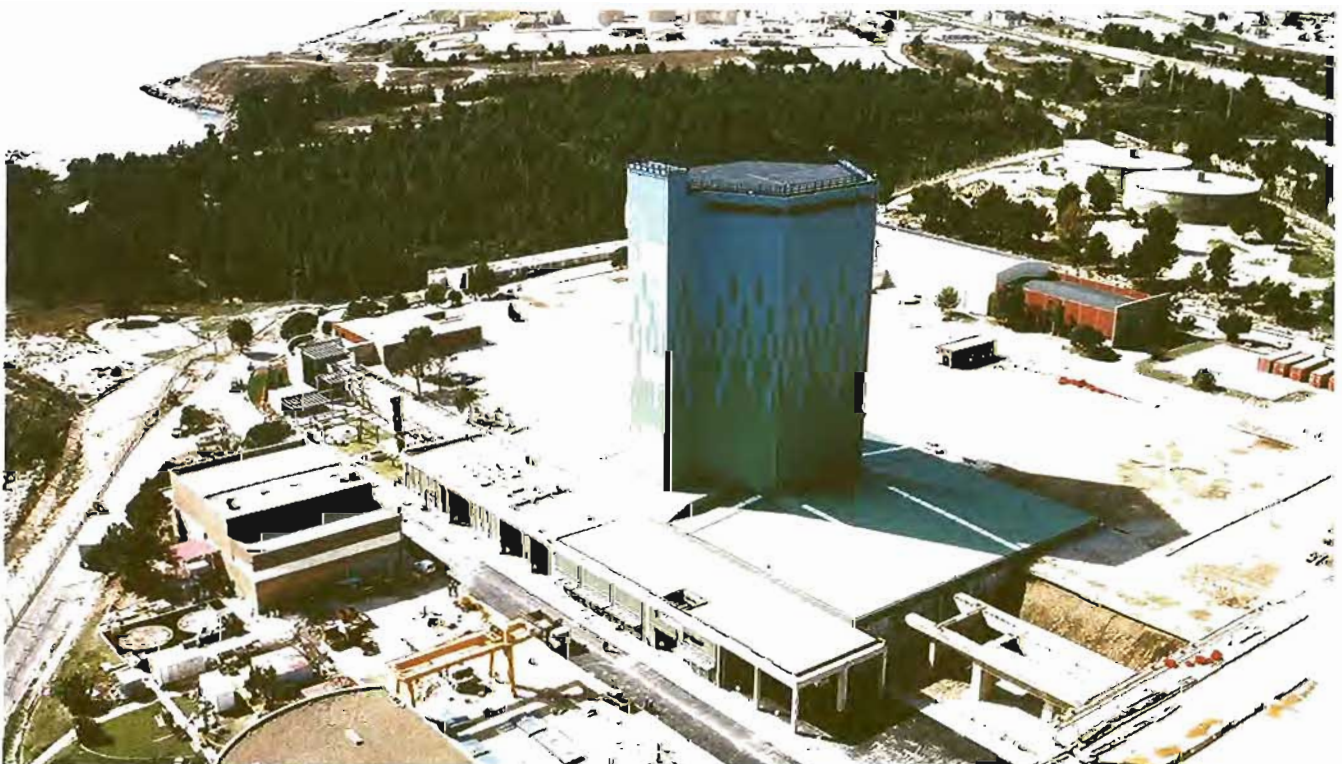
En la práctica, se considera que una instalación está desmantelada cuando se han derribado los edificios de carácter estrictamente nu-

clear. En el emplazamiento no quedan ya materiales radiactivos y se puede dar un nuevo destino al lugar. El OIEA ha determinado las tres etapas principales del proceso de desmantelamiento, etapas que el sector nuclear toma como punto de referencia:

- Etapa 1: se trata de retirar los materiales nucleares y los residuos radiactivos producidos durante la explotación. Se mantienen intactas las barreras herméticas. Los sistemas de apertura y acceso se clausuran y se sellan. La instalación continúa bajo vigilancia radiológica y sigue siendo objeto de medidas de protección física.

- Etapa 2: la zona confinada se reduce al mínimo. Todos los equipos y edificios se descontaminan o desmantelan, con excepción del edificio que contiene el reactor y los materiales relacionados con éste. Se reduce el nivel de vigilancia.

- Etapa 3: desmontado del resto de las estructuras y materiales. Se envían al lugar de almacenamiento definitivo todos los materiales con niveles de radiactividad situados por encima del umbral de exclusión. Se



◉ Figura 1. La central nuclear Vandellòs I está en la etapa 3 de desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares.



abandona el emplazamiento para dedicarlo a otras actividades.

Estas tres etapas pueden ir seguidas o escalonarse con períodos relativamente prolongados entre ellas (hasta 100 años entre las etapas dos y tres). Según el caso, puede hablarse de desmantelamiento inmediato o de desmantelamiento diferido.

Las razones para elegir una estrategia concreta son de orden radiológico y financiero, aunque también pueden responder a consideraciones de índole política.

El operador de una instalación nuclear es responsable de la estrategia elegida y del suministro de los recursos necesarios para las obras de desmantelamiento y de gestión de los residuos. Sin embargo, sus decisiones irán condicionadas por los distintos factores que determinan la política nuclear nacional, cuyos objetivos son, en particular, los siguientes:

- Seguridad de las operaciones, tanto nucleares como industriales.
- Minimización de los residuos, radiactivos y convencionales.
- Gestión segura y a largo plazo de los residuos generados.
- Minimización de los riesgos radiológicos e industriales.
- Minimización de los efectos sobre el medio ambiente.

En la UE hay muchas centrales que están iniciando su proceso de desmantelamiento. Son operaciones laboriosas, que duran años y, en consecuencia, su costo es alto.

Además, muchas instalaciones nucleares de la Unión Europea están llegando al final de su período de explotación, como la central nuclear José Cabrera, que finalizará su operación en abril de 2006. Algunos Estados han definido el período de mantenimiento de las instalaciones nucleares en su territorio, como Bélgica, que lo cifra en 40 años. Alemania ha previsto cerrar su última central en el año 2021. En los nuevos países, ocho centrales nucleares deberán cerrarse entre los años 2002 y 2009. Esta situación, independiente de las

opciones energéticas de los Estados miembros, pone de manifiesto la necesidad para el sector eléctrico de aplicar un dispositivo claro, para todos los Estados miembros y los nuevos países, sobre los fondos de desmantelamiento de las centrales. Este dispositivo deberá garantizar que las operaciones de desmantelamiento se hagan en las mejores condiciones de seguridad. Pero el desmantelamiento de centrales nucleares requiere el compromiso de importes financieros considerables. Los importes necesarios para lograr la rehabilitación del emplazamiento representan un 15% aproximadamente del coste total de la inversión por reactor desmantelado, lo que puede oscilar entre 200 millones de euros y más de mil millones.

Aunque los Estados miembros que disponen de centrales electro-nucleares han previsto disposiciones financieras para garantizar la disponibilidad de fondos suficientes que les permitan hacer frente a los gastos derivados de las actividades de desmantelamiento, como es el caso de España, el enfoque en cuanto a la normativa aplicable a estos fondos varía considerablemente en función de los Estados miembros. Además, la situación actual supone disparidades perjudiciales para el buen funcionamiento del mercado interior y desfavorables para una competencia sana en el sector eléctrico.

El Parlamento Europeo se hizo eco (en el debate en torno a la propuesta de directiva sobre las normas comunes del mercado interior de la energía) de los efectos perversos para la competencia de una utilización inadecuada de los fondos de desmantelamiento. Conviene garantizar la disponibilidad suficiente de fondos de desmantelamiento para las actividades de clausura, pero también conviene garantizar que se destinarán exclusivamente a estas actividades.

Los nuevos países que se incorporarán a la UE en el año 2004 disponen de una legislación similar

sobre la constitución de este tipo de fondo, pero los fondos disponibles suelen ser insuficientes, ya que empezaron a constituirse tarde. Para los cierres anticipados de centrales, la falta de fondos es aún más acuciante. Si bien es cierto que tanto el programa PHARE como los préstamos Euratom pueden solventar y compensar en parte estas carencias, tanto la realización del mercado interior como la protección del medio ambiente requieren que unas normas comunitarias en la Unión ampliada garanticen la disponibilidad y la adecuación de los importes.

Cualquiera que sea el futuro del sector nuclear, cualesquiera que sean sus utilidades, energéticas o médicas, cualquiera que sea la posición favorable u hostil ante la energía nuclear, los residuos radiactivos resultantes requieren soluciones radicales. El informe final sobre el Libro Verde destaca que "una enseñanza fundamental del debate sobre el Libro Verde es que el futuro de esa opción exige una respuesta clara, segura y transparente a la cuestión del tratamiento de los residuos radiactivos y de su transporte".

Para asegurarse de que el desmantelamiento dispone de los recursos financieros precisos, la Comisión Europea ha incluido en la propuesta de directiva una serie de artículos dirigidos a garantizar la dotación y disponibilidad de los mismos.

Los criterios que recoge la propuesta de directiva en relación con estos fondos son los siguientes:

1) Los fondos deben nutrirse de las contribuciones de los operadores de las instalaciones nucleares durante su operación.

2) La magnitud del fondo se determinará teniendo en cuenta la vida esperada de la instalación, la estrategia del desmantelamiento elegida, la gestión a largo plazo de los residuos radiactivos y convencionales producidos, y la gestión a largo plazo del combustible gastado o los residuos producidos.

en su reprocesamiento, si fuera el caso.

3) El fondo debe ser gestionado de manera que se asegure su liquidez de acuerdo con las obligaciones del programa de desmantelamiento.

4) Los fondos sólo se utilizarán para los objetivos indicados, y, en principio, su titularidad deberá ser distinta a la del operador de la instalación, admitiéndose al respecto algunas excepciones.

Para España, el contenido de esta directiva no representa dificultades especiales por cuanto lo previsto en ella se sigue actualmente.

## 6. Directiva sobre la gestión del combustible gastado y sobre residuos radiactivos

La energía nuclear se explota con fines civiles desde hace más de 50 años. Las cantidades de residuos acumulados a lo largo de este periodo pueden calificarse de limitadas en volumen, y, aunque el almacenamiento actual de éstos no representa problemas desde el punto de vista de la seguridad, la Comisión entiende que resulta necesario adoptar decisiones y no trasladar a las generaciones futuras la resolución de la gestión a largo plazo de estos residuos.

Los residuos radiactivos se generan debido a la producción eléctrica nuclear, incluidas las actividades de la última fase del ciclo de combustible y el desmantelamiento; al funcionamiento de los reactores de investigación; a la utilización de las radiaciones y los materiales radiactivos en medicina, agricultura, industria e investigación, así como al tratamiento de materiales que contienen radionucleidos naturales.

Actualmente, se producen unos 40.000 metros cúbicos anuales de residuos radiactivos en toda la Unión Europea, la mayor parte de los cuales son residuos de baja y media actividad. En España, estos residuos de baja y media actividad son gestionados por Enresa y se almacenan en El Cabril.

Aunque el almacenamiento defi-

nitivo de los residuos de más baja actividad y de vida corta puede hacerse según tecnologías bien conocidas, sólo se practica en cinco Estados miembros con programa nuclear (Finlandia, Francia, España, Suecia y Reino Unido). En Alemania, se han llevado a cabo actividades de almacenamiento definitivo de este tipo de residuos, pero ni Bélgica ni los Países Bajos han desarrollado esta opción, y ambos almacenan actualmente sus residuos en instalaciones nacionales centralizadas y temporales. En los Estados miembros sin programa nuclear también se lleva a cabo un almacenamiento provisional parecido, de duración indeterminada.

Los combustibles gastados y los residuos de alta actividad y vida larga se almacenan cerca de las centrales o en instalaciones de reprocesamiento, o bien en cualquier otra instalación donde se produzcan, en espera de una solución permanente. Ningún país ha llevado a cabo todavía la eliminación de estos residuos, y el grado de avance

hacia esta solución de almacenamiento permanente varía considerablemente de un país a otro. En la Unión Europea, Finlandia y Suecia son quizás los más avanzados, con programas establecidos desde hace mucho tiempo para el desarrollo de la evacuación permanente a gran profundidad.

En los países de la ampliación que disponen de centrales nucleares y de reactores de investigación construidos por la Unión Soviética, la gestión del combustible gastado se ha convertido en una cuestión crucial durante la última década porque la devolución de los residuos a Rusia para su reprocesamiento o almacenamiento ya no puede hacerse en las mismas condiciones. Con toda urgencia, estos países han tenido que construir instalaciones de almacenamiento temporal para su combustible gastado. Se han hecho pocos progresos o ninguno para la aplicación de verdaderos programas de gestión a largo plazo de este combustible.

En lo que se refiere a los resi-



► Figura 3. Contenedores tipo CASTOR para almacenamiento de combustible gastado.

duos de media y baja actividad de las centrales nucleares, sólo la República Checa y Eslovaquia disponen de instalaciones de almacenamiento en servicio. Varios países disponen de depósitos de concepción de Rusia para los residuos radiactivos que no provienen del ciclo del combustible nuclear. No obstante, estas instalaciones no siempre satisfacen las normas de seguridad en vigor en la Unión.

Para resolver estas situaciones provisionales, la propuesta de directiva prevé lo siguiente:

Cada Estado miembro debe establecer claramente un programa para la gestión de los residuos radiactivos, incluyendo el combustible gastado, hasta su almacenamiento o solución definitiva. El programa debe contemplar las fechas y actuaciones siguientes:

- La autorización para la construcción del almacén definitivo debe ser emitida antes del año 2008.

- El almacenamiento de los residuos radiactivos de vida corta o media debe iniciar su funcionamiento no más tarde del año 2013.

- Para los residuos de alta actividad y los de vida larga a situar en un almacenamiento geológico, el inicio de la operación del almacén debe tener lugar antes del año 2018. No se considera aceptable el almacenamiento de combustible gastado en superficie o cerca de ella.

Adicionalmente, la directiva recoge diversos artículos que se refieren a investigación y desarrollo tecnológico para el desarrollo de las soluciones adecuadas, así como a la obligación de que los Estados emitan periódicamente (cada tres años) a la Comisión informes sobre el estado de los trabajos y la implantación de la directiva. Asimismo, la Comisión ha de emitir, también cada tres años, un informe integrador de la situación de los países de la UE.

En la propuesta de directiva no se define actualmente la fecha de entrada en vigor de los reglamentos nacionales que deban desarro-

llarse o adaptarse para el cumplimiento de la misma.

## 7. Incrementar la seguridad del abastecimiento. Acuerdo Euratom-Federación de Rusia

La ampliación de la UE también ha dado un enfoque nuevo a las dificultades existentes, y nunca resueltas, del comercio de materiales nucleares con la Federación de Rusia. Rusia es un proveedor importante de materiales nucleares (uranio natural y servicios de enriquecimiento). Desde principios de los años 90, Rusia ha vendido cantidades crecientes de uranio natural y, sobre todo, servicios de enriquecimiento de uranio a precios inferiores a los del mercado mundial.


Esta situación llevó a la Agencia de Aprovisionamiento de Euratom, a partir de 1992, a establecer una política de diversificación de las fuentes de suministro, para evitar una dependencia excesiva de Rusia. No pudo concretarse un primer proyecto de acuerdo sobre el comercio de los materiales nucleares, y, después de diversas negociaciones, se ha establecido un límite máximo para los enriquecedores europeos de un 80% aproximadamente del mercado europeo. También se contempla el principio de un límite para el uranio natural. No obstante, continúan estas negociaciones que no parecen cerradas.

Por ello, la Comisión ha presentado en mayo de 2003 al Consejo un proyecto de decisión por la que se autoriza a la Comisión a negociar un acuerdo entre Euratom y la Federación de Rusia sobre el comercio de materiales nucleares. Con la ampliación aumentará el parque de centrales nucleares civiles de la UE, motivo por el cual la política de abastecimiento seguida hasta la fecha tiene que ser objeto de una actualización que tenga en cuenta ese hecho.

El Acuerdo de Euratom, que deberá negociarse con Rusia, habrá de tener en cuenta tanto la realidad del mercado de la UE ampliada, como las relaciones

específicas que mantiene los países candidatos y los de la ampliación, con dicho país en este ámbito, defendiendo a un tiempo los intereses de los consumidores europeos y la viabilidad de nuestras industrias y, en particular, las de enriquecimiento. Con motivo de la última cumbre UE-Rusia, celebrada en Moscú el 29 de mayo de 2002, las dos partes se comprometieron a llegar a "una solución aceptable para ambas, de conformidad con el artículo 22 del Acuerdo de Asociación y Cooperación y en el contexto de la ampliación de la UE". Este acuerdo constituirá un nuevo elemento concreto del diálogo sobre cuestiones energéticas iniciado con Rusia en octubre de 2000. Además, en lo que respecta a la Unión Europea, representa el momento oportuno para defender ante las autoridades rusas que la apertura de las negociaciones sobre el comercio de materiales nucleares debería permitir el inicio de un debate paralelo concreto sobre la seguridad de las centrales de primera generación aún en funcionamiento en dicho país.

Como toda la normativa de la Unión Europea, estas directivas (que son directivas-marco) dejan abiertas determinadas cuestiones, algunos puntos no son todo lo concretos que algunos países desearían, y, en diversos aspectos, son difíciles de aplicar, pero hay que tener en cuenta que legislar para 25 países, considerando muy diferentes tecnologías y prácticas de operación, distintas organizaciones administrativas y muy variadas circunstancias socioeconómicas, difícilmente permite, en esta primera aproximación, abordar la legislación comunitaria sobre seguridad nuclear y gestión de residuos de otro modo.

En cualquier caso, es un paso adelante más para abordar la seguridad de forma integral e integrada. 

✉ E. Rubio, F. Zamora, S. Suárez y C. Enríquez\*

# La nueva reglamentación de transporte de material radiactivo: bultos tipo B, bultos tipo C y material radiactivo de baja dispersión

El artículo analiza las importantes novedades en los requisitos para el transporte de materiales radiactivos de alta actividad en la modalidad aérea, con la definición de un nuevo

tipo de bulto y de un material con propiedades de baja dispersión, que se han puesto en vigor en la reglamentación aplicable en España entre 2001 y 2002.

## 1. Introducción

El *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos* del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) constituye la base normativa para el establecimiento de los requisitos aplicables al transporte de material radiactivo en la mayoría de las reglamentaciones internacionales sobre transporte de mercancías peligrosas en sus distintas modalidades. Tales requisitos son aplicables al transporte de material radiactivo en España, como país suscrito a convenios internacionales en materia de transporte.

La última edición del reglamento del OIEA, publicada en septiembre de 1996, ha supuesto una revisión significativa de la reglamentación

frente a lo establecido en la edición anterior de 1985.

Este nuevo reglamento, que ha pasado a denominarse guía TS-R-1 (versión revisada de la ST-1), en lugar de la identificación anterior como guía SS-6, ha tenido un proceso de incorporación progresivo en las ediciones del año 2001 de las principales reglamentaciones internacionales para los distintos modos de transporte: *código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)*, *instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)*, *Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR)* y *Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril (RID)*.

Las ediciones de 2003 de esos reglamentos ya han sido publicadas, pero no incluyen variaciones significativas en los requisitos es-

pecíficos para la materia radiactiva, respecto a las ediciones de 2001.

Las novedades introducidas en la nueva reglamentación se consideran de gran importancia, por lo que se han ido analizando en una serie de artículos publicados en esta revista con el fin de clarificar las implicaciones que esos cambios producirían en los transportes de material radiactivo que se desarrollan en nuestro país.

En el número 15 de la revista del CSN (II trimestre de 2000) se publicó el artículo *Futura reglamentación de transporte de material radiactivo* [5], en el que se da una visión global de los nuevos requisitos antes de su entrada en vigor en España, destacando los más significativos y aquellos que tienen carácter general para los distintos tipos de bultos y materiales a transportar, como son los relativos a exenciones y exclusiones, valores  $A_1$  y  $A_2$ , señalización de bultos, números de las Naciones Unidas (UN), índice de transporte, límites

\* E. Rubio es técnico del Área de Transporte y Fabricación de Combustible Nuclear del CSN. F. Zamora es el jefe de esa misma área. S. Suárez es jefe del Área de Instalaciones Radiactivas Industriales del CSN, y C. Enríquez es consejero de Seguridad del Transporte de Mercancías Peligrosas de Enresa.



► Figura 1. Descarga de bultos con combustible nuclear gastado desde nave de transporte.

de contaminación superficial y programa de protección radiológica.

En el segundo artículo publicado en la revista número 19 del CSN (II trimestre de 2001) [6] se analizan en detalle los cambios normativos relativos a los bultos, exceptuados bultos industriales y bultos tipo A, tratando de poner de manifiesto las repercusiones sobre los transportistas y remitentes de estos bultos, que constituyen el 90% de los traslados de material radiactivo que se realizan.

Los cambios que afectan al transporte de material fisionable y el tratamiento particular introducido para los embalajes que transportan hexafluoruro de uranio se describen en el tercero de los artículos de esta serie, publicado en el número 23 de la revista del CSN (II trimestre de 2002) [7].

En este cuarto y último artículo se pasa revista a los cambios referentes a los bultos tipo B y a la introducción de dos novedades importantes que aparecen en la guía TS-R-1: el bulto tipo C y un nuevo

tipo de material denominado material radiactivo de baja dispersión, ambos relacionados con el transporte por vía aérea de grandes actividades de material.

Se indican en cada apartado los párrafos de la guía TS-R-1 donde se ubican los cambios señalados y los correspondientes en la guía SS-6 si los hubiera.

## 2. Bultos tipo B

Un bulto tipo B es un embalaje, cisterna o contenedor que puede albergar actividades superiores al valor  $A_1$ , si se trata de materiales radiactivos en forma especial, o superior al valor  $A_2$ , si son otros materiales, además de cumplir con unos requisitos de diseño encaminados a soportar tanto las condiciones normales como las condiciones de accidente durante el transporte.

### 2.1. Valores $A_1$ y $A_2$ (cuadro I en TS-R-1 y en SS-6)

Los valores  $A_1$  y  $A_2$  son valores de actividad definidos para cada radionucleido que establecen la barrera

de actividad por encima de la cual un contenido no puede ser transportado en un bulto tipo A, de manera que se requiere un bulto tipo B para transportar cantidades superiores a esas actividades límite.

Estos valores han sido revisados en la guía TS-R-1, provocando variaciones que afectan a muchos radionucleidos, pero, en general, poco significativas, con una tendencia generalizada al incremento de dichos valores. Esta subida en los valores  $A_1$  y  $A_2$  implicaría poder transportar contenidos con algo más de actividad en bultos tipo A, que, por tanto, no precisarían superar los ensayos relativos a las condiciones de accidente.

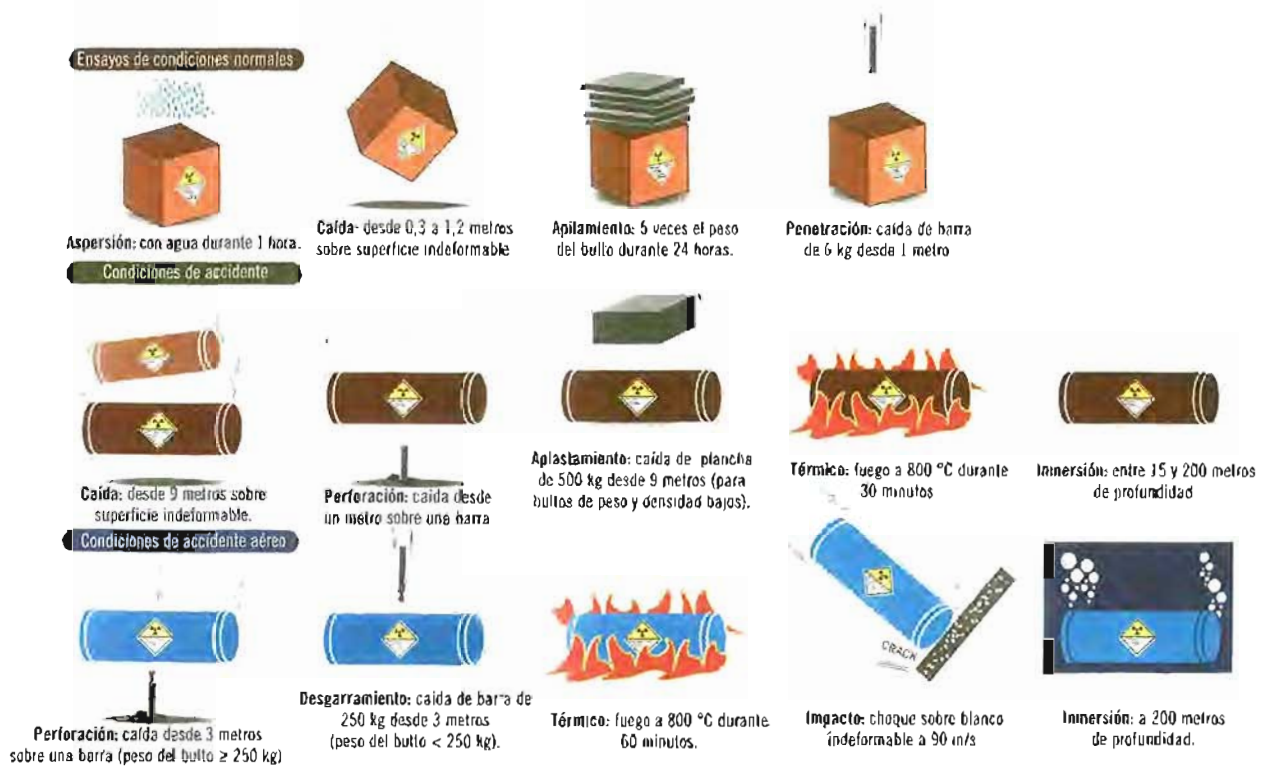
No obstante, en la práctica, estos cambios sólo han supuesto alguna variación en el caso de embalajes, que, por transportar actividades muy próximas a los valores  $A_1$  o  $A_2$ , se han podido ver afectados en la clasificación del bulto a utilizar.

En el artículo de la referencia [5] se incluye una tabla comparativa de los valores  $A_1$  y  $A_2$  en la guía SS-6 en relación con los de la nueva guía TS-R-1, para algunos de los isótopos más utilizados en nuestras instalaciones.

### 2.2. Señalización de bultos tipo B (párrafos 534-535 en TS-R-1)

La señalización de los bultos de transporte se ha visto incrementada significativamente con los nuevos requisitos establecidos en la guía TS-R-1, con el objetivo de ayudar en la identificación del contenido y del riesgo asociado a los mismos. Sin embargo, este aumento en los requisitos de señalización no ha sido tan considerable para los bultos tipo B como para el resto de los bultos de transporte, ya que, desde anteriores ediciones de la guía del OIEA, eran los bultos tipo B los que debían cumplir mayores exigencias en cuanto al marcado y etiquetado exterior.

Por tanto, con el nuevo reglamento, la señalización de los bultos tipo B sólo se ha visto afectada por dos requisitos adicionales, que



► Figura 2. Secuencia de ensayos sobre bultos de transporte de material radiactivo.

deberán añadirse al marcado exterior del bulto:

1) Identificación del remitente o destinatario o de ambos.

2) Número de las Naciones Unidas, precedido de las letras UN, y el nombre de la expedición que corresponda. Estas marcas exteriores, comunes al resto de los bultos, deberán ser legibles y tener carácter duradero.

Con el primer requisito se pretende evitar la pérdida de los bultos que no se transportan bajo uso exclusivo. De hecho, este requisito ya estaba recogido en el reglamento del modo aéreo (*instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas de la OACI*), dado que es por esa modalidad por la que se transporta la mayoría de bultos pequeños -paquetería-, que tienen más facilidad de ser extraviados. En cuanto al segundo nuevo requisito, tiene como objetivo una mejor respuesta en las emergencias, ya que tanto el número UN como el nombre de la expedición, también llamado "descripción de la materia", están destinados a la advertencia a los servicios de intervención en emergencias como bomberos,

policía, etc., sobre el contenido de la expedición (ahora de los bultos).

El impacto de estos nuevos requisitos en los bultos tipo B utilizados en España no será muy importante, considerando el pequeño número de este tipo de bultos. De hecho, en muchos casos, el primero de ellos ya estaba siendo seguido, aunque no era requerido. A considerar fundamentalmente el caso de los equipos de gammagrafía, que son en sí mismos un bulto tipo B. Aunque parece un requisito fácil de cumplir en estos equipos, dado su pequeño tamaño, puede haber problemas de espacio, aunque la reglamentación no define una dimensión mínima para el marcado del número UN y la descripción de la materia sobre el bulto.

### 2.3. Ensayo reforzado de inmersión en agua (párrafos 657 y 730 en TS-R-1, párrafos 550 y 630 en SS-6)

La guía TS-R-1 incluye, entre los requisitos que deben cumplir los bultos tipo B que contengan una actividad superior a  $10^4 A_2$ , el de superar un ensayo reforzado de inmersión en agua. En la anterior edición de la

guía, este ensayo, que ahora ha incluido en su denominación la palabra "reforzado", sólo era aplicable a los bultos destinados a contener combustibles nucleares irradiados.

El criterio actual parece más objetivo, ya que se hace en función del riesgo asociado a cualquier tipo de radionucleido (lo que viene dado por el valor de  $A_2$ ), y no en función de una determinada materia.

En la nueva normativa, el ensayo reforzado de inmersión, que supone sumergir un espécimen bajo una columna de agua de 200 metros, como mínimo, durante un período no inferior a una hora sin que se produzca rotura en el sistema de contención, es también aplicable a los nuevos bultos tipo C, de los que más adelante se tratará.

Considerando que en nuestro país no se transportan, por el momento, estas grandes actividades, el impacto de este nuevo requisito será prácticamente nulo.

### 2.4. Transporte por vía aérea (párrafo 416 en TS-R-1)

Las modificaciones más importantes introducidas en este nuevo reglamento están relacionadas con la

modalidad aérea de transporte. Como se abordará más adelante, se ha definido un nuevo tipo de material radiactivo denominado de "baja dispersión" y otro tipo de bulto, el bulto tipo C, que debe cumplir, además de los requisitos de diseño de los bultos tipo B, otros encaminados a proporcionar mayor seguridad frente a un posible accidente que se considera más severo por tratarse de la vía aérea.

En este sentido, se ha restringido la actividad que deben contener los bultos tipo B si se transportan por vía aérea, de manera que se establece una gradación de la cantidad de actividad permitida según el tipo de material que se transporte y, por consiguiente, en función del riesgo asociado a cada tipo de material:

a) Para *materiales radiactivos de baja dispersión*, el límite de actividad vendrá definido en el certificado de aprobación. Estos materiales serán objeto de análisis en el apartado 4 de este artículo.

b) Para *materiales radiactivos en forma especial*, el valor limitante será el menor de estos dos valores: 3.000  $A_1$  ó 100.000  $A_2$ .

c) Para todos los demás materiales radiactivos, se establece el valor 3.000  $A_2$  como actividad máxima.

Se puede apreciar una mayor limitación para aquellos materiales que, por su forma física, *materiales radiactivos no en forma especial*, presentan menos elementos de contención, y, por tanto, tienen un riesgo de dispersión potencialmente mayor como consecuencia de un posible accidente.

El establecimiento de estos límites afecta al transporte de elevadas actividades de radionucleidos, como es el caso de las fuentes de Co-60 destinadas a irradiadores industriales, que ahora deberán ser embalados en bultos tipo C si se transportan por vía aérea. La aprobación de un bulto tipo C exige, como veremos en el apartado siguiente, la superación de unos ensayos más restrictivos que los que debe superar un bulto tipo B, lo que conlleva una adaptación del diseño del bulto.

En España sólo existe una instalación de irradiación, fundamentalmente para la esterilización de productos médicos, que precisa del suministro de fuentes de Co-60 de alta actividad periódicamente. No obstante, no suele utilizarse para este caso el modo aéreo. Sin embargo, sí puede ser una restricción importante para el transporte de este tipo de fuentes entre otros países en los que la vía aérea es la única o, al menos, la más factible.

### 3. Bultos tipo C

#### 3.1. Antecedentes

Una de las propuestas debatidas a lo largo del período de revisión del reglamento del OIEA (SS-6) fue la incorporación de criterios adicionales para transportar por vía aérea materiales considerados de alto riesgo, basándose inicialmente en los requerimientos que la normativa de los Estados Unidos de América, 10 CFR de la United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC), establecía para el plutonio.

Las discusiones sobre la propuesta para el plutonio se fueron haciendo extensivas a otros radionucleidos, valorando el riesgo asociado a cada uno, y, finalmente, se decidió que los nuevos criterios más restrictivos se aplicaran a todos los radionucleidos. En efecto, no parecía razonable que esos criterios afectaran a unos radionucleidos y a otros no; si bien, en la práctica, considerando la radiotoxicidad de cada uno y las actividades que se transportan, sólo terminaría afectando a unos pocos.

Tras el ciclo de revisión normativo, que concluyó con la publicación de la guía TS-R-1, se incluyeron en la misma los bultos tipo C, destinados a contener actividades elevadas de materiales para su transporte por vía aérea. En este nuevo tipo de bultos, se introducen restricciones de diseño con el objetivo de disminuir las consecuencias frente a un accidente tipo durante el transporte aéreo, más severo que para otros medios de transporte.

#### 3.2. Descripción y requisitos. (párrafo 417 y párrafos 667 a) 670 en TS-R-1)

Como en el caso de los bultos tipo B (U), los bultos tipo C están sujetos a aprobación unilateral por la autoridad competente del país de origen, salvo que sea un diseño para contener sustancias fisiónables, en cuyo caso requieren de aprobación multilateral. Tanto las actividades, como los radionucleidos y la forma física o química de las sustancias que contengan no pueden diferir de lo especificado en el diseño de aprobación del bulto.

Estos bultos están destinados a contener actividades comprendidas entre los límites definidos para los bultos tipo B para vía aérea y las especificadas para cada bulto en su respectivo certificado de aprobación.

El diseño de los bultos tipo C debe cumplir con los requisitos establecidos para los bultos tipo B que se transporten por vía aérea, además de superar los ensayos encaminados a simular condiciones de accidente aéreo.

Los requisitos de señalización son los mismos que los exigidos a los bultos tipo B, con la diferencia de la inscripción tipo C, en lugar de tipo B (U) o tipo B (M), en el marcado exterior del bulto.

#### 3.3 Ensayos para bultos tipo C. (párrafos 734 a 737 en TS-R-1)

El análisis de los accidentes aéreos demuestra que son más severos que los que suceden por carretera, por ferrocarril o por vía marítima, de ahí que se haya introducido este nuevo diseño de bulto que permita obtener el mismo nivel de seguridad en el transporte bajo esa modalidad que la ya establecida para la vía terrestre y marítima.

Los bultos tipo C tienen que demostrar la superación no sólo de condiciones de accidente, sino, además, de condiciones más graves, por lo que deben someterse a ensayos que simulan situaciones de accidente aéreo grave. Se ha aumentado la dureza en la secuencia de ensayos con respecto a los



► Figura 3. Ensayo de impacto a alta velocidad sobre un bulto a escala para transporte por vía aérea.

que deben superar los bultos tipo B, quedando como sigue:

1) Ensayo mecánico, que supone la caída del espécimen desde una altura de nueve metros. Éste es común al requerido para el bulto tipo B.

2) Ensayo de aplastamiento dinámico por caída sobre el espécimen de una masa de 500 kg desde una altura de nueve metros. En el caso del bulto tipo B, sólo es necesario si pesa menos de 500 kg y su densidad es inferior a  $1.000 \text{ kg/m}^3$ .

3) Ensayo de desgarramiento o perforación, según la masa del bulto sea inferior o superior a 250 kg. En ambos casos se somete el espécimen a los efectos destructivos de una sonda maciza de acero dulce.

4) Ensayo térmico reforzado, igual al ensayo térmico de los bultos tipo B, pero con una duración de 60 minutos en lugar de 30.

(En la figura 2 se muestra una representación de los distintos ensayos).

Además de someter un espécimen a la secuencia de ensayos anterior, bien el mismo u otro diferente, debe superar el ensayo de inmersión reforzado, aplicable también a los bultos tipo B con contenidos superiores a  $10^5 \text{ A}_2$  (ver punto 2.3), y a un nuevo ensayo de impacto, en el que

el espécimen ha de chocar contra un blanco a una velocidad no inferior a 90 m/s, orientado de modo que experimente el máximo daño. Este último es un ensayo que, en principio, parece de difícil realización para el bulto a escala real, o incluso para modelos a escala. Sería posible, en todo caso, el uso de probetas o de partes del bulto, siempre y cuando se justifique su representatividad frente al bulto real.

Otra novedad de la guía TS-R-1 es que cualquier bulto fisionable que se vaya a transportar por vía aérea deberá demostrar que permanece subcrítico en las condiciones definidas para los ensayos aplicables a los bultos tipo C (párrafo 680 en TS-R-1). El transporte de material fisionable que tiene como origen o destino nuestro país se realiza habitualmente por vía terrestre y marítima, sólo en algún caso excepcional se ha efectuado por vía aérea, por lo que el impacto sobre esta actividad no será significativo.

Es destacable el caso del transporte de altas actividades de  $\text{Co-60}$ , para el que, por encima de  $1.200 \text{ TBq}$  ( $3.000 \text{ A}_1$ ), se precisará de un bulto tipo C para el transporte aéreo, ya que, aunque las fuentes podrían cumplir los requisitos mecánicos

definidos para un material de baja dispersión (lo que permitiría usar un bulto tipo B), no cumplen el primer criterio para este tipo de material: que el nivel de radiación a tres metros sea menor de  $10 \text{ mSv/h}$ .

Los nuevos requisitos establecidos para la vía aérea, tanto de elevadas actividades de materiales radiactivos, como para todos los bultos fisionables, han producido un bloqueo del transporte internacional de estos bultos por aire, lo que puede suponer un problema importante para el transporte entre países para los que la vía aérea se hace imprescindible, bien porque las infraestructuras terrestres no permiten un acceso adecuado, o bien porque las grandes distancias entre países, en combinación con las rutas y condiciones establecidas por las compañías navieras, dificultan la eficiencia del transporte de este tipo de bultos.

En este sentido ya se han manifestado algunos responsables del transporte de fuentes de  $\text{Co-60}$  de alta actividad para irradiadores, que, ante las dificultades para utilizar medios de transporte distintos al aéreo, han analizado las implicaciones de acomodación de diseño de los bultos a los nuevos requisitos.

De forma resumida, en ese análisis se concluye que se precisaría un aumento considerable en el tamaño y peso de los bultos para que fueran capaces de disipar la energía del mayor impacto de los ensayos mecánicos (hasta cincuenta veces más energía que para los ensayos de bultos tipo B).

El aumento de dimensiones haría incompatible su uso en los irradiadores actuales y con las técnicas de manejo existentes. La inclusión de tungsteno o uranio empobrecido como material de blindaje del bulto en lugar de plomo paliaría el aumento de peso y tamaño, pero encarecería el diseño hasta el punto de no resultar viable.

Por otra parte, aportan los datos de baja siniestralidad en el transporte aéreo de material radiactivo a



lo largo de más de cuarenta años, que, sumado a los factores anteriores, consideran que apoyan una vuelta atrás en cuanto a los requisitos introducidos en la guía TS-R-1 sobre el transporte aéreo, o bien que éstos sólo se apliquen a ciertos materiales radiactivos.

Esta problemática mantiene abierto el debate en el actual período de revisión del reglamento del OIEA, que finalizará con la publicación de una nueva edición.

#### 4. Material radiactivo de baja dispersión (párrafos 225 y 605 en TS-R-1)

Los límites de actividad permitidos en un bulto tipo B para vía aérea se han establecido en función de la capacidad de dispersión del material a transportar (apartado 2.4), cualidad que proporciona mayor seguridad de contención del material y disminuye las consecuencias tras un accidente.

Con esta consideración, se ha introducido el *material radiactivo de baja dispersión*, definido en la guía TS-R-1 como material radiactivo sólido o sólido en cápsula sellada, con dispersión limitada y que no esté en forma de polvo. De manera que se permite transportar por vía aérea, en un bulto tipo B (U), cantidades superiores a los valores  $3.000 A_1$  o  $100.000 A_2$ , siempre que se trate de ese tipo de material.

El diseño de los *materiales radiactivos de baja dispersión* requiere de aprobación multilateral por las autoridades competentes de los países por donde vaya a transportarse. Para la aprobación de este diseño, se requiere que la totalidad del material

contenido en un bulto, sin blindaje, presente un nivel de radiación menor de 10 mSv/h a tres metros. Aunque tras un accidente, gracias al diseño mecánico del material, no se produzca la liberación y dispersión de material radiactivo, el cumplimiento de este criterio evitará una dosis inaceptable a las personas presentes en el accidente, en el caso de que el material salga del sistema de contención y blindaje. Como puede observarse, es el mismo criterio definido para los materiales BAE y OCS.

Además, el material de baja dispersión ha de superar el ensayo térmico reforzado y el de impacto aplicables a los bultos tipo C, con una liberación menor de  $100 A_2$  en forma de partículas de hasta  $100 \mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico equivalente.

También, tras los ensayos anteriores, ese material se someterá al mismo ensayo de lixiviación que el material de baja actividad específica BAE-III: una inmersión en agua durante siete días, pero con un criterio de aceptación distinto: la actividad remanente en el agua no excederá de  $100 A_2$ .

Las condiciones de aprobación anteriores implican que el propio material es capaz de soportar los ensayos que simulan condiciones de accidente grave, liberando al medio una actividad limitada.

#### 5. Conclusiones

La última edición del *Reglamento para transporte seguro de material radiactivo del OIEA*, guía TS-R-1, ha introducido cambios importantes en la modalidad de transporte aéreo, que afectan fundamentalmente al transporte de elevadas activida-

des de material radiactivo y al transporte de material fisiónable, introduciendo como novedades el bulto tipo C y el material radiactivo de baja dispersión.

Las modificaciones implican el cumplimiento de requisitos más estrictos que demuestren el comportamiento seguro de esos bultos en condiciones de graves accidentes que pudieran ocasionarse durante su transporte por aire. La verificación del cumplimiento de los nuevos requisitos lleva consigo la revisión de los diseños de bultos ya existentes para demostrar que se superan los ensayos adicionales establecidos, los cuales presentan en algunos casos bastante dificultad de realización práctica.

A pesar de que se consideran cambios significativos, el transporte de estos materiales en nuestro país no se ha visto afectado, ya que, normalmente, tanto los transportes de material fisiónable, como de fuentes de Co-60 de alta actividad, que tienen España como país de origen o destino, vienen desarrollándose por vía marítima y terrestre.

Sin embargo, sí puede suponer un grave problema para los países que utilizan la vía aérea como modalidad más factible para el transporte de material radiactivo. Por este motivo y fundamentalmente, el transporte de fuentes de alta actividad para irradiadores actualmente está siendo objeto de revisión en el OIEA. En consecuencia, hasta que sea publicada una nueva edición del reglamento del OIEA, habrá que seguir de cerca la evolución de los requisitos para la modalidad aérea de transporte de material radiactivo. ☺

#### Referencias

[1] *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*. Colección de normas de seguridad del OIEA nº TS-R-1 (ST-1 revisada). Edición de 1996.  
[2] *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*. Colección de normas de seguridad del OIEA nº 6. Edición de 1985 (enmendada en 1990).  
[3] *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. IAEA Safety

Standar Series nº TS-G-1.1 (ST-2).

[4] *The Effects of Type C Packaging Regulations on Shipment of High Activity Cobalt 60 Sources*. Michael Krzaniak, P. Eng and Marc-Andre Charrette P. Eng. MDS Nordion Inc.

[5] *Futura reglamentación de transporte de material radiactivo*. F. Zamora, S. Suárez, E. Rubio y C. Enríquez. *Seguridad Nuclear. Revista del CSN*, nº 15, II Trimestre 2000.

[6] *Futura reglamentación de transporte de material radiactivo en embalajes exceptuados, industriales y tipo A*. C. Enríquez, E. Rubio, S. Suárez y F. Zamora. *Seguridad Nuclear. Revista del CSN*. Nº 19, II Trimestre 2001.

[7] *La nueva reglamentación de transporte de material fisiónable y de hexafluoruro de uranio*. S. Suárez, F. Zamora, E. Rubio y C. Enríquez. *Seguridad Nuclear. Revista del CSN*, Nº 23, II Trimestre 2002.

# La protección al radón en el Código Técnico de la Edificación (CTE)

La construcción de edificios en zonas con alto contenido de gas radón en el terreno requiere la incorporación de ciertas medidas de prevención, con objeto de evitar la acumulación de dicho gas en el interior de los edificios. Estas medidas se han de considerar principalmente en las fases de diseño y construcción, y habrán de tener en cuenta la zona del país donde se va

a edificar, de acuerdo al riesgo potencial de entrada de radón. Dentro del Código Técnico de la Edificación, se ha considerado la protección al radón mediante la clasificación general del país y de las áreas específicas donde se van a construir los edificios, en distintas categorías de riesgo, y la introducción de técnicas de edificación apropiadas a cada zona.

## 1. Introducción

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el nuevo marco normativo que identifica, ordena y completa la reglamentación técnica existente y establece las exigencias que deben cumplir los edificios, en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE)[1].

La LOE establece los siguientes requisitos básicos que deben satisfacerse con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente.

- Los relativos a la funcionalidad (utilización, accesibilidad y acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de información).

- Los relativos a la seguridad (estructural, en caso de incendio y de utilización).

- Los relativos a la habitabilidad (higiene, salud y protección del medio ambiente, protección contra el ruido, ahorro de energía, aislamiento térmico y otros aspectos funcionales).

En su disposición final segun-

da, la LOE autoriza al Gobierno para la aprobación de un Código Técnico de la Edificación, que establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

Dentro de los requisitos de habitabilidad, se ha considerado la introducción de un apartado relativo a la protección al radón en el interior de las edificaciones en forma análoga a la ya existentes en otros países [2,3,4].

La Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo (DGVA) del Ministerio de Fomento es responsable de la redacción del CTE, con el asesoramiento del Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo

\* B. Frutos Vázquez y M. Olaya Adam: Instituto de Ciencias de la Construcción.

J.P. García Cadierno, J.L. Martín Matarranz, J.I. Serrano Renedo, E. Suárez Mahou y R. Rodrigo Vilaseca: Consejo de Seguridad Nuclear.

J.A. Fernández Amigot: Enusa Industrias Avanzadas.

Torroja” (IETcc), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y se ha contado con la colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear para la realización del apartado relativo a la protección al radón.

## 2. Nivel límite objetivo de diseño

Dado que en la legislación española no existe ningún requerimiento en cuanto a la protección al radón en edificios, se ha considerado, a la hora de proponer su inclusión en el CTE, la Recomendación 90/143/Euratom de la Comisión Europea de 21 de febrero de 1990, relativa a la protección del público contra la exposición al radón en interiores [5] y la información de otros países [6, 7].

La Recomendación 90/143/Euratom, aunque no tiene carácter obligatorio para los Estados miembros, constituye, dentro de la Unión Europea, el marco de referencia para el inicio de planes de actuación en el ámbito na-

► Tabla 1. Niveles límite objetivo de diseño para nuevas viviendas en países europeos.

Países pertenecientes a la Unión Europea		Países no pertenecientes a la Unión Europea	
País	Valor (Bq/m <sup>3</sup> )	País	Valor (Bq/m <sup>3</sup> )
Alemania	250	Albania	---
Austria	200	Bielorrusia	200
Bélgica	---	Croacia	---
Dinamarca	200	Rep. Checa	250
España	---	Rep. Eslovaca	250
Finlandia	200	Eslovenia	200
Francia	200	Estonia	200
Grecia	200	Hungría	---
Holanda	---	Letonia	250
Irlanda	200	Lituania	200
Italia	---	Noruega	200
Luxemburgo	150	Polonia	200
Portugal	---	Rumanía	---
Reino Unido	200	Rusia	200
Suecia	200	Suiza	400

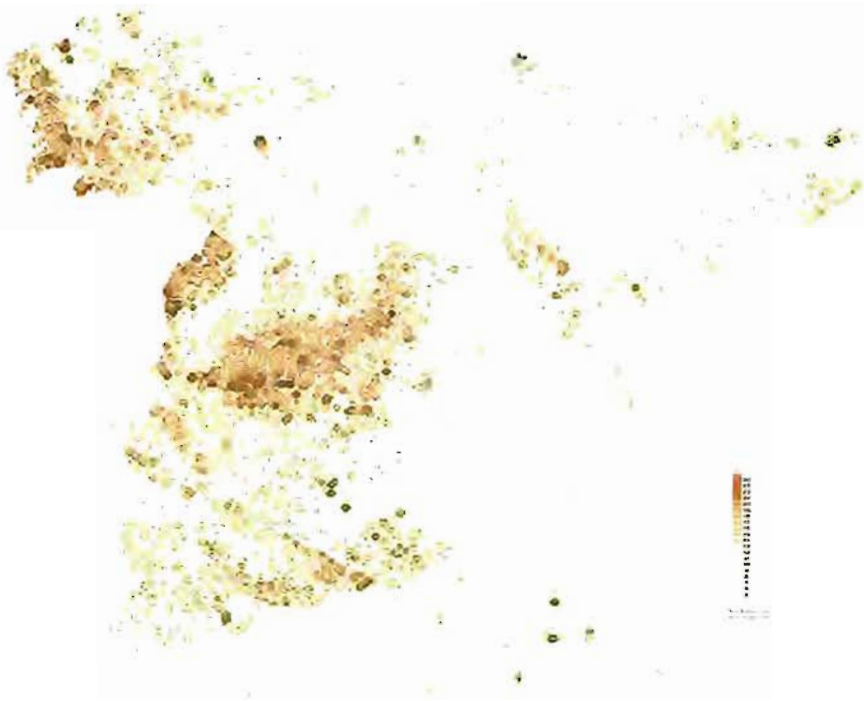
cional. La Comisión recomienda como nivel límite objetivo de diseño para futuras construcciones un valor de dosis efectiva anual de 10 mSv, que puede considerarse equivalente a una concentración media anual de radón de 200 Bq/m<sup>3</sup>,

señalando adicionalmente que se apliquen siempre los principios de optimización.

En la tabla 1 se presentan los valores límite objetivo de diseño existentes en distintos países europeos de acuerdo a lo indicado en la publicación [6] del Instituto Sueco de Protección Radiológica SSI, con la excepción del valor de Francia, que se ha obtenido de la Circular nº 99-46 de 27 de enero de 1999 de la Dirección General de la Salud [7].

Una vez analizada la documentación indicada, se ha propuesto el siguiente texto para incluir en el CTE: “El diseño y la construcción del edificio se llevarán a cabo de manera que se asegure que los ocupantes no estén expuestos a unas concentraciones de radón que pudieran implicar un riesgo para la salud”.

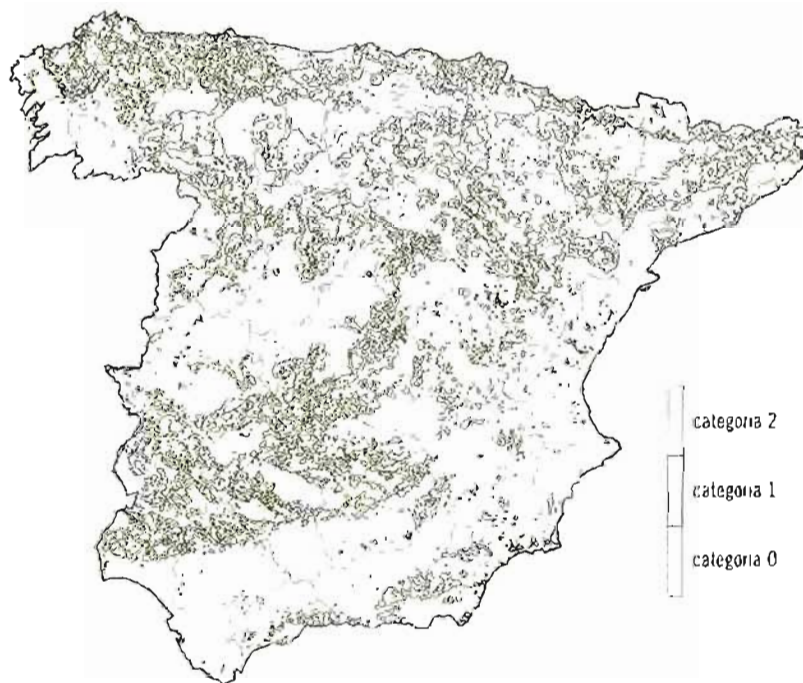
Así mismo, como valor límite de concentración objetivo de diseño, se ha propuesto el indicado por la Comisión. Este valor no debería rebasarse dentro de las dependencias habitadas de los edificios; no obstante al valor indicado, se deberá intentar conseguir en el interior unas concentraciones de radón tan bajas como sea posible.



► Figura 1. Niveles de radiación  $\gamma$

● Tabla 2. Características radiológicas de las distintas zonas.

Categoría	Exposición potencial	Tasa exposición ( $\mu\text{R/h}$ )	Conc. de $^{226}\text{Ra}$ ( $\text{Bq/kg}$ )	Tasa exhalación $\text{Bq/m}^3\cdot\text{s}$	Conc. media $^{222}\text{Rn}$ ( $\text{Bq/m}^3$ )
0	Baja	<7,5	<37,5	<0,053	<150
1	Media	7,5-10	37,5-50	0,053-0,070	150-200
2	Alta	>10	>50	>0,070	>200



● Figura 2. Categorías de exposición potencial al radón.

### 3. Clasificación del territorio en cuanto a la potencialidad de la exposición al radón en el interior de las edificaciones

La clasificación del territorio se ha llevado a cabo en dos ámbitos, uno general (nacional y provincial) y otro específico de la zona de edificación.

#### 3.1.-Criterio general de clasificación

Para la clasificación general del país, se han considerado las características geológicas y los resultados obtenidos en el proyecto Marna [8] (figura 1), desarrollado por el CSN y Enusa Industrias Avanzadas, y, adicionalmente, y con objeto de validar la clasificación, los resultados de las medidas de radón llevadas a cabo en el interior de las viviendas del país dentro del proyecto Radón [9] del CSN.

La metodología seguida en la elaboración de la clasificación general de categorías de exposición potencial al radón está basada en lo siguiente:

- El proyecto Marna proporciona valores de tasa de exposición a la radiación gamma en  $\mu\text{R/h}$ .

- Los elementos radiactivos naturales que contribuyen en más del 95% a la tasa de exposición a la radiación gamma son el  $^{40}\text{K}$  y las series del uranio ( $^{238}\text{U}$ ) y el torio ( $^{232}\text{Th}$ ).

- El rango de valores de la tasa de exposición a la radiación gamma, en rocas y suelos, está generalmente comprendido entre 3 y 30  $\mu\text{R/h}$ , existiendo para estos valores una correlación positiva entre los tres elementos naturales, potasio, uranio y torio, cuya ley de distribución se ha determinado en suelo y rocas, utilizando 1.318

datos<sup>1</sup> de análisis de concentraciones isotópicas bastante representativos al estar los puntos de muestreo repartidos por todo el país.

- La contribución de cada uno de estos elementos a la tasa de exposición es la siguiente:

- Un 1% de  $^{40}\text{K}$  (310  $\text{Bq/kg}$ ) equivale a 1,505  $\mu\text{R/h}$ .

- 1 ppm de uranio (12,3  $\text{Bq/kg}$ ) equivale a 0,653  $\mu\text{R/h}$ .

- 1 ppm de torio (4  $\text{Bq/kg}$ ) equivale a 0,287  $\mu\text{R/h}$ .

- Conocida la ley de distribución de los tres elementos, se puede estimar el aporte de cada uno a la tasa de exposición total, y, supuesto el equilibrio del  $^{226}\text{Ra}$  con el  $^{238}\text{U}$ , se puede estimar el aporte del  $^{226}\text{Ra}$  a la tasa de exposición.

- A partir del contenido de  $^{226}\text{Ra}$  en el terreno, se pueden estimar la tasa de exhalación de  $^{222}\text{Rn}$  desde dicho terreno y la concentración media anual de radón en una vivienda tipo, para unas condiciones dadas tanto de la vivienda como del terreno subyacente.

Una descripción más detallada de la metodología utilizada se encuentra en las siguientes referencias [10, 11].

Mediante esta clasificación general se han establecido tres categorías de exposición potencial.

Categoría	Exposición potencial al $^{222}\text{Rn}$
0	Baja
1	Media
2	Alta

<sup>1</sup> Los valores de las concentraciones isotópicas han sido facilitadas por D. Antonio Baeza (Universidad de Extremadura), D. José Hernández-Armas (Universidad de La Laguna), D. Luis Quindós (Universidad de Cantabria), D. Carlos Villaseca (Universidad Complutense de Madrid) y D. Andrés Cuesta (Universidad de Oviedo).

En la tabla 2 se presentan recopiladas las principales características radiológicas de las tres zonas: niveles medios de tasas de exposición a la radiación gamma, concentraciones medias de  $^{226}\text{Ra}$  en el terreno, valores medios de tasas de exhalación de radón y valores previsibles medios anuales de concentraciones de radón en el interior de las viviendas.

Se ha obtenido un mapa general de la península (figura 2) y 46 mapas provinciales, en los que aparecen los correspondientes términos municipales, y, como ejemplo de mapa provincial que contiene las tres categorías, se ha incluido el de la provincia de Huesca (figura 3).

Conocida la relación existente entre geología,  $^{226}\text{Ra}$  y  $^{222}\text{Rn}$ , se puede indicar que las zonas de mayor riesgo potencial se encuentran en aquellas áreas con altos contenidos de  $^{226}\text{Ra}$ , y que aparecen en rocas plutónicas y efusivas ácidas (con alto contenido en  $\text{SiO}_2$ ), tales como granodioritas, granitos, granitos alcalinos y calcoalcalinos, sienitas, aptitas y pegmatitas, así como en las rocas sedimentarias derivadas, principalmente arcosas y grauwas. También pueden presentar contenidos significativos de  $^{226}\text{Ra}$  las areniscas, arcillas y calizas que se hayan formado en un ambiente reductor.

Merecen especial atención las pizarras negras aluminosas, arcillas negras, areniscas de fosfatos y determinados granitos como los denominados de facies porfídica, central y de dos micas, así como las episienitas.

Las rocas metamórficas tales como esquistos, neises y filitas presentan valores intermedios de  $^{226}\text{Ra}$ .

Los contenidos más bajos de  $^{226}\text{Ra}$  se encuentran en rocas plutónicas básicas, como dioritas, garbos, diabasas, anfíbolitas y peridotitas, y en rocas efusivas básicas como los basaltos y ofi-

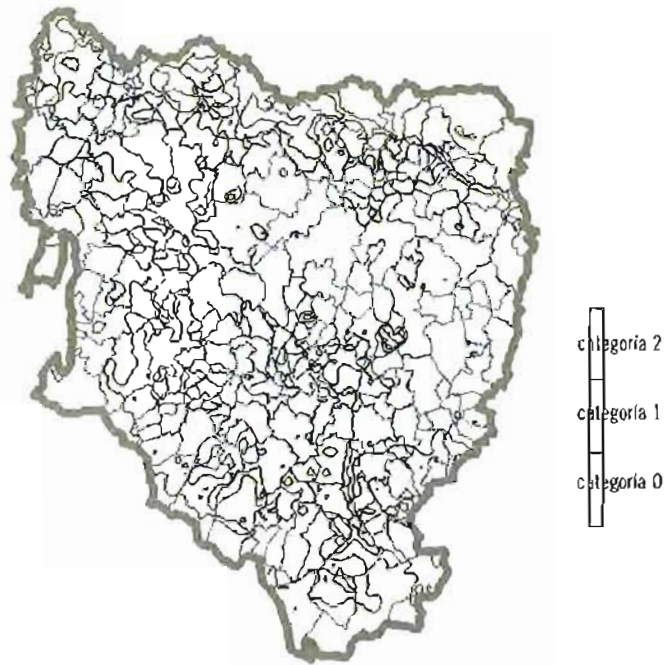


Figura 3. Categorías de exposición al radón. Provincia de Huesca.

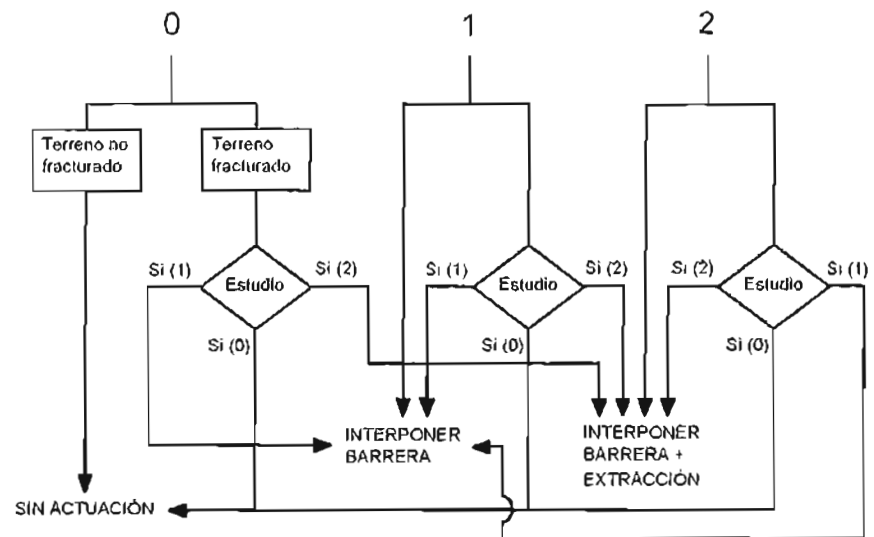


Figura 4. Diagrama de actuación de acuerdo con las distintas categorías genéricas de riesgo.

tas, así como en las rocas sedimentarias derivadas. También presentan valores bajos las calizas, cuarcitas y areniscas, *flysh*. A pesar de todo, en estas zonas se pueden presentar altos contenidos de  $^{222}\text{Rn}$  en fallas abiertas y cuevas, que pueden constituir "autopistas" de salida de radón [12].

Según la categoría de cada zona, se deberán realizar estudios específicos y edificarse o no de

acuerdo a unos criterios de protección.

En la figura 4 se expone un diagrama donde se presentan las actuaciones a seguir en las distintas categorías de acuerdo con la clasificación general.

### 3.2.- Criterio específico de clasificación

Este nivel de clasificación será aplicable directamente a las zonas de edificación, es decir, al terreno

► Tabla 3. Clasificación del terreno de construcción.

Exposición potencial al radón	Concentración de $^{222}\text{Rn}$ en el terreno $\text{Bq/m}^3$			Tipo de edificación
	Permeabilidad baja < $4 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$	Permeabilidad media $4 \cdot 10^{-13} - 4 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$	Permeabilidad alta > $4 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$	
Baja	< 30.000	< 20.000	< 10.000	Normal.
Media	30.000-100.000	20.000-70.000	10.000-30.000	Con barreras de prevención de entrada de radón.
Alta	> 100.000	> 70.000	> 30.000	Con barreras de prevención y preinstalación de sistema de extracción.

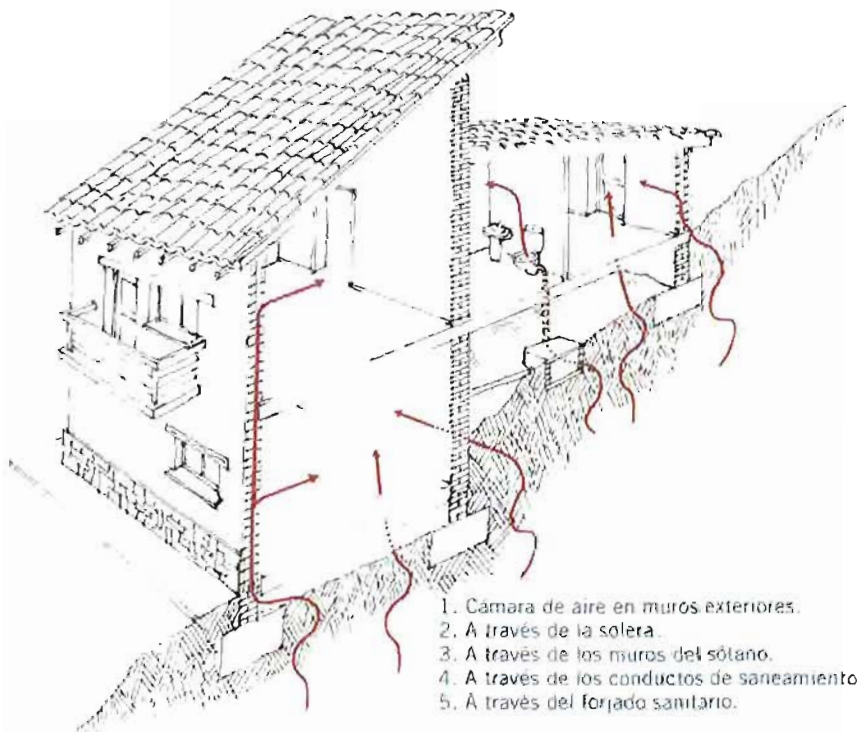
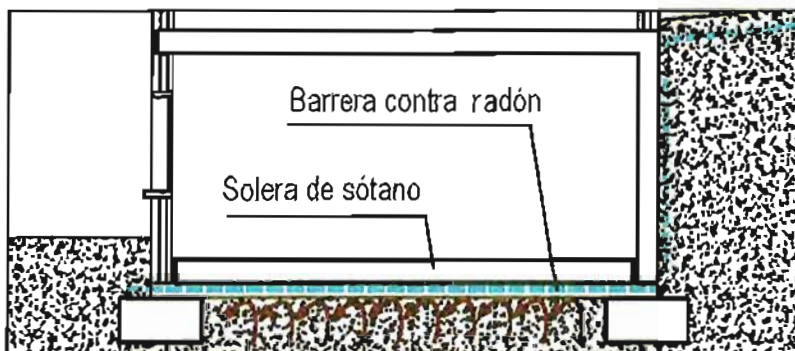


Figura 5. Vías de entrada de radón en las viviendas.



► Figura 6. Barrera bajo solera (I.S.I.I.).

donde se va a construir. Mediante este segundo nivel se validará la clasificación inicial, teniendo, por lo tanto, más elementos de juicio a la hora de decidir sobre las medidas de protección a introducir en las nuevas edificaciones.

Para la clasificación específica de las correspondientes zonas de edificación, se han considerado fundamentalmente dos factores: la concentración de radón existente en el terreno subyacente y la permeabilidad de dicho terreno, que facilitará en mayor o menor grado el transporte del gas radón y su exhalación, y, por lo tanto, su potencial entrada y acumulación en el futuro edificio, en caso de que no se impida mediante las correspondientes técnicas constructivas.

Los niveles de referencia para la clasificación de las correspondientes zonas de construcción [13, 14] se exponen en la tabla 3.

#### 4.- Protocolos de medida

Para la realización de las medidas de radón en el interior del terreno, se ha desarrollado un protocolo de medida [14] en el que se describen aspectos tales como los métodos de medida, la forma de llevar a cabo las medidas, la expresión de resultados y el programa de garantía de calidad. Asimismo, y siguiendo el mismo esquema, se ha desarrollado otro protocolo [15] con objeto de verificar los niveles de radón existentes en el interior de las edificaciones recién construidas y comprobar que los valores obtenidos se encuentran dentro de concentraciones consideradas aceptables.

► Tabla 4. Sistemas de protección al radón en función de la categoría de riesgo y el tipo de edificación.

Tipo de edificio	Elemento construc.	CATEGORÍA DE RIESGO		
		0	1	2
1. Edificio contruido únicamente sobre rasante.	Solera	Sin actuación	1.S.1.1. Barrera <u>bajo</u> solera 1.S.1.2. Barrera <u>sobre</u> solera <sup>*(1)</sup>	1.S.2.1. Barrera <u>bajo</u> solera más extracción <sup>*(2)</sup> 1.S.2.2. Barrera <u>sobre</u> solera más extracción <sup>*(2)</sup>
	Forjado sanitario	Sin actuación	1.F.1.1. Barrera <u>bajo</u> forjado sanitario 1.F.1.1. Barrera <u>sobre</u> forjado sanitario <sup>*(1)</sup>	1.F.2.1. Barrera <u>sobre</u> forjado sanitario más extracción <sup>*(2)</sup> 1.F.2.2. Barrera <u>sobre</u> forjado más ventilación
2. Edificio construido con parte bajo rasante.	Solera	Sin actuación	2.S.1.1. Barrera <u>bajo</u> solera: igual a solución 1.S.1.2. 2.S.1.2. Barrera <u>sobre</u> solera: igual a solución 1.S.1.1.2. <sup>*(1)</sup>	2.S.2.1. Barrera <u>bajo</u> solera más extracción. Igual a solución 1.S.2.1. <sup>*(2)</sup> 2.S.2.2. Barrera <u>sobre</u> solera más extracción. Igual a solución 1.S.2.2. <sup>*(2)</sup>
	Forjado sanitario	Sin actuación	2.F.1.1. Barrera <u>bajo</u> forjado sanitario: Igual a solución 1.F.1.1. 2.F.1.2. Barrera <u>sobre</u> forjado sanitario. Igual a solución 1.F.1.2. <sup>*(1)</sup>	2.F.2.1. Barrera <u>sobre</u> forjado más extracción. Igual a solución 1.F.2.1. <sup>*(2)</sup> 2.F.2.2. Barrera <u>sobre</u> forjado más ventilación periscópica
	Muro de sótano	Sin actuación	2.M.1.1. Barrera en cara exterior de muro de sótano	2.M.2.1. Barrera en cara exterior de muro de sótano: Igual a 2.M.1.1.

(1) Se contempla la posible preinstalación de una arqueta de captación para un uso posterior.

(2) Los sistemas de extracción pueden ser prefabricados o hechos *in situ*.

### 5.- Técnicas de edificación

En la figura 5 se muestran las posibles vías de entrada del radón en el interior de las viviendas, siendo estas vías las que hay que

anular mediante las correspondientes técnicas de edificación. La solución constructiva elegida vendrá dada por la categoría de la zona donde se va a realizar la edi-

ficación y por el tipo previsto de edificación [17].

A tales efectos se han distinguido dos tipos de edificaciones:

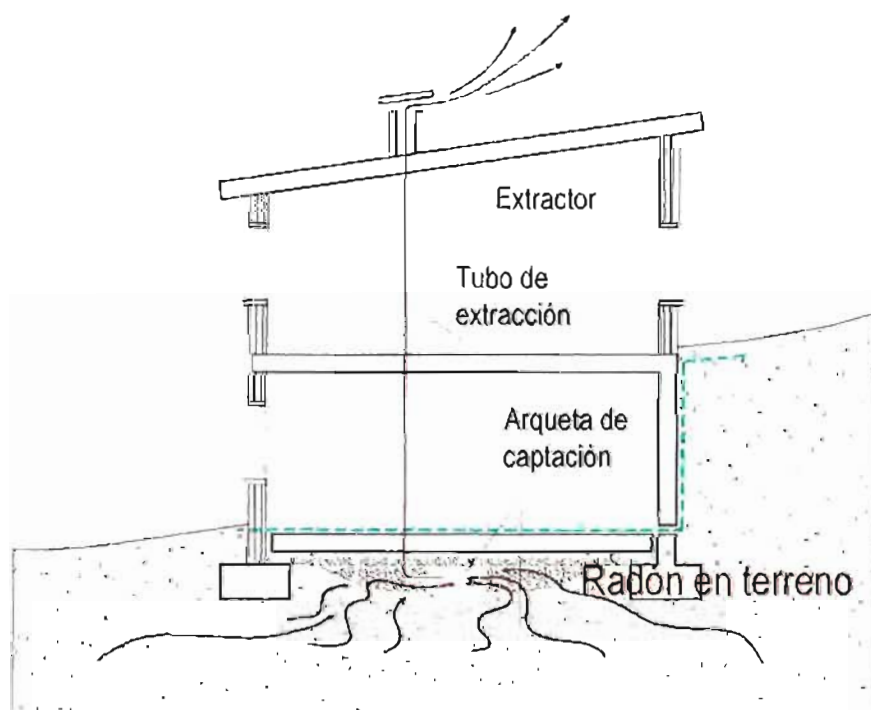
- Edificio construido únicamente sobre rasante. No presenta ningún espacio bajo la cota del terreno.

- Edificio construido con parte bajo rasante. Algún espacio habitable del edificio se encuentra bajo la cota del terreno.

Dentro de cada tipo de edificio, existirán elementos constructivos propios que deberán ser objeto de un diseño y construcción adecuados para obtener la protección requerida frente al gas radón.

La tabla 4 recoge las distintas actuaciones que se deberán llevar a cabo en función de la categoría de riesgo detectada y de los elementos constructivos presentes en el diseño de la edificación.

Como puede verse en la tabla, se han desarrollado una serie de soluciones donde se presentan, en un grupo de fichas, una ilustración de la solución constructiva, su aplicación y una serie de



► Figura 7. Barrera sobre solera más sistema de extracción (1.S.2.2.).

observaciones, con objeto de tener en cuenta aspectos tales como el paso de conductos, el aumento de cargas en puntos específicos de la construcción, las juntas de dilatación, la utilización de hormigones especiales para evitar fisuras, etc.

En las figuras 6 y 7 se exponen dos ejemplos de las soluciones desarrolladas: la incorporación de una barrera contra el radón bajo la solera del edificio, y la incorporación de una barrera de prevención sobre solera y un sistema de extracción que puede utilizarse de forma natural o forzada.


Las barreras para prevenir la entrada de radón en el interior de las edificaciones son efectivas siempre que su instalación se realice de forma adecuada, y están

hechas de materiales que cumplen los requisitos de resistencia al paso del aire y la humedad. Generalmente se utilizan láminas de polietileno simples o reforzadas, solas o en combinación con otros materiales tales como bitumen y láminas de aluminio.

Los sistemas de extracción son generalmente muy efectivos a la hora de reducir los niveles de radón. Existen dos tipos de sistemas: los denominados activos, que utilizan un aparato extractor, y los denominados pasivos, en los que el movimiento del aire entre la parte inferior y superior del sistema se realiza por el efecto del viento y el denominado "efecto chimenea", generado por la diferencia de temperatura del aire interior y exterior.

#### 4. Conclusión

La incorporación de la protección al radón en el Código Técnico de la Edificación es el primer paso dado en nuestro país para proteger de una manera activa a la población de los riesgos derivados de la presencia de este isótopo y sus descendientes en concentraciones elevadas en el interior de las edificaciones. Se tiene previsto continuar la colaboración entre el CSN y el Instituto "Eduardo Torroja" para comenzar el estudio de las posibles medidas de remedio aplicables a viviendas ya edificadas.

Los autores agradecen la colaboración prestada por D. Antonio Baeza, D. José Hernández-Armas, D. Luis S. Quindós, D. Carlos Villaseca y D. Andrés Cuesta para la realización del presente estudio. 

#### Referencias

- [1]. *Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación*. B.O.E. nº 266 de 6 de noviembre de 1999.
- [2]. *The Building Regulations 2000 Statutory Instrument nº 2531*. Department of the Environment and the Welsh Office. London HMSO. 2000.
- [3]. *Building Regulations BBR. Mandatory Provisions and General Recommendations*. Swedish Board of Housing Building and Planning. 2001.
- [4]. *Technical Regulations under the Planning and Building Act 1997. Regulations Concerning Requirements for Construction Works and Products for Construction Works*. National Office of Building Technology and Administration HO-1/98. Norway.
- [5]. *Commission Recommendation of 21 February 1990 on the Protection of the Public Against Indoor Exposure to Radon (90/1431 Euratom)*.
- [6]. Akerblom, G. *Radon Legislation and National Guidelines*. Swedish Radiation Protection Institute. July 1999.
- [7]. *Circulaire nº 99-46 du 27 janvier 1999 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon*. Direction Générale de la Santé et Conseil Supérieur d'hygiène Publique de France.
- [8]. E. Suárez Mahou, E. J.A. Fernández Amigol, A. Baeza, M.C. Moro, D. García Pomar, J. Moreno del Pozo y J.M. Lanaja. *Proyecto Marna. Mapa de radiación gamma natural*. Colección Informe Técnicos 5. 2000 CSN.
- [9]. *Medidas de radón en viviendas españolas Caracterización de sus fuentes*. Colección Otros Documentos 6. 1998. CSN.
- [10]. M. Cascón, E. Suárez, J.A. Fernández, L.S. Quindós, C. Villaseca y D. García. *Predicción de la concentración de radón. Proyecto Marna*. Workshop Radon y Medio ambiente 13 y 14 de julio. Aula de Medio Ambiente. Proyecto ERRICCA-2. Suances. Julio 2002.
- [11]. García Cadicerno, J.P. *Estimación de la concentración de radón en el interior de las viviendas a partir de las medidas de tasa de exposición natural. (Marna)*. CSN-SRA. Informe interno. Enero 2003.
- [12]. E. Suárez Mahou. *La radiación natural en España. Proyecto Marna*. Geología de España en imágenes. CSN. 1997.
- [13]. I. Baner, *Radon Risk Mapping and Geological Aspects. Training Course on Radon Risk and Remedial Actions*. Commission of European Community. Swedish Radiation Protection Institute. SSI. Stockholm. September 1995.
- [14]. Martín Neznal. *Radón v.o.s. Comunicación personal*. Octubre 2002.
- [15]. L. Quindós. *Protocolo para la medida de la concentración de <sup>222</sup>Rn en el interior del terreno*. Universidad de Cantabria. Octubre 2002.
- [16]. J.L. Martín Matamanz. *Protocolo para la medida de radón en edificaciones recién construidas*. CSN/TGE/AEIR/1002/1614. Octubre 2002.
- [17]. B. Frutos y M. Olaya. *Métodos para prevenir la entrada de radón en edificios de nueva construcción*. Instituto "Eduardo Torroja" de Ciencias de la Construcción. Diciembre 2002.



# Control de las instalaciones radiactivas en España

El CSN lleva a cabo directamente y a través de las comunidades autónomas con las que se ha suscrito acuerdo de encomienda de funciones, la inspección de las instalaciones radiactivas (IRA).

En este artículo se explican las categorías de clasificación de este tipo de instalaciones, quiénes son los responsables de su inspección, cómo se planifica la misma y cuáles son los resultados obtenidos.

En España existen en estado operativo 1.319 instalaciones radiactivas (independientemente de las 20.404 radiológicas, entendiéndose por radiológicas los rayos X), clasificadas en las tres categorías que establece el Real Decreto 1836/1999 sobre el *Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas*. Esta clasificación, resumida por sus características, puede observarse en la tabla 1.

La distribución por categorías y campo de aplicación (actualizado a junio de 2003) se presenta en la tabla 2.

El CSN ha encomendado, de acuerdo con su ley de creación, la inspección de las instalaciones radiactivas (IRA) a seis comunidades autónomas. En tres de ellas, Cataluña, Baleares y País Vasco, la encomienda incluye las inspecciones de control y las previas al licenciamiento. En las tres restantes: Comunidad Valenciana, Navarra y Galicia, solamente se efectúan las de control, ya que las inspecciones previas al licenciamiento y las necesarias para las modificaciones, son realizadas por el CSN.



► Figura 1. Vista parcial de instalación radiactiva. Laboratorio de carbón.

► **TABLA 1. Categorías y exenciones de las instalaciones radiactivas.\***

Cantidades o actividades exentas (no son IRA) (Art. 35 y Anexo 1.1)	Tercera categoría (Art. 34.2 y Anexo 1.2c)	Segunda categoría (Art. 34.2 y Anexo 1.2c)	Primera categoría (Art. 34.2)
a) y b) Cantidades < LE de la tabla A.	Isótopos en cantidades < 10 <sup>3</sup> LE.	Isótopos en cantidades ≥ 10 <sup>3</sup> LE.	El ciclo.
c) Aparatos con cantidades > LE pero que sean de tipo probado por por el MIE según Anexo II.	Y, si son mezcla de isótopos, cuando $\Sigma A_i / LE_i < 10^3$	Y, si son mezcla de isótopos, cuando $\Sigma A_i / LE_i \geq 10^3$ .	Instalaciones industriales de irradiación.
d) TV con ≤ 30 Kvp y microsc. electrón., si dan ≤ 1 μSv/h a 0,1 m.	Rayos X < 200 Kvp (Definición de la 25/1964, art. 2.13.3.b)	Rayos X > 200 Kvp.	
e) Otros equipos distintos a los d) pero que sean de tipo probado por el MIE según Anexo II.			
f) Material contaminado, procedente de evacuaciones autorizadas, declarado por el MIE como no sometido a controles posteriores.		Aceleradores de partículas y las instalaciones donde se almacenen fuentes de neutrones.	
g) Otras prácticas declaradas exentas por el MIE que, superando los valores de la tabla A, produzcan: 1) una tasa de H al público ≤ 10 μSv/año 2) una S <sub>T</sub> ≤ 1 Sv/persona-año o que el análisis de optimización sugiera que la exención es lo óptimo.		(Definición de la 25/1964 modificada por la Disp. Adic. Primera de la Ley 15/1980).	
(Art. 34.1.b) Aparatos productores de radiación ion y funcionen a < 5 Kv			
(Art. 34.1.c) Almacenamiento incidental durante el transporte.			
(Disp. Adic. Segunda) Los SPR, UTPR, ERX y los centros de dosimetría podrán ser exceptuados de ser IRA (y así lo pondrá en su REM), aunque tengan fuentes de calibración incorporadas a sus equipos de medida.			

\*Según Real Decreto 1836/1999.art. 34 y Anexo I y Disposición Adicional Primera de la Ley 15/1980, que además modifica el término "instalaciones radiactivas" de la Ley 25/1964, art. 2.13.

De las 1.319 instalaciones en funcionamiento, al CSN le corresponde realizar el control de 737, lo que equivale al 55,87% del total, mientras que a las comunidades autónomas les corresponde realizar el control de 582, lo que representa el 44,13% del total de inspecciones a realizar.

Las inspecciones a efectuar por el CSN previas al licenciamiento, modificación, clausura y especiales no admiten una programación de detalle, pero, unidas a las que se tienen que realizar para el control, totalizan un número muy aproximado a 800. La experiencia demuestra que un número de 100 inspecciones/año puede realizarse

► **TABLA 2.**

Categoría	Campo de aplicación	Año 2003
1ª	Irradiación	1
2ª	Comercialización	47
	Investigación y Docencia Industriales	84
	Médicas	557
3ª	Comercialización	21
	Investigación y Docencia Industriales	76
	Médicas	183
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>
		<b>1319</b>

por cada inspector del CSN con muy altos índices de calidad, teniendo en cuenta la distribución geográfica de las instalaciones por casi todo el territorio nacional.

Hasta la fecha, la planificación de inspecciones ha tenido como uno de sus objetivos el efectuar una inspección de control anual a cada instalación en el ámbito de actuación del CSN. Dicho objetivo

► TABLA 3.

PRÁCTICA	PRIORIDAD
<b>INDUSTRIALES</b>	
- Irradiación	
- Radiología	
- Laboratorios de radioisótopos	ALTA *
<b>MÉDICAS</b>	
- Radioterapia	
- Medicina Nuclear	
<b>INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA</b>	
- Laboratorios de radioisótopos	
<b>INDUSTRIALES</b>	MEDIA *
- Control de procesos (nº de fuentes elevado)	
- Medida de humedad (nº de equipos considerable)	
<b>COMERCIALIZADORAS (Fuentes y sustancias radiactivas)</b>	
<b>INDUSTRIALES</b>	
- Control de procesos (nº de fuentes reducido)	
- Medida de humedad (nº de equipos reducido)	
- Análisis instrumental	
<b>MÉDICAS</b>	BAJA **
- Radioinmunoanálisis	
<b>INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA</b>	
- Análisis instrumental	
<b>COMERCIALIZADORAS (Equipos generadores)</b>	

\* Prioridad alta y media: inspección 100% cada 12 meses.

\*\* Prioridad baja: inspección 100% cada 12 meses. En caso de insuficiencia de recursos esta frecuencia disminuiría, con un mínimo del 100% cada 24 meses.

no ha podido ser alcanzado prácticamente nunca, dados los recursos humanos disponibles (seis inspectores del CSN frente a los diecisiete de las comunidades autónomas). Por ello, resulta necesario priorizar las inspecciones a las instalaciones radiactivas que puedan comportar mayor riesgo en su funcionamiento. La tabla 2 muestra la prioridad dada la planificación para el año 2003 en función de la actividad de la instalación.

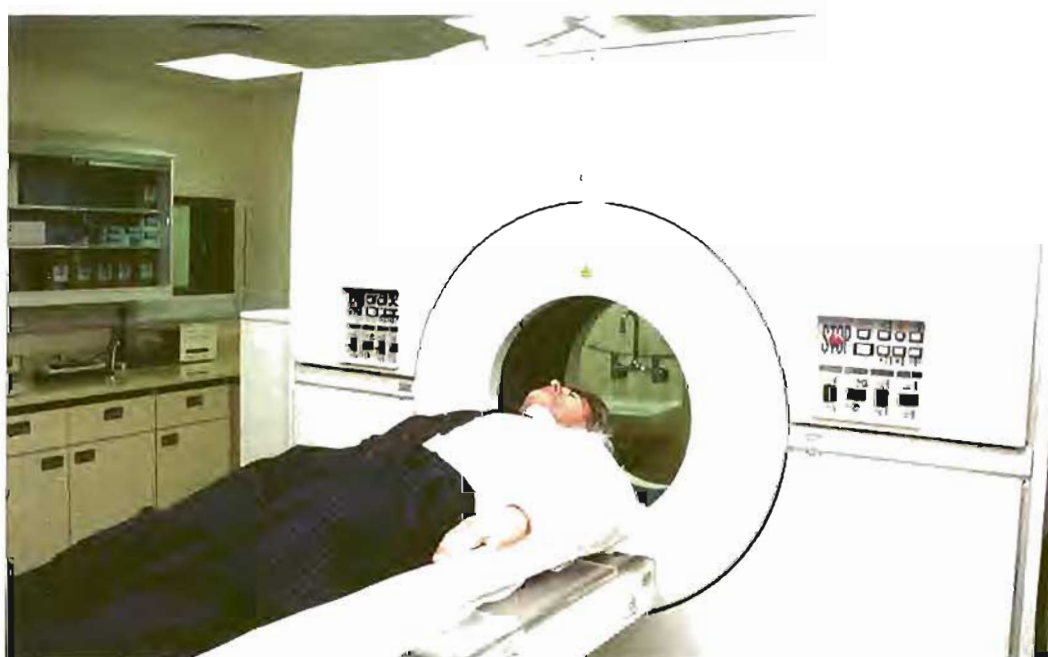
Otra consideración a tener en cuenta es la que se refiere a la *resolución de sobredosis*; la inspección se efectúa en un plazo máximo de 15 días, las denuncias son atendidas en el plazo de un mes, mientras que la inspección por incidencias se realizan en un plazo de una semana.

La tabla 4 muestra las inspecciones realizadas por el CSN durante el año 2002.

► TABLA 4. Inspecciones efectuadas por el Consejo de Seguridad Nuclear durante 2002.

PM	CON	MOD	INC	CL	RX	ERX	TOTAL
46	554	18	10	3	22	1	654

PM: puesta en marcha, CON: control; MOD: modificación; INC: incidencias; CL: clausura; Rx: fines; R. general 4.270 (21%); R. dental 14.481 (71%); R. veterinario 1.498 (7%); R. podológico 155 (< 1%); ERX: empresas de venta y asistencia técnica a rayos X (VAT) (208).



► Figura 2. Durante 2002, el CSN ha realizado el 73,54% de las inspecciones de control de instalaciones radiactivas que le corresponden.

Como puede apreciarse, las inspecciones de control efectuadas representan el 73,54% del total que le corresponde al CSN, lo que indica un control muy aceptable por parte del organismo regulador, durante el funcionamiento de las instalaciones radiactivas.

El número total de inspecciones de control realizadas durante el año, tanto por personal del CSN como de las comunidades autónomas, ha sido de 1.354. (51)

# Inspecciones a las centrales nucleares españolas en operación

Durante el año 2002, el CSN ha realizado un gran esfuerzo en la inspección de las centrales nucleares, con más de 39.000 horas de inspección a este tipo de instalaciones. Este esfuerzo ha ido

encaminado a incrementar el número de inspecciones multidisciplinares, que es lo más adecuado para un control del funcionamiento de las instalaciones nucleares desde un punto de vista global.

En octubre del año 2000, el Consejo aprobó un nuevo modelo de inspección aplicable a todas las instalaciones y actividades reguladas por el CSN, y en función del cual se planifican y realizan todas las actividades de inspección llevadas a cabo por el personal del CSN y de las comunidades autónomas con encomienda de funciones en inspección.

Para las centrales nucleares en operación, el modelo establece tres tipos de inspecciones:

- Inspecciones de licenciamiento.
- Inspecciones de control (sistemático y eventual).
- Inspecciones especiales o reactivas.

Las *inspecciones de licenciamiento* son las que se realizan asociadas a procesos de autorizaciones a las instalaciones, y, en general, se utilizan para verificar o contrastar algunos aspectos recogidos en la documentación presentada por los titulares en apoyo de la solicitud de autorización, para presenciar pruebas requeridas después de realizar modificaciones de diseño autorizadas, etc. Normalmente son realizadas por los mismos técnicos asignados a la evaluación de las solicitudes.

Las *inspecciones de control* se

realizan para comprobar que el funcionamiento de la instalación se realiza de acuerdo con la normativa aplicable. Estas comprobaciones pueden realizarse sistemáticamente de una forma periódica a unos aspectos del funcionamiento previamente establecidos, o bien pueden consistir en comprobaciones puntuales y esporádicas a aspectos concretos del funcionamiento de la instalación.

Finalmente, las *inspecciones especiales o reactivas* son las que se realizan como consecuencia de incidentes o actuaciones no previstas de los titulares, cuando el CSN estima que tales actuaciones deben analizarse o comprobarse con mayor profundidad mediante inspecciones *ad hoc*.

Las inspecciones de control sistemáticas o periódicas son las que se recogen en el denominado "programa base de inspección", que constituye un conjunto de comprobaciones a diferentes actividades del funcionamiento de las centrales que debe completarse en un periodo de dos años. Durante el bienio 2001-2002, el programa se realizó de forma satisfactoria con 25 áreas inspeccionables para cada central, y en enero de 2003 se han planifi-

cado todas las inspecciones correspondientes al bienio 2003-2004, una vez introducidos algunos cambios en la lista de las áreas a inspeccionar. Se ha definido el mes en que se va a realizar cada inspección y se ha presentado a los titulares para su conocimiento, de forma que permita planificar mejor la actividad inspectora por ambas partes.

De la experiencia de los últimos años se puede indicar que aproximadamente el 50% del total de las inspecciones que se realizan a las centrales corresponde al programa base de inspección, el 40% corresponde a inspecciones de licenciamiento y de control eventual, y un 10% son inspecciones especiales o reactivas, fundamentalmente como investigación en profundidad tras incidentes operativos. La tendencia de los últimos años indica que se dedicará cada vez menos esfuerzo a las inspecciones de licenciamiento y de control eventual, y se incrementará el tiempo dedicado al control sistemático y periódico, que garantiza de forma más adecuada que la central funciona de acuerdo a los parámetros y la normativa establecida, manteniéndose los niveles de seguridad con los que ha sido licenciada y autorizada su operación.

Durante el año 2002, se realizaron 209 inspecciones a las nueve centrales nucleares en operación (aunque se contabilizan como siete, ya que los emplazamientos con dos unidades se consideran una sola central, al ser normalmente las inspecciones comunes para las dos unidades), lo que supone 10 más de las planificadas en el Plan Anual de Trabajo (PAT), que a su vez era un número bastante superior al de las realizadas el año 2001.

De estas 209 inspecciones, 17 han sido reactivas, lo que supone un 8% del total. Además ha sido destacable que, de las 17 inspecciones, 12 se realizaron a la central nuclear José Cabrera debido a diversos incidentes relacionados con la seguridad física de la instalación y otros incidentes propiamente operativos, y el resto a la central nuclear de Cofrentes.

Asimismo, aunque la media habitual es realizar 25 inspecciones por instalación y año, la central nuclear José Cabrera ha sido objeto de 46 inspecciones durante el año 2002. Esto ha sido debido, por una parte, a la cantidad no habitual de inspecciones reactivas, y, por otra, a que en este año se le concedió un nuevo permiso de operación, lo que ha supuesto un análisis en profundidad de la central y, como consecuencia, una mayor presión inspectora por parte del CSN.

Durante el año 2002, se ha dedicado por el CSN un esfuerzo considerable a la inspección de centrales nucleares. Se han imputado más de 39.000 horas a la inspección de estas instalaciones, lo que ha supuesto que los inspectores de las oficinas centrales del CSN hayan incrementado en un 50% su esfuerzo respecto al año anterior. Este esfuerzo suplementario ha ido dirigido no sólo a incrementar el número de inspecciones, sino a mejorar y sistematizar el alcance de las que se realizaban, y a aumentar la cantidad de inspecciones multidisciplinares, que es lo más adecuado para un control del funcionamiento de




Figura 1. Vista parcial del parque eléctrico de la central nuclear de Trillo.

las instalaciones desde un punto de vista global. Esto significa que un gran número de personas de las dos direcciones técnicas, especialistas en muy diversas disciplinas, han participado en el programa de inspección a centrales nucleares, y es cada vez más frecuente que el equipo de inspectores esté compuesto por especialistas de diferentes áreas y subdirecciones del CSN para cubrir en una sola visita los aspectos más significativos del área o actividad a inspeccionar desde los diferentes ángulos implicados (operación, mantenimiento, requisitos de vigilancia, etc.).

Por otro lado, a lo largo del año 2002, se han continuado las actividades para el desarrollo de las herramientas precisas de cara a la posibilidad de establecer a medio plazo un programa de inspección informado en el riesgo para las centrales españolas. Estas actividades se llevan a cabo tanto en el ám-

bito interno como en el marco del grupo de trabajo formado por personal del CSN y Unesa para la mejora de la eficiencia del proceso regulador.

En este sentido, y para el desarrollo y puesta a punto de las herramientas precisas de cara a este cambio sustancial en la función inspectora del CSN, que supondría la aplicación de programas de inspección informados en el riesgo, el año pasado se realizó una inspección piloto multidisciplinar e informada en el riesgo a la central nuclear de Ascó, con el apoyo de inspectores pertenecientes a la NRC y de técnicos de una empresa consultora que asesora al CSN en la puesta en marcha de aplicaciones internas y externas de los APS. Para este año se va a realizar otra inspección de alcance similar a la central nuclear de Almaraz, ya sin el apoyo de personal de la NRC, por considerarlo innecesario. 

# Instrucción del CSN nº 5

El Boletín Oficial del Estado nº 86, de 10 de abril de 2003, publicó la instrucción de 26 de febrero de 2003 del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-05 por la que se definen los valores de

exención para nucleidos según se establece en las tablas A y B del anexo I del Real Decreto 1836/1999. A continuación se transcribe el texto de la citada instrucción.

El Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprobó el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas* (Boletín Oficial del Estado número 313, de 31 de diciembre de 1999) establece en su artículo 35 que, a los efectos del mismo, no tendrán la consideración de instalación radiactiva aquellas en que intervengan sustancias radiactivas cuya actividad o actividad por unidad de masa no exceda los valores de exención indicados en la tabla A del anexo I del mencionado reglamento.

También se establece que, cuando sea necesario, el Consejo de Seguridad Nuclear asignará valores adecuados para las actividades y actividades por unidad de masa de los nucleidos que no se recojan en la tabla A.

Los valores de exención que se recogen en la referida tabla A se corresponden con los indicados en el anexo I de la Directiva 96/29/Euratom del Consejo de la Unión Europea por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.

Aplicando la misma metodología y considerando los mismos criterios de dosis, el National Radiological Protection Board del

Reino Unido, en su documento NRPB-R306, ha determinado los valores correspondientes a otros nucleidos. Tras su análisis, dicho documento se ha considerado adecuado como base para la asignación de los valores a aquellos nucleidos no incluidos en la citada tabla A del *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas*, así como los contenidos en la tabla B del mismo que también se completa en esta instrucción.

En virtud de todo lo anterior y de conformidad con la habilitación legal prevista en el artículo 2º de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear, según la redacción otorgada por la disposición adicional primera de la Ley 14/1999, de 4 de mayo, previa consulta a los sectores afectados tras los informes técnicos oportunos, este Consejo de Seguridad Nuclear, en su deliberación del día 26 de febrero de 2003, ha dispuesto lo siguiente:

*Primero. Objeto y ámbito de aplicación.*

El objeto de esta instrucción es asignar los valores de actividad y de actividad por unidad de masa para los nucleidos de las tablas A y B del anexo I del Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprobó el *Reglamento so-*

*bre instalaciones Nucleares y radiactivas.*

*Segundo. Asignación de valores.* En las tablas que se adjuntan se recogen los nucleidos ya considerados en las tablas A y B del anexo I del Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprobó el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas*, a los que se añaden otros a los que mediante esta instrucción se les asigna un valor de actividad y de actividad por unidad de masa.

1. Disposición derogatoria única.

Las tablas reseñadas en la presente instrucción sustituyen y dejan sin efecto las tablas A y B del anexo I del Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprobó el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas*.

2. Disposición final única.

La presente instrucción entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado. Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos oportunos.

Madrid, 26 de febrero de 2003.

*La presidenta, María-Teresa Estevan Bolea.*

*Ilmo. Sr. secretario general del Consejo de Seguridad Nuclear.*

TABLA A

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Hidrógeno:</b>		
Compuestos		
Irradiados (incOBT)	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^6$
Elemental	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^5$
<b>Berilio:</b>		
Be-7	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Be-10	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
<b>Carbono:</b>		
C-11	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
C-11 monóxido	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^1$
C-11 dióxido	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^1$
C-14	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
C-14 monóxido	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^8$
C-14 dióxido	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^7$
<b>Nitrógeno:</b>		
N-13	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^7$
<b>Neón:</b>		
Ne-19	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^7$
<b>Oxígeno:</b>		
O-15	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^7$
<b>Fluor:</b>		
F-18	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Sodio:</b>		
Na-22	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Na-24	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Magnesio:</b>		
Mg-28+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Aluminio:</b>		
Al-26	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Silicio:</b>		
Si-31	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Si-32	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Fósforo:</b>		
P-32	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
P-33	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^3$
<b>Azufre:</b>		
S-35	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
S-35 (orgánico)	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^5$
S-35 (vapor)	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^6$
<b>Cloro:</b>		
Cl-36	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Cl-38	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Cl-39	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Argón:</b>		
Ar-37	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
Ar-39	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^1$
Ar-41	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^7$
<b>Potasio:</b>		
K-40	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
K-42	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
K-43	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
K-44	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
K-45	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Calcio:</b>		
Ca-41	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$
Ca-45	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Ca-47	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Scandio:</b>		
Sc-43	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$

TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Sc-44	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Sc-44m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$
Sc-46	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sc-47	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
Sc-48	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sc-49	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^7$
<b>Titanio:</b>		
Ti-44+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ti-45	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
<b>Vanadio:</b>		
V-47	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
V-48	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
V-49	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$
<b>Cromo:</b>		
Cr-48	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
Cr-49	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Cr-51	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
<b>Manganeso:</b>		
Mn-51	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Mn-52	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Mn-52m	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Mn-53	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Mn-54	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Mn-56	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Hierro:</b>		
Fe-52	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Fe-55	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Fe-59	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Fe-60+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^7$
<b>Cobalto:</b>		
Co-55	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Co-56	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Co-57	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
Co-58	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Co-58m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Co-60	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Co-60m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Co-61	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^7$
Co-62m	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Níquel:</b>		
Ni-56	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ni-57	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ni-59	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ni-63	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^5$
Ni-65	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ni-66	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
<b>Cobre:</b>		
Cu-60	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Cu-61	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Cu-64	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
Cu-67	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
<b>Zinc:</b>		
Zn-62	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
Zn-63	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Zn-65	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Zn-69	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Zn-69m	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^3$
Zn-71m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Zn-72	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$

► TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Galio:</b>		
Ga-65	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ga-66	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ga-67	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ga-68	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Ga-70	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ga-72	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ga-73	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
<b>Germanio:</b>		
Ge-66	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ge-67	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ge-68+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Ge-69	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ge-71	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Ge-75	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ge-77	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Ge-78	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
<b>Arsénico:</b>		
As-69	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
As-70	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
As-71	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
As-72	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
As-73	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
As-74	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
As-76	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
As-77	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
As-78	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Selenio:</b>		
Se-70	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Se-73	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Se-73m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Se-75	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Se-79	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Se-81	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Se-81m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Se-83	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Bromo:</b>		
Br-74	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$
Br-74m	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$
Br-75	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Br-76	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Br-77	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Br-80	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Br-80m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Br-82	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Br-83	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Br-84	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Kriptón:</b>		
Kr-74	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Kr-76	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Kr-77	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Kr-79	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
Kr-81	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Kr-81m	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^3$
Kr-83m	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^5$
Kr-85	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$
Kr-85m	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^3$
Kr-87	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Kr-88	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$

► TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Rubidio:</b>		
Rb-79	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Rb-81	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rb-81m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Rb-82m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rb-83+	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Rb-84	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rb-86	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Rb-87	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Rb-88	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Rb-89	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Estroncio:</b>		
Sr-80	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Sr-81	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Sr-82+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Sr-83	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sr-85	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sr-85m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Sr-87m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sr-89	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sr-90+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Sr-91	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Sr-92	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Itrio:</b>		
Y-86	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Y-86m	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Y-87+	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Y-88	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Y-90	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
Y-90m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Y-91	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Y-91m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Y-92	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Y-93	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Y-94	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Y-95	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
<b>Zirconio:</b>		
Zr-86	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Zr-88	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Zr-89	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Zr-93+	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Zr-95	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Zr-97+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Niobio:</b>		
Nb-88	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Nb-89 (2.03 horas)	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Nb-89 (1.01 hora)	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Nb-90	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Nb-93m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Nb-94	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Nb-95	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Nb-95m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Nb-96	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Nb-97	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Nb-98	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Molibdeno:</b>		
Mo-90	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Mo-93	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$
Mo-93m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$



● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Mo-99	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Mo-101	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Tecnecio:</b>		
Tc-93	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Tc-93m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Tc-94	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Tc-94m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Tc-95	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Tc-95m+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Tc-96	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Tc-96m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Tc-97	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^3$
Tc-97m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Tc-98	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Tc-99	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Tc-99m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Tc-101	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Tc-104	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Rutenio:</b>		
Ru-94	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^2$
Ru-97	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Ru-103	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ru-105	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Ru-106+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
<b>Rodio:</b>		
Rh-99	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rh-99m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rh-100	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Rh-101	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Rh-101m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Rh-102	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Rh-102m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Rh-103m	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^4$
Rh-105	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Rh-106m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Rh-107	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
<b>Paladio:</b>		
Pd-100	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Pd-101	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pd-103	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^3$
Pd-107	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^5$
Pd-109	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
<b>Plata:</b>		
Ag-102	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ag-103	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ag-104	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ag-104m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ag-105	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ag-106	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Ag-106m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Ag-108m+	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ag-110m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ag-111	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Ag-112	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ag-115	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
<b>Cadmio:</b>		
Cd-104	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Cd-107	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Cd-109	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Cd-113	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Cd-113m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Cd-115	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Cd-115m	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^3$
Cd-117	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Cd-117m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Indio:</b>		
In-109	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
In-110 (4,9 horas)	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
In-110 (69,1 minutos)	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
In-111	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-112	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-113m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-114	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
In-114m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-115	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
In-115m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-116m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
In-117	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
In-117m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
In-119m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
<b>Estaño:</b>		
Sn-110	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Sn-111	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sn-113	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Sn-117m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sn-119m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Sn-121	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$
Sn-121m+	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Sn-123	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sn-123m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sn-125	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Sn-126+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sn-127	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sn-128	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Antimonio:</b>		
Sb-115	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-116	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-116m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sb-117	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Sb-118m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-119	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Sb-120 (5,76 días)	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Sb-120 (15,89 minutos)	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sb-122	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Sb-124	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-124m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sb-125	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Sb-126	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Sb-126m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Sb-127	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-128 (9,01 horas)	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sb-128 (10,4 minutos)	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sb-129	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Sb-130	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Sb-131	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
<b>Telurio:</b>		
Te-116	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Te-121	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Te-121m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Te-123	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Te-123m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Te-125m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Te-127	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
Te-127m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Te-129	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Te-129m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Te-131	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Te-131m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Te-132	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Te-133	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Te-133m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Te-134	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Yodo:</b>		
I-120	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
I-120m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
I-121	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
I-123	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
I-124	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
I-125	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
I-126	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
I-128	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
I-129	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
I-130	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
I-131	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
I-132	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
I-132m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
I-133	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
I-134	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
I-135	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Xenon:</b>		
Xe-120	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
Xe-121	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
Xe-122+	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
Xe-123	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
Xe-125	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^3$
Xe-127	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
Xe-129m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$
Xe-131m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Xe-133m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Xe-133	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Xe-135m	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
Xe-135	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^2$
Xe-138	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^2$
<b>Cesio:</b>		
Cs-125	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Cs-127	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Cs-129	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Cs-130	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Cs-131	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Cs-132	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Cs-134	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Cs-134m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
Cs-135	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^1$
Cs-135m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Cs-136	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Cs-137+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Cs-138	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Bario:</b>		
Ba-126	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Ba-128	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Ba-131	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Ba-131m	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Ba-133	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ba-133m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ba-135m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ba-137m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ba-139	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Ba-140+	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ba-141	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ba-142	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Lantano:</b>		
La-131	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
La-132	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
La-135	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
La-137	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
La-138	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
La-140	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
La-141	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
La-142	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
La-143	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
<b>Cerio:</b>		
Ce-134	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^1$
Ce-135	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Ce-137	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Ce-137m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$
Ce-139	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ce-141	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Ce-143	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ce-144+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
<b>Praseodimio:</b>		
Pr-136	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^1$
Pr-137	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pr-138m	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Pr-139	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Pr-142	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Pr-142m	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Pr-143	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Pr-144	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Pr-145	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
Pr-147	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Neodimio:</b>		
Nd-136	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Nd-138	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Nd-139	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Nd-139m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Nd-141	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Nd-147	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Nd-149	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Nd-151	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
<b>Prometio:</b>		
Pm-141	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Pm-143	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pm-144	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pm-145	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Pm-146	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pm-147	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad demasa (kBq/kg)
Pm-148	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Pm-148m+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Pm-149	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Pm-150	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Pm-151	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Samario:</b>		
Sm-141	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Sm-141m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Sm-142	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Sm-145	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Sm-146	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Sm-147	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Sm-151	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Sm-153	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Sm-155	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Sm-156	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Europio:</b>		
Eu-145	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Eu-146	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-147	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Eu-148	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-149	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Eu-150 (34.2 años)	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-150 (12.6 horas)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Eu-152	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-152m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Eu-154	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-155	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Eu-156	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Eu-157	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Eu-158	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Gadolinio:</b>		
Gd-145	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Gd-146+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Gd-147	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Gd-148	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Gd-149	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Gd-151	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Gd-152	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Gd-153	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Gd-159	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
<b>Terbio:</b>		
Tb-147	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-149	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-150	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-151	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-153	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tb-154	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-155	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tb-156	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-156m (24.4 horas)	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Tb-156m (5 horas)	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Tb-157	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Tb-158	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-160	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tb-161	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
<b>Disprosio:</b>		
Dy-155	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Dy-157	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad demasa (kBq/kg)
Dy-159	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Dy-165	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Dy-166	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
<b>Holmio:</b>		
Ho-155	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ho-157	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ho-159	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ho-161	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ho-162	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Ho-162m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ho-164	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Ho-164m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Ho-166	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Ho-166m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ho-167	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Erbio:</b>		
Er-161	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Er-165	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Er-169	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Er-171	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Er-172	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Tulio:</b>		
Tm-162	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tm-166	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tm-167	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tm-170	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Tm-171	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Tm-172	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tm-173	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tm-175	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Iterbio:</b>		
Yb-162	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Yb-166	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Yb-167	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Yb-169	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Yb-175	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Yb-177	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Yb-178	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
<b>Lutecio:</b>		
Lu-169	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-170	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-171	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-172	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-173	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Lu-174	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Lu-174m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Lu-176	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Lu-176m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Lu-177	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Lu-177m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-178	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Lu-178m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Lu-179	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Hafnio:</b>		
Hf-170	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hf-172+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-173	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hf-175	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hf-177m	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Hf-178m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-179m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-180m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-181	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-182	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hf-182m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-183	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hf-184	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Tantalo:</b>		
Ta-172	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-173	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-174	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-175	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-176	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-177	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ta-178	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-179	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ta-180	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-180m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Ta-182	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-182m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ta-183	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ta-184	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ta-185	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ta-186	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Tungsteno:</b>		
W-176	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
W-177	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
W-178+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
W-179	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
W-181	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
W-185	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
W-187	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
W-188+	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Renio:</b>		
Re-177	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Re-178	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Re-181	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Re-182 (64 horas)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Re-182 (12,7 horas)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Re-184	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Re-184m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Re-186	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Re-186m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Re-187	1 10 <sup>9</sup>	1 10 <sup>6</sup>
Re-188	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Re-188m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Re-189+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Osmio:</b>		
Os-180	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Os-181	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Os-182	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Os-185	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Os-189m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Os-191	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Os-191m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Os-193	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Os-194+	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Iridio:</b>		
Ir-182	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-184	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-185	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-186 (15,8 horas)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-186 (1,75 horas)	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-187	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ir-188	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-189+	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ir-190	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-190m (3,1 horas)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-190m (1,2 horas)	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Ir-192	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-192m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ir-193m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>6</sup>
Ir-194	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ir-194m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Ir-195	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Ir-195m	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Platino:</b>		
Pt-186	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Pt-188+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Pt-189	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Pt-191	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Pt-193	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Pt-193m	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Pt-195m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Pt-197	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Pt-197m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Pt-199	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Pt-200	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Oro:</b>		
Au-193	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Au-194	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Au-195	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Au-198	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Au-198m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Au-199	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Au-200	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Au-200m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Au-201	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Mercurio:</b>		
Hg-193	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-193m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hg-194+	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Hg-195	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-195m+ (orgánico)	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-195m+ (inorgánico)	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-197	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-197m (orgánico)	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-197m (inorgánico)	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-199m	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Hg-203	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Talio:</b>		
Tl-194	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tl-194m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tl-195	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Tl-197	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Tl-198	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
Tl-198m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Tl-199	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Tl-200	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Tl-201	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Tl-202	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Tl-204	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
<b>Plomo:</b>		
Pb-195m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pb-198	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pb-199	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pb-200	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pb-201	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Pb-202	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Pb-202m	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pb-203	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pb-205	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Pb-209	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$
Pb-210+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Pb-211	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Pb-212+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^7$
Pb-214	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
<b>Bismuto:</b>		
Bi-200	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Bi-201	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Bi-202	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Bi-203	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Bi-205	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Bi-206	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Bi-207	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Bi-210	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Bi-210m+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
Bi-212+	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$
Bi-213	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Bi-214	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
<b>Polonio:</b>		
Po-203	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Po-205	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Po-206	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Po-207	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Po-208	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Po-209	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Po-210	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
<b>Astato:</b>		
At-207	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
At-211	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
<b>Francio:</b>		
Fr-222	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Fr-223	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
<b>Radón:</b>		
Rn-220+	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Rn-222+	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^1$
<b>Radio:</b>		
Ra-223+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Ra-224+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Ra-225	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Ra-226+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Ra-227	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ra-228+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$

● TABLA A (continuación)

Elemento/nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
<b>Actinio:</b>		
Ac-224	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Ac-225+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Ac-226	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Ac-227+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-1}$
Ac-228	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
<b>Torio:</b>		
Th-226+	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Th-227	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Th-228+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$
Th-229+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^8$
Th-230	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$
Th-231	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Th-232	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Th-232sec	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^8$
Th-234+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$
<b>Protactinio:</b>		
Pa-227	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pa-228	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Pa-230	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Pa-231	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^8$
Pa-232	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^1$
Pa-233	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Pa-234	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Uranio:</b>		
U-230+	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$
U-231	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
U-232+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^8$
U-233	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
U-234	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
U-235+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
U-236	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
U-237	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
U-238+	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
U-238 sec	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^6$
U-239	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
U-240	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
U-240+	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
<b>Neptunio:</b>		
Np-232	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
Np-233	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$
Np-234	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$
Np-235	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Np-236 (1,15 105 años)	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Np-236 (22,5 horas)	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Np-237+	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^8$
Np-238	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$
Np-239	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Np-240	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^1$
<b>Plutonio:</b>		
Pu-234	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Pu-235	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^2$
Pu-236	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^1$
Pu-237	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$
Pu-238	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^8$
Pu-239	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^8$
Pu-240	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^6$
Pu-241	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$
Pu-242	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^8$
Pu-243	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3$

● TABLA A (continuación)

Pu-244	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>9</sup>
Pu-245	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Pu-246	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
<b>Americio:</b>		
Am-237	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Am-238	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Am-239	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Am-240	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Am-241	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Am-242	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Am-242m+	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Am-243+	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Am-244	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Am-244m	1 10 <sup>1</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Am-245	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Am-246	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Am-246m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Curio:</b>		
Cm-238	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Cm-240	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Cm-241	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Cm-242	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Cm-243	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cm-244	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Cm-245	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cm-246	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cm-247	1 10 <sup>2</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cm-248	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cm-249	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Cm-250	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Bequerelio:</b>		
Bk-245	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Bk-246	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Bk-247	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Bk-249	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Bk-250	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Californio:</b>		
Cf-244	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Cf-246	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Cf-248	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Cf-249	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cf-250	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Cf-251	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>0</sup>
Cf-252	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Cf-253	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Cf-254	1 10 <sup>3</sup>	1 10 <sup>0</sup>
<b>Einsteinio:</b>		
Es-250	1 10 <sup>8</sup>	1 10 <sup>4</sup>
Es-251	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Es-253	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Es-254	1 10 <sup>4</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Es-254m	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
<b>Fermio:</b>		
Fm-252	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>3</sup>
Fm-253	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Fm-254	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>1</sup>
Fm-255	1 10 <sup>6</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Fm-257	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>1</sup>
<b>Mendelevio:</b>		
Md-257	1 10 <sup>7</sup>	1 10 <sup>2</sup>
Md-258	1 10 <sup>5</sup>	1 10 <sup>2</sup>

● TABLA B.

Lista de radionucleidos en equilibrio secular a los que hace referencia el apartado 2.b) de este Anexo

Nucleido padre	Nucleidos hijos
Ac-225+	Fr-221, At-217, B-213, Po-213(0.978), Tl-209(0.0216), Pb-209 (0.978)
Ac-227+	Fr-223(0.0138)
Ag-108m+	Ag-108(0.089)
Am-242m+	Am-242
Am-243+	Np-239
Ba-140+	La-140
Bi-210m +	Tl-206
Bi-212+	Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
Ce-144+	Pr-144
Cs-137+	Ba-137m
Fe-60+	Co-60m
Gd-146+	Eu-146
Ge-68+	Ga-68
Hf-172+	Lu-172
Hg-194+	Au-194
Hg-195m+	Hg-195(0.542)
Ir-189+	Os-189m
Mg-28+	Al-28
Np-237+	Pa-233
Os-194+	Ir-194
Pb-210+	Bi-210, Po-210
Pb-212+	Bi-212, Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
Pm-148m +	Pm-148(0.046)
Pt-188+	Ir-188
Ra-223+	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224+	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
Ra-226+	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Ra-228+	Ac-228
Rb-83+	Kr-83m
Rn-220+	Po-216
Rn-222+	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ru-106+	Rh-106
Re-189+	Os-189m(0.241)
Sn-121m+	Sn-121(0.776)
Sn-126+	Sb-126m
Sr-82+	Rb-82
Sr-90+	Y-90
Tc-95m+	Tc-95(0.04)
Ti-44+	Sc-44
Th-226+	Ra-222, Rn-218, Po-214
Th-228+	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
Th-229+	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213(0.978), Pb-209(0.978)
Th-sec	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
Th-234+	Pa-234m
U-230+	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-232+	Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208(0.36), Po-212(0.64)
U-235+	Th-231
U-238+	Th-234, Pa-234m
U-sec	Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
U-240+	Np-240m
W-178+	Ta-178
W-188+	Re-188
Xe-122+	I-122
Y-87+	Sr-87m
Zr-93+	Nb-93m
Zr-97+	Nb-97

Nota: a) El número en paréntesis es el tanto por uno producido de ese isótopo.

## Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

# Otto Hahn (1944). Descubrimiento de la fisión nuclear

Otto Hahn (Frankfurt-on-Main, 1879 - Gotinga, 1968) es el descubridor de la fisión nuclear, lo que le supuso la obtención del Premio Nobel de Química en 1944.

Tras abandonar Alemania durante la Segunda Guerra Mundial para instalarse en el Reino Unido, regresó a su país convertido en una figura de renombre.

Otto Hahn nació el 8 de marzo de 1879, en Frankfurt-on-Main (Alemania). Desde 1897 Hahn estudió química en Marburg y Munich, y aprobó su examen de doctorado en 1901, presentando al profesor Theodor Zincke una tesis sobre la química orgánica.

Su primera ocupación profesional fue como asistente en la Institución Química de Marburg, donde permaneció dos años, tras los que se puso a las órdenes de sir William Ramsay en la University Collage, en Londres. Su trabajo en esta institución fue premiado gracias al descubrimiento de una nueva sustancia radiactiva, el radiotorio, realizado mientras trabajaba en la preparación de sales puras de radio.

Hahn estuvo desde el otoño de 1905 hasta el verano del año siguiente en la Institución Física de la Universidad McGill, en Montreal, trabajando con el profesor Ernest Rutherford. Fue en esta época cuando descubrió el radioactinio y desarrolló diversas investigaciones con Rutherford acerca de los rayos alfa del radiotorio y el radioactinio.

Tras su regreso a Europa, Hahn se instaló en Berlín, donde continuó



► Figura 1. Otto Hahn.

con sus investigaciones y con su permanente aprendizaje en la Institución Química Emil Fischer, en la que se capacitó como conferenciante universitario a principios de 1907, año que también vio la luz su descubrimiento del mesotorio.

A finales de 1907, la física austriaca Lise Meitner llegó a Berlín desde Viena, y, tras sus primeros proyectos juntos, comenzaron más de treinta años de colaboración. Ésta abarcó las investigaciones sobre rayos beta, su absorbibilidad, espectros magnéticos o el uso del retroceso radiactivo, -descubierto poco tiempo antes por Hahn-, para obtener nuevos productos radiactivos de transformación.

Entre 1914 y 1918 las actividades científicas de Hahn se interrumpieron con motivo de la Primera Guerra Mundial, pero reanudó su investigación con la profesora Meitner en 1918, con el hallazgo del protactinio. La esfera que Hahn domina es la de la química, y de nuevo descubre un elemento, en este caso el uranio Z, el primer caso de un isómero nuclear de la familia de átomos radiactivos. Usando métodos radiactivos, investigó la absorción y precipitación de las cantidades más pequeñas de sustancias, formación normal y anormal de cristales, utilizó el método de emanación para probar sustancias superficialmente ricas o pobres, y elaboró el método del estroncio para determinar la edad de los períodos geológicos.

Siguiendo el descubrimiento de la radiactividad artificial por el matrimonio Joliot-Curie y el uso de los neutrones para procesos nucleares atómicos por Fermi, Hahn volvió a colaborar con la profesora Meitner y después con el doctor Strassmann en las investigaciones sobre los procesos para irradiar uranio y torio con neutrones.

Hahn y Meitner habían trabajado juntos en el descubrimiento de un isótopo de uranio activado arti-



◉ Figura 2. Otto Hahn.


ficialmente, que representa la sustancia básica del neptunio y del plutonio, hallazgo que se dio a conocer por primera vez en Estados Unidos.

Otto Hahn fue ganando reconocimiento en muchos círculos de expertos, y en 1912 llegó a ser miembro científico de la Institución Química Kaiser Wilhelm. Posteriormente fue director de esta institución desde 1928 y presidente

desde 1946 hasta casi el final de su vida. Ejerció como profesor visitante en la Cornell University, en Ithaca, Nueva York, y fue presidente de la Sociedad Max Planck en Alemania Occidental.

Su descubrimiento más espectacular llegó a finales de 1938. Mientras trabajaba con el Dr. Strassmann, Hahn descubrió la fisión en núcleos atómicos semipesados de uranio y de torio. El primer trabajo sobre estos temas apareció en enero de 1939, en la revista *Naturwissenschaften*. Desde entonces y hasta 1944 Hahn continuó investigando en la demostración de la fisión de muchos elementos y en los tipos de átomos que provienen de ésta. Fue 1944 el año en el

que estos descubrimientos en relación con la fisión de núcleos pesados le hicieron merecedor del Premio Nobel.

Otto Hahn fue nombrado miembro de las Academias de Berlín, Göttingen, Munich, Halle, Estocolmo, Viena, Boston, Madrid, Helsinki, Lisboa, Mainz, Roma (Vaticano), Allahabad, Copenhague, y la Academia India de Ciencias. Murió en Alemania en 1968. 



◉ Figura 3. Otto Hahn y Lise Meitner en su laboratorio. Chemical Archives © 2000.



# Actualidad

- Centrales nucleares • Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento • Instalaciones radiactivas • Actuaciones en emergencias • Investigación y desarrollo • Acuerdos del Consejo •

## ► CENTRALES NUCLEARES

### Almaraz

La unidad I ha funcionado durante este tiempo sin incidencias.

La unidad II inició el día 20 de abril la parada para recarga de combustible. Estando parada, durante la prueba de una hora de uno de los dos generadores diesel, se produjo una avería en el motor 2 de este generador, cuya reparación se prevé que tenga una duración superior a un mes. La unidad continúa parada al final de este período.

Durante el período se han aprobado las revisiones nº 67 y 62, y 68 y 63 de las ETF (unidades I y II, respectivamente), y se han realizado seis inspecciones.

### Cofrentes

La central funcionó durante este tiempo sin incidencias destacables.

Durante este período se han aprobado la revisión nº 43 de las ETF, la revisión nº 2 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas, que sustituye a las ETF, y la operación a una potencia térmica máxima de 3.237 MWt (aumento de potencia



Sala de control de la central nuclear de Cofrentes.

por ajuste de caudal), junto con las solicitudes de modificación del Estudio de Seguridad y de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Asociadas, y se han realizado cuatro inspecciones.

### Trillo

La central funcionó durante estos meses sin incidencias, salvo una parada el día 18 de abril para localizar una pequeña fuga de refrigerante primario en el edificio de contención. Una vez reparada la fuga, la central volvió a conectarse a la red el día 21 de abril.



Central nuclear de Trillo.

Durante este período se ha aprobado la revisión nº 14 de las Especificaciones de Funcionamiento y la solicitud de la central de gestión convencional de residuos radiactivos con muy bajo contenido de actividad (carbón activo y resinas de intercambio iónico), y se han realizado dos inspecciones.

### José Cabrera

La central ha estado operando a potencia de manera estable durante todo este período.

El día 26 de marzo, un transitorio en la red eléctrica exterior de 132 KV produjo otro en la alimentación eléctrica a sistemas de la central que dio lugar a la parada y arranque, según diseño, de algunos equipos de



Central nuclear José Cabrera.

## ACUERDOS DEL CONSEJO

**Acuerdos específicos de colaboración CSN/Universidad Politécnica de Cataluña**

El Consejo ha acordado aprobar la firma de un acuerdo específico CSN/Universidad Politécnica de Cataluña sobre Fomento de Programas de Información en el Área de Energía Nuclear: desarrollo de simuladores de reactores nucleares.

**Central nuclear Ascó I**

El Consejo ha acordado informar favorablemente: A) El aumento de potencia térmica a 2.952,3 MWt (1.4% de la potencia térmica nuclear) mediante la reducción de la incertidumbre en la medida de la potencia, y conversión a cabeza fría; es decir, realización de cambios en la parte superior de los internos de la vasija con el objeto de disminuir la temperatura del refrigerante en la zona próxima a la tapa, para aminorar la corrosión bajo tensión en las penetraciones de los mecanismos de los accionadores de las barras de control, y cambio de la condición 2.2 del anexo de la Autorización de Explotación para reflejar la nueva potencia. B) La sustitución de la cabeza de la vasija del reactor para evitar, así, la

necesidad de realizar inspecciones en materiales susceptibles de presentar corrosión bajo tensión. C) La modificación del sistema de vigilancia de la radiación D) La revisión nº 30 del *Estudio de seguridad*. E) La revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Asociadas.

**Empresa consultora externa al CSN**

El Consejo ha acordado que se lleve a cabo la publicación del Informe, realizado por una empresa consultora, *Fase I: diagnóstico estratégico, misión, visión y líneas estratégicas*, en la intranet del CSN, con el fin de que el personal del mismo pueda participar, con sus comentarios, en la definición de la misión del Organismo.

**Participación en programas de asistencia al Organismo Regulador Ucraniano**

El CSN viene participando en programas de asistencia coordinados por el RAMG (Regulatory Assistance Management Group), que gestiona económicamente los programas TACIS y PHARE de la Unión Europea de ayuda a los países de la ex Unión Soviética y de Europa

del este. Por considerar que es de gran interés estratégico para España la cooperación en materia de seguridad nuclear y la asistencia a países del este de Europa, el CSN evalúa su participación en función del valor añadido que puede aportar la participación como organismo regulador y de la disponibilidad de los técnicos necesarios para el desarrollo de cada proyecto con éxito. Realizada una propuesta de participación en programas de asistencia al Organismo Regulador Ucraniano, el Consejo acepta colaborar con la Comisión Europea en la asistencia al Organismo Regulador Ucraniano (Programa UK/RA/ 05) para el establecimiento y la operación del sistema de garantía de calidad.

**Revisión de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de Almaraz**

El Consejo ha acordado informar favorablemente las revisiones nº 67 y 62 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear de Almaraz, relativas al sistema de protección contra incendios, instrumentación de vigilancia

seguridad. Sin embargo, una bomba de drenaje de calentadores, que no es un equipo de seguridad, se quedó parada, por lo que hubo que bajar la potencia hasta el 85% durante casi una hora, hasta que se solucionó el problema y se arrancó de nuevo la bomba de drenaje de calentadores.

El Consejo, en su reunión del día 9 de abril, apreció favorablemente el proyecto presentado por el titular de desclasificación de chatarras metálicas como material radiactivo.

En esa misma reunión, se presentó al Consejo el Plan de Seguimiento de la central hasta el final de su operación, en abril de 2006, elaborado por la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear. El Consejo enfatizó la importancia de los programas de recursos humanos e inversiones en seguridad.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones durante este periodo.



Vista general del taller de la central nuclear de Ascó.

de la radiación y sistema de control de pH del agua de recirculación.

### Revisión de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de Ascó

El Consejo acuerda informar favorablemente la revisión nº 68 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear Ascó I y la revisión nº 68 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear Ascó II. La revisión afecta, entre otros, a cambios en sistemas eléctricos, químicos, mecánicos y de instrumentación.

### Convocatoria de pruebas selectivas para ingreso en el CSN

Se presenta la resolución para la convocatoria de pruebas selectivas para cubrir siete plazas de la Escala Superior del Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, por el sistema general de acceso libre. El Consejo conoce y da su conformidad a las bases para la citada convocatoria, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 34.9 del Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear.

### Ascó

Ambas unidades de la central han estado operando a potencia de manera estable durante todo este periodo, excepto el día 27 de abril, en que se produjo una parada automática en la unidad II.

El día 27 de abril, en la unidad II se descubrió la rotura de una línea pequeña de vapor del circuito secundario. Hubo que parar la unidad para realizar la reparación y, seguidamente, se arrancó de nuevo.

Las principales actividades de la recarga, iniciada el 7 de marzo, consistieron en:

- *Modificaciones necesarias para aumentar la potencia nuclear el 1.4%, hasta 2.952 MW.* Este aumento de potencia se basa en instalar un nuevo sistema más preciso para medir el caudal de agua de alimentación: el sistema antiguo estaba basado en medidores tipo venturi y el nuevo, en medidores por ultrasonidos.

- *Modificaciones en la vasija para que sea del tipo*

### Almacén de residuos radiactivos del desmantelamiento de Vandellós I

El Consejo ha acordado la apreciación favorable al nuevo uso del almacén temporal de contenedores con residuos preacondicionados de los silos de grafito (ATOC) como almacén de residuos radiactivos de desmantelamiento del Plan de Desmantelamiento y Cierre de la central nuclear de Vandellós.

### Central nuclear de Cofrentes: apreciación favorable sobre la modificación de diseño

#### *Actualización de la incertidumbre de las lecturas de los tip para el cálculo del SLMCPR y revisión nº 43 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento*

El Consejo ha acordado informar favorablemente la modificación de diseño *Actualización de la incertidumbre de lecturas de los tip (sondas de calibración de la instrumentación de vigilancia neutrónica a través del núcleo) para el cálculo de SLMCPR (Límite de Seguridad de Mínima Razón de*

*Potencia Crítica)*, así como la solicitud de modificación de la ET-1 nº 40.6 asociada, lo que constituirá la revisión nº 43 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### I+D

El Consejo ha acordado que se inicien los trámites para la firma de los acuerdos de colaboración correspondientes a los proyectos de investigación siguientes: A) Acuerdo de colaboración Universidad Politécnica de Madrid/Ciemat/ CSN: Proyecto "Artist-España". B) Convenio de colaboración Universidad Complutense de Madrid/CSN: Proyecto "Protección radiológica ocupacional en radiología intervencionista".

### Acuerdo específico de colaboración

El Consejo ha acordado que se inicien los trámites para la firma de un acuerdo específico de colaboración entre el CSN y la Universidad Politécnica de Cataluña para el desarrollo de un documento técnico sobre el proceso de clausura del reactor experimental Argos. El acuerdo se establecería

de "cabeza fría". Esta modificación consiste en taladrar nuevos agujeros en el interno superior que comuniquen la entrada del refrigerante de la rama fría con la zona de la cabeza de la vasija, de modo que en esta zona baje la temperatura y se disminuya la sensibilidad de la tapa de la vasija a cualquier fenómeno de corrosión.

- *Cambio de la tapa de la vasija por una nueva.* El objetivo, como en el caso anterior, es asegurar que la tapa de la vasija y sus penetraciones están en mejores condiciones para resistir cualquier fenómeno de corrosión como los ocurridos últimamente en diversas centrales de EEUU.

Una vez concluida la recarga, la unidad I se conectó de nuevo a la red eléctrica el día 12 de abril.

Del día 11 al 25 de abril, aunque de forma discontinua y de acuerdo con un programa establecido, se desarrolló en la central una huelga convocada por el Comité de Empresa de Asociación

## ACUERDOS DEL CONSEJO *(continuación)*

por un período de seis meses, con el fin de describir, analizar y valorar los temas científicos, técnicos, legales y económicos que han condicionado el proceso de clausura del reactor experimental Argos.

### Guía de planificación de las inversiones relacionadas con la seguridad

El Consejo ha acordado tomar en consideración el documento *Guía de planificación de las inversiones relacionadas con la seguridad*, elaborado por el Grupo de Trabajo CSN-Unesa, y acordar expresamente: A) Aprobar los criterios contenidos en el documento. B) Los titulares de las centrales nucleares españolas, a la vista del documento, deberán elaborar los procedimientos pertinentes que permitan cumplir con lo estipulado en el mismo. C) Una vez elaborados los procedimientos por el sector, deberán ser puestos a disposición del CSN, estableciéndose un plan de supervisión de los mismos.

### Proyecto de I+D

El Consejo ha acordado que se inicien los trámites para la firma del convenio de colaboración

CSN/ Universidad Politécnica de Cataluña para el proyecto "Estudio de la respuesta de sistemas de medida de radón en condiciones ambientales en lugares de trabajo". La vigencia del Convenio es de 19 meses, distribuyéndose en los años 2003, 2004 y 2005.

### Revisión de Especificaciones Técnicas en Cofrentes

El Consejo ha acordado informar favorablemente la revisión nº 2 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas (ETFM), que sustituye a la revisión nº 42 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento. Durante un periodo transitorio hasta la próxima inspección operativa de 2004, se continuará con el requisito de la notificación.

### Convenios de colaboración

1) El Consejo ha acordado que se inicien los trámites para la firma de un convenio específico de colaboración CSN/Ciemat para que el Servicio de Dosimetría Interna del Ciemat actúe como laboratorio de apoyo técnico a las necesidades del CSN. La duración prevista es de cinco años. 2) El Consejo ha

acordado que se inicien los trámites para la firma de un acuerdo específico CSN/Ciemat para la colaboración en redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental del CSN. La duración prevista es de cuatro años.

### Revisión de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento en Almaraz

El Consejo ha acordado informar favorablemente las revisiones nº 68 y 63 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear de Almaraz, unidades I y II, respectivamente. Dichas revisiones están motivadas por el sistema de protección contra incendios con halón, cuyo uso está restringido según el Reglamento Europeo 2037/2000 y por la implantación de prefiltros HEPA en las unidades de ventilación del edificio de combustible.

### Revisión de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento en Vandellós II

El Consejo ha acordado informar favorablemente la revisión nº 45 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear Vandellós II, con motivo del

Nuclear Ascó-Vandellós II. Si bien la huelga ocasionó retrasos respecto al programa de recarga previsto para la unidad I, la seguridad de la planta fue en todo momento respetada escrupulosamente, tanto por la dirección de la central como por los huelguistas. El Consejo destacó a un inspector de apoyo al residente durante todo el desarrollo de la huelga.

En su reunión del día 9 de abril, el Consejo apreció favorablemente los cálculos del impacto en la contención consecuencia de las nuevas masa y energía que se descargarían a la misma en caso de accidente como consecuencia del incremento de potencia de la unidad I.

En su reunión del día 21 de mayo, el Consejo informó favorablemente la revisión nº 69 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de ambas unidades.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado siete inspecciones durante este periodo.

### Santa María de Garoña

La central ha operado durante estos meses a potencia de manera estable.

El día 24 de marzo, durante el proceso de arranque tras la recarga iniciada el día 3, se produjeron dos paradas automáticas del reactor: una, por la mañana, cuando al extraer una muesca de la barra más reactiva, el operador no pudo controlar el cambio de rango y se produjo señal de alto flujo neutrónico en rango intermedio, y otra, por la tarde, cuando se estaban haciendo pruebas con la turbina y falló el regulador mecánico de posición de las válvulas de control de la turbina en función de la presión del reactor, por lo que se produjo señal de alta presión en el reactor.

requisito de vigilancia relativo a la diferencia de flujo neutrónico axial, debido a los cambios en referencias a planos del suministrador e ingeniería en el sistema de protección contra incendios y por aspectos de errores de edición en fuentes de corriente alterna y continua.

#### **Necesidades de calibración en el ámbito hospitalario español**

En el Foro sobre Protección Radiológica en el Medio Sanitario, constituido por el CSN, la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Sociedad Española de Física Médica, se decidió crear un grupo de trabajo para abordar las necesidades de calibración en el ámbito hospitalario español y en las distintas áreas de las radiaciones ionizantes. Este grupo de trabajo ha dado como producto final el documento *Necesidades de calibración en el ámbito hospitalario español y en las distintas áreas de aplicación de las radiaciones ionizantes*. El Consejo se ha dado por enterado del referido informe y ha requerido la remisión de escritos al Ciemat y a los Ministerios de Sanidad y Consumo, y Ciencia y Tecnología, en los que

se indican las carencias existentes y las propuestas de solución.

#### **Exenciones a la central nuclear de Almaraz**

El Consejo ha acordado conceder al titular de la central nuclear de Almaraz las exenciones a condiciones limitativas de operación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la instalación. Las exenciones limitadas en el tiempo son relativas al tanque de gasoil de los generadores diesel de la unidad II

por temas de limpieza y referentes al sistema de agua de servicios esenciales, debido a actividades sobre la reducción de temperatura del agua del sumidero final de calor.

#### **Gestión convencional de residuos radiactivos en Trillo**

El Consejo ha acordado informar favorablemente la gestión convencional de residuos radiactivos de muy bajo contenido de actividad, carbón activo y resinas de intercambio iónico de la central nuclear de Trillo.



Central nuclear de Almaraz.

Finalmente, se acopló la central a la red el día 25 de marzo, y desde entonces ha operado a potencia de forma estable.

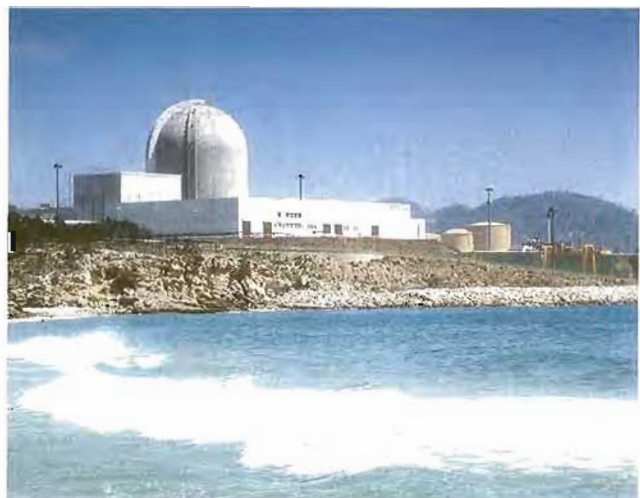
El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones a la central durante este período.

#### **Vandellós II**

La central ha operado estos meses de forma estable a potencia, salvo el día 1 de mayo, en que realizó una parada programada para sustituir unos medidores de temperatura del circuito primario que habían dejado de funcionar.

El Consejo de Seguridad Nuclear, en su reunión del día 23 de abril, informó favorablemente la revisión 45 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones durante este período.



Central nuclear Vandellós II.

## ACUERDOS DEL CONSEJO (continuación)

**Desclasificación de chatarras en José Cabrera**

El Consejo ha acordado informar favorablemente el proyecto específico de desclasificación de chatarras de la central nuclear José Cabrera. Este proyecto específico de desclasificación de chatarras metálicas se ha elaborado a partir del proyecto común de desclasificación de chatarras de Unesa, que fue apreciado favorablemente por el Consejo en su reunión del 10 de octubre de 2001.

**Análisis de la descarga en la contención de Ascó a la nueva potencia autorizada**

La Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II, A.I.E. ha solicitado la apreciación favorable de la idoneidad de los análisis de presión y temperatura en contención para el transitorio de agua de alimentación asociado a todos los casos limitantes para poder alcanzar la nueva potencia térmica de 2.952,3 MWt de la central nuclear Ascó I. El Consejo ha acordado apreciar favorablemente la solicitud para alcanzar la nueva potencia térmica de 2.952,3 MWt, con el compromiso por parte del titular de mantener el programa de vigilancia de la temperatura del agua de alimentación durante un periodo no inferior a 90 días para verificar que no se supera la tempera-

tura empleada como hipótesis en los análisis de seguridad, así como las medidas a tomar en caso contrario. Igualmente, el Consejo ha acordado que, con carácter general, las cartas que contienen los compromisos del titular sean remitidas al Ministerio de Economía, como anexo al escrito de transmisión.

**Instrucción (IS-06) del CSN sobre formación de trabajadores externos**

El Consejo ha acordado aprobar la instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear *Definición del programa para la formación en protección radiológica de trabajadores externos en el ámbito de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible (IS-06)*.

**Plan de seguimiento en la central nuclear José Cabrera**

El Consejo, en su reunión del día 11 de diciembre de 2002, aprobó las Instrucciones Técnicas Complementarias a la Autorización de Explotación de la central nuclear José Cabrera, solicitando a la Dirección de Seguridad Nuclear (DSN) del CSN que presentara al Consejo un plan de seguimiento sobre las actuaciones realizadas en la central. El Consejo se da por enterado del contenido del plan de seguimiento de la central nuclear José Cabrera 2003-2006, y solici-

ta a la DSN un informe mensual sobre la situación de la planta.

**Estudio de impacto ambiental de algunas instalaciones del Ciemat**

El Consejo ha acordado informar que el *Estudio de impacto ambiental del proyecto de desmantelamiento de las instalaciones paradas del Ciemat* cumple los objetivos indicados en el *Reglamento de ejecución de la evaluación de impacto ambiental*, Real Decreto 1131/ 1988, de 30 de septiembre.

**Utilización provisional como almacenamiento temporal de las celdas de almacenamiento definitivo de las instalaciones de El Cabril**

El Consejo ha acordado apreciar favorablemente la modificación de diseño para la utilización provisional como almacenamiento temporal de las celdas de almacenamiento definitivo de las instalaciones de Sierra Albarrana El Cabril, incluyendo, como condición para esta autorización, las Instrucciones Técnicas Complementarias. La solicitud se fundamenta en el gran volumen de residuos generados en los incidentes de Acerinox y Siderúrgica Sevillana, y se concreta en la utilización provisional, como almacenamiento temporal, de tres celdas de la

## ◉ INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

**Ciemat**

Han continuado desarrollándose las actividades previstas en las instalaciones operativas. En las instalaciones paradas se han efectuado las operaciones de control y mantenimiento programadas. Prosiguen las actividades de caracterización radiológica de parcelas y las labores de rehabilitación contempladas en el PIMIC. Se han realizado un total de diez inspecciones de control.

**Centro de Almacenamiento de residuos de El Cabril**

Durante este periodo, el CSN ha informado favorablemente la modificación presentada por Enresa para almacenar temporalmente en tres de las celdas de la plataforma sur los residuos radiactivos generados en incidentes siderúrgicos.

Se han efectuado seis inspecciones a la instalación en relación con:

- Almacenamientos temporales (módulos) de la instalación.
- Simulacro de emergencia.

plataforma sur, al estimarse que no se precisarán como almacenamiento definitivo hasta el año 2013.

### Aumento de potencia en Cofrentes

La potencia térmica máxima actualmente licenciada en la central nuclear de Cofrentes es de 3.184 MWt (110% de la potencia térmica original), solicitando el titular una autorización de operación a la máxima potencia térmica de 3.237 MWt, es decir, un 111,85 % de la potencia térmica original, debido a la reducción de incertidumbre en la estimación de la potencia térmica, resultante, a su vez, de la reducción de la incertidumbre en la medida del caudal de agua de alimentación conseguida por la instalación de una nueva instrumentación basada en técnicas ultrasónicas. El Consejo ha acordado informar favorablemente la operación a potencia térmica máxima de 3.237 MWt (aumento de potencia por ajuste de caudal, APAC), así como la revisión nº 33 del *Estudio de seguridad* y la revisión nº 3 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Asociadas.

### Cese de la explotación de la Planta Quercus

El Consejo ha acordado informar favorablemente la declaración del

cese, con carácter definitivo, de la explotación de la Planta Quercus de producción de concentrados de uranio, en Saelices El Chico (Salamanca), al finalizar las actividades de producción residual de concentrados de uranio por la cancelación del contrato con Nuclear Fuel Corporation, que permitiría la producción de concentrados de uranio a partir de pulpas procedentes de Wismut (Alemania), así como por razones económicas y de mercado. Cesada la producción, ha quedado totalmente vacío el almacén de concentrados de uranio. Una vez realizado el inventario y caracterización radiológica de equipos, se hará la limpieza, descontaminación y tratamiento de residuos.

### Procedimiento a seguir por Enresa en relación con la autorización para el establecimiento de una instalación complementaria para el almacenamiento de residuos radiactivos de muy baja actividad

Enresa ha solicitado autorización para el establecimiento de una instalación complementaria para el almacenamiento de residuos de muy baja actividad en la instalación nuclear de almacenamiento de residuos sólidos de Sierra Albarrana situado en la finca El Cabril, en Hornachuelos (Córdoba). Te-

niendo en cuenta que los residuos de muy baja actividad son una especialidad o subgrupo dentro de los residuos de baja actividad, el Consejo ha acordado que el proceso a seguir para la autorización de la ampliación de la instalación nuclear de almacenamiento de residuos sólidos de Sierra Albarrana, en El Cabril, sea el previsto para las modificaciones de instalaciones nucleares, según los artículos 25 a 27 del RINR.

### Declaración de clausura del emplazamiento restaurado de la Planta Lobo-G en La Haba (Badajoz)

El Consejo, en su reunión de fecha 22 de enero de 2003, a la vista de la solicitud de Enusa Industrias Avanzadas, S.A. para la clausura del emplazamiento restaurado de la planta Lobo-G, acordó no informarla favorablemente, lo que fue comunicado al titular por la Dirección General de Política Energética y Minas, solicitándole presentara las alegaciones que estimara oportunas. Examinadas las alegaciones remitidas por Enusa, el Consejo ha acordado prorrogar el período de cumplimiento de la Planta Lobo G, en La Haba (Badajoz), hasta, al menos, el 30 de junio de 2004, con un conjunto de condiciones a las que estará sometida la citada prórroga.

- Sistemas de protección contra incendios.
- Programa de vigilancia hidrogeológica.
- Aceptación de los bultos de residuos generados en el desmantelamiento de Vandellós I.
- Organización de la instalación para la vigilancia de Red de Control de Infiltraciones (RCI).

El 27 de marzo se realizó el simulacro de emergencia del Centro de Almacenamiento de El Cabril, que, según lo establecido en el Plan de Emergencia de la Instalación, fue catalogado como de Emergencia en el Emplazamiento, interviniendo en el mismo todas las organizaciones previstas. Durante el simulacro estuvieron presentes en la instalación inspectores del



Vista general de las instalaciones de El Cabril.

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

*Se relacionan a continuación los hechos más relevantes ocurridos en las instalaciones nucleares y radiactivas en el ámbito de las emergencias y la seguridad física, junto con las notificaciones de sucesos notificables que han sido comunicados al CSN a través de la Salem, en el período comprendido entre el 31 de marzo y el 20 de mayo de 2003.*

### Activación de la organización de emergencias del CSN

La Sala de Emergencias (Salem) y la Organización de Respuesta ante Emergencias (ORE) del CSN no se han activado en ninguna ocasión como consecuencia de la notificación de emergencias nucleares o radiológicas a la sala de emergencias.

### Sucesos notificables

La Salem ha recibido un total de tres informes sobre sucesos notificables en una hora y siete de sucesos notificables en 24 horas, todos ellos relacionados con la explotación de las centrales nucleares españolas. Entre ellos caben destacar:

- La central nuclear de Vandellós notificó, el 18 de abril, la detección de una fuga no identificada en el circuito primario de la central nuclear Vandellós II, notificada el día 18 de abril. Posteriormente, la fuga fue localizada en un tubo de instrumentación, que fue reparado el día 19 de abril.
- La central nuclear de Ascó notificó, el 27 de abril, la detección de una fuga de vapor, que quedó reparada el mismo día.
- La central nuclear de Almaraz notificó, en su informe diario de explotación correspondiente al 4 de

mayo, una avería en el motor B del generador diesel GD4 durante las operaciones de recarga del combustible. La reparación de esta avería supondrá un alargamiento del programa previsto para la recarga del combustible.

### Incidentes radiológicos

La instalación radiactiva SGS Tecnos notificó, el 15 de mayo, la caída desde un andamio de un gammagrafo industrial que se estaba utilizando en unas operaciones que se llevaban a cabo en las instalaciones de Repsol Petróleo, en Puertollano. Como consecuencia de la caída, el gammagrafo se averió, produciéndose dificultades para recolocar su fuente de iridio 192 a su contenedor. El aparato fue reparado y la fuente quedó alojada en su contenedor.

### Ejercicios y simulacros

El día 24 de abril de 2003, tuvo lugar el simulacro anual preceptivo del plan de emergencia interior de la central nuclear Vandellós II, entre las 9:59 y las 13:30 horas. El simulacro se basó en los siguientes supuestos:

- Declaración de prealerta de emergencia por incendio confirmado de duración superior a diez minutos tras su confirmación, que afecta a un tanque exterior de gasoil para los generadores diesel.
- Declaración de emergencia en el emplazamiento por disparo de turbina debido a alteraciones de la red eléctrica de 400 KV, que suponen la pérdida de corriente eléctrica exterior con fallo de disparo de reactor ante señal de parada automática del reactor (*Scram*).

CSN. El desarrollo del simulacro ha cubierto los objetivos planteados en el mismo.

### Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)

Se ha iniciado la evaluación de la revisión 3 del Plan de Vigilancia y Mantenimiento del emplazamiento restaurado. Se ha efectuado la inspección general del emplazamiento restaurado correspondiente a 2003.

### Centro Minero de Saelices El Chico (Salamanca)

Durante este segundo trimestre el Consejo de Seguridad Nuclear ha acordado informar favorablemente la solicitud de declaración del cese de actividades de la Planta Quercus de producción de concentrados de uranio, presentada por Enusa Industrias Avanzadas, S.A., titular de la autorización de puesta en marcha con carácter defini-

tivo de la Planta Quercus y ha establecido el plazo de un año para la presentación de la solicitud de la autorización de desmantelamiento de la instalación.

### Reactores Argos y Arbi

Han continuado las actividades de control del reactor Arbi, cuyos titulares están ultimando la firma de un contrato con Enresa para la ejecución del programa de desmantelamiento.

Tras haber solicitado el titular la clausura del reactor Argos, se va a proceder en junio a la inspección de la instalación para emitir la correspondiente apreciación sobre dicha clausura.

### Lobo-G

Enusa Industrias Avanzadas, S.A. presentó una serie de alegaciones al Oficio remitido por la Dirección



- Simulación de los siguientes sucesos y operaciones hasta llevar la planta a situación segura: inserción manual de barras de control; accidente de pérdida de refrigerante primario superior a la apertura de una bomba de carga por fallo abierto de válvulas de alivio de válvulas de seguridad del presionador; cierre de válvula de alivio del presionador; recuperación de una bomba de carga; recuperación de alimentación eléctrica exterior, fin de emergencia y fin de simulacro.

- Activación de la Organización de Respuesta ante Emergencias del CSN, con activación parcial del retén de emergencias y alertando a los servicios externos de apoyo del CSN en situación de emergencia.

- El CSN realizó una inspección *in situ* durante la realización del simulacro para verificar la operatividad del Plan de Emergencia Interior de la central.

El día 8 de mayo, tuvo lugar la realización del simulacro anual preceptivo previsto en el Plan de Emergencia Interior de la central nuclear José Cabrera, entre las 10:15 y las 13:50 horas. El simulacro se basó en los siguientes supuestos:

- Declaración de alerta de emergencia por accidente de pérdida de refrigerante del reactor superior al caudal de diseño de una bomba de carga.

- Declaración de emergencia en el emplazamiento por pérdida de energía eléctrica exterior y por accidente de pérdida de refrigerante del reactor y entrada de inyección de seguridad.

- Simulación de los siguientes sucesos y operaciones hasta llevar la planta a condiciones seguras: operación local para recuperar una bomba de inyección de seguridad con autorización de una exposi-

ción excepcional; emergencia personal con la irradiación y contaminación de un operario; declaración y extinción de incendio en una bomba de condensado; enfriamiento del reactor; recuperación de la potencia eléctrica exterior y declaración de fin de simulacro

- Activación de la Organización de Respuesta ante Emergencias del CSN, con activación parcial del retén de emergencias y alertando a los servicios externos de apoyo del CSN en situación de emergencia.

- El CSN realizó una inspección *in situ* durante la realización del simulacro para verificar la operatividad del Plan de Emergencia Interior de la central.

### Mejora de las capacidades del CSN

El CSN ha continuado su línea de incrementar sus capacidades de intervención en emergencias radiológicas, para lo que ha adquirido un nuevo equipo de protección radiológica y ha realizado una sesión de entrenamiento de los técnicos que componen el retén del grupo radiológico del Organismo.

Así mismo, es de destacar que el Consejo ha aprobado la publicación de un concurso para contratar los servicios necesarios para gestionar y mantener los equipos radiológicos de los planes provinciales de emergencia nuclear. Esta contratación ha sido necesaria para cumplir un compromiso específico adquirido por el CSN con la Dirección General de Protección Civil, en la Comisión Mixta CSN-DGPC, en el marco del Convenio de Colaboración que ambas instituciones tienen suscrito.

En este mismo marco, el CSN ha aprobado la publicación de un concurso para adquirir 3.000 dosímetros digitales de lectura directa (DLD) para

General de Política Energética y Minas, comunicando la denegación de la solicitud de clausura de la planta. Analizadas dichas alegaciones, el Consejo mantiene su propuesta de prorrogar el período de cumplimiento, adaptando dicha prórroga a las alegaciones del titular.

### Central nuclear Vandellós I

El Plan de desmantelamiento y clausura de la central nuclear Vandellós I sigue el curso previsto, habiendo concluido ya la totalidad de las tareas de descontaminación y desmantelamiento de las partes activas de la instalación. Actualmente se llevan a cabo distintas modificaciones requeridas por el Consejo de Seguridad Nuclear como consecuencia de los resultados de las evaluaciones de la documentación oficial para el estado de latencia de la instalación.

Durante estos meses, se ha procedido a demoler

los últimos edificios previstos y se ha iniciado el montaje de una nueva valla y de los nuevos sistemas de protección física diseñados para la futura fase de latencia de la instalación. El Consejo de Seguridad Nuclear prosigue entretanto la evaluación del plan de restauración del emplazamiento, que permitirá, en última instancia, y tras la adecuada caracterización radiológica final, la liberación de parte del emplazamiento original de la instalación.

En el transcurso del año actual, se han efectuado once inspecciones a la central.

### Fábrica de combustible de Juzbado

La instalación ha funcionado durante los tres últimos meses sin incidencias operativas.

No se ha producido ningún apercibimiento ni propuesta de sanción, y se ha realizado una inspección

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

renovar el sistema dosimétrico de los planes provinciales de emergencia, y están negociando un acuerdo con el Instituto Nacional de Gestión Sanitaria para que el Centro Nacional de Dosimetría se haga cargo de la lectura de los dosímetros termoluminiscentes (TLD) disponibles en los mencionados planes.

### Seguridad física

Continúa la ejecución del Plan de actuación para la mejora de la seguridad física de instalaciones, actividades y materiales nucleares y radiactivos, que están llevando a cabo conjuntamente la Secretaría de Estado de Energía, Industria y Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Economía, la Secretaría de Estado de Seguridad del Ministerio del Interior, el Consejo de Seguridad Nuclear y los titulares de las instalaciones. Como parte del mismo, se han desarrollado las siguientes actividades:

- Ha terminado la implantación de mejoras de los sistemas, procedimientos y servicios de seguridad física en las centrales nucleares, derivadas de la puesta en práctica del nuevo modelo de seguridad integrada, que fue aprobado por el CSN en junio de 2002.

- El CSN, en colaboración con servicios especializados de la Guardia Civil y del Cuerpo Nacional de Policía, ha realizado una campaña de inspecciones a todas las centrales para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos para la puesta en práctica del modelo integrado de seguridad.

- Se han iniciado las gestiones necesarias para solicitar a las instalaciones nucleares la adaptación al modelo citado.

- Los planes de protección física de todas las centrales han sido revisados para adaptarlos a un modelo elaborado conjuntamente por los titulares y el Consejo, con el asesoramiento de las Guardia Civil y el Cuerpo Nacional de Policía. Los nuevos planes han sido remitidos al CSN, que está evaluándolos con vistas a su aprobación definitiva.

- La Comisión de Seguimiento del Plan de Actuación para la mejora de la seguridad física ha constituido tres grupos de trabajo cuyas funciones son: revisar la normativa aplicable; coordinar y homogeneizar los criterios y actuaciones relativos a los planes, procedimientos, servicios y sistemas de seguridad física de las instalaciones, y establecer un plan de información preventiva.

del Programa Base de Inspección sobre Seguridad frente a la criticidad nuclear.

Además, hay que destacar las siguientes actividades reguladoras:

- *Mejora de los criterios de identificación de sucesos notificables.*

Dos de los elementos principales que contribuyen a la seguridad de las instalaciones nucleares son la respuesta a emergencias y la incorporación de las lecciones aprendidas de la experiencia operativa de las instalaciones. Estos elementos se logran parcialmente por los requisitos de notificación de sucesos.

Se ha realizado un análisis de la normativa internacional sobre notificación de sucesos de fábricas de combustible que ha permitido definir unos criterios actualizados que se aplicarán en el futuro en la identificación de los sucesos notificables que puedan ocurrir en la fábrica de Juzbado.

- *Nuevos requisitos para el Supervisor de servicio y para cumplimentación del Diario de Operación.*

Las funciones y responsabilidades del Supervisor de servicio establecidas en el Reglamento de funcionamiento deben desempeñarse con la máxima eficacia. Sin embargo, los artículos del *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas* que regulan

este tema requieren cierta adaptación a las particularidades de la fábrica. Por ello, se han definido las actividades mínimas que debe realizar el Supervisor de servicio durante su turno, con el fin de mejorar su implicación directa en la seguridad operacional de la fábrica, incluyendo rondas frecuentes y de alcance adecuado.

Por otro lado, se ha establecido un nuevo contenido del Diario de Operación para cumplir los requi-



Fábrica de combustible de Juzbado.

sitos establecidos en el *Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas*, minimizando la carga burocrática del Supervisor de servicio, evitando duplicar la información que ya consta en otros registros de operación.

• *Homogeneización de la gestión de efluentes y del programa de vigilancia radiológica ambiental.*

Se ha iniciado el establecimiento de nuevas especificaciones para la homogeneización de las especificaciones de funcionamiento de la fábrica con las de las restantes instalaciones nucleares.

Este proceso de homogeneización va a suponer la revisión de aquellas especificaciones que afectan al tratamiento, vigilancia y control de los efluentes radiactivos líquidos y gaseosos para su adaptación a los requisitos del *Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes* y teniendo en cuenta la normativa de los EEUU.

También se abordará la revisión de los límites autorizados, que, en el caso de las dosis al público debidas a los efluentes, conllevará una reducción hasta un valor de la dosis efectiva de 0,1 mSv para el conjunto de todos los efluentes vertidos, con lo que se equipará al de las centrales nucleares y se adecuará a la estrategia de la Comisión OSPAR sobre vertidos al Atlántico norte-este, en la que se requiere la aplicación de la filosofía del *close to zero*.

Así mismo, se revisarán diversos parámetros que intervienen en el cálculo de las dosis debidas a los efluentes radiactivos, tales como los grupos de edad considerados, las tasas de consumo, las tasas de inhalación, el tiempo de exposición a los depósitos, los factores de conversión de actividad a dosis y los criterios de selección del grupo crítico.

• *Mejora del Programa Básico de Inspección (PBI).*

Se ha realizado una comparación del PBI de la fábrica de Juzbado con el programa de inspección de la NRC para fábricas de combustible con riesgos similares, que ha permitido introducir varias mejoras, entre ellas la reducción de los intervalos de inspección de las áreas de Protección contra la radiación, Gestión de residuos radiactivos, Transporte, Mantenimiento y Formación.

Puesto que el programa de inspección de la NRC está actualmente en revisión, se mantendrá un seguimiento continuo de su evolución con el fin de analizar y aplicar en el futuro los avances que se hayan producido, tanto en EEUU como en otros países con instalaciones similares.

colas, comerciales o industriales, y actividades conexas: 14 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones, 92 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas y 15 informes para declaración de clausura; siete informes para la autorización de retirada de material radiactivo; nueve informes para autorizaciones de Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico; dos informes de autorización de Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica; un informe de autorización de Servicio de Dosimetría Personal Externa; un informe de autorización de Servicio Médico Especializado; diez informes relativos a aprobación de tipo de aparatos radiactivos y cinco homologaciones de cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal.

### Acciones coercitivas adoptadas sobre instalaciones radiactivas

En el período comprendido entre el 28 de febrero y el 31 de mayo de 2003, el CSN ha remitido diez apercibimientos a instalaciones radiactivas, de ellos siete se han dirigido a instalaciones industriales, uno a una instalación de investigación y docencia, y dos a instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico. Asimismo se ha remitido un apercibimiento a una Empresa de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos X médicos.

### Instrucción del Consejo sobre formación de trabajadores externos

El CSN ha aprobado una instrucción en la que se define la formación en materia de protección radiológica que debe impartirse a los trabajadores externos en el ámbito de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible. La instrucción desarrolla los requisitos sobre formación requeridos en el Real Decreto 413/1997 sobre protección operacional de trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

La instrucción establece los requisitos que habrá de cumplir el profesorado que vaya a impartir la formación de los trabajadores externos y las instalaciones en las que se desarrollen los cursos. Se definen las responsabilidades, en materia de formación, del titular de la empresa contratadora de los trabajadores y del titular de la instalación en la que éstos vayan a prestar sus servicios. En cuanto al programa de formación, se identifican los contenidos de formación básica, que deben ser impartidos por el titular de la empresa externa con una periodicidad bienal y una duración de seis horas y media, y los contenidos de formación específica, sobre la instalación en la que van a actuar los trabajadores, que deben ser impartidos por el titular de la instalación con una periodicidad anual y una duración de cuatro horas.

## ► INSTALACIONES RADIATIVAS

### Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas

El 28 de febrero y el 31 de mayo de 2003, el CSN ha realizado las siguientes actuaciones relativas a instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrí-

### **Instrucción Técnica para Servicios de Dosimetría Personal Externa**

El CSN ha remitido una Instrucción Técnica a los Servicios de Dosimetría Personal Externa autorizados, en la que se requiere la actualización de diversas prácticas operativas como consecuencia de la aplicación del *Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes* de 2001.

La instrucción actualiza los formatos para suministro al CSN de información sobre la distribución de estadísticas de dosis leídas y sobre potenciales casos de sobredosis, así como para la carga de datos de lecturas mensuales en el Banco Dosimétrico Nacional. Asimismo, se establecen criterios técnicos para la gestión dosimétrica de trabajadoras expuestas embarazadas y para la actuación en caso de anomalías o pérdidas de la información dosimétrica de usuarios.

### **Circular sobre control de material radiactivo**

La situación internacional creada con motivo de la crisis de Iraq produjo un cierto clima de intranquilidad, del que se hicieron eco algunas instituciones y medios de comunicación, asociado con la posibilidad de uso malintencionado de material radiactivo para generar pánico entre la población.

Si bien la situación descrita no se manifestó en ninguna amenaza concreta en España, el CSN, siguiendo las recomendaciones realizadas en foros internacionales, remitió una circular a todas las instalaciones autorizadas que disponen de fuentes radiactivas de elevada actividad, instándoles a extremar la aplicación de las medidas de seguridad para evitar el acceso de personal no autorizado al material radiactivo disponible y a informar, con carácter inmediato, a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y al CSN sobre la detección de cualquier anomalía que pudiese afectar al control de las fuentes de radiación.

### **Circular sobre autorizaciones de instalaciones de teleterapia con equipos aceleradores de electrones**

En los últimos años está teniendo lugar en los establecimientos sanitarios españoles la instalación de un importante número de equipos aceleradores lineales de electrones para uso en radioterapia, tanto en sustitución de antiguos equipos de cobaltoterapia como para la creación de nuevas unidades de tratamiento.

La complejidad del diseño y montaje de las instalaciones para aceleradores lineales, junto con la necesidad de acortar los plazos para su entrada en funcionamiento, ha dado lugar a que en varias ocasiones la solicitud de las autorizaciones necesarias

se hayan realizado cuando los proyectos se encuentran en una fase muy avanzada, demandando los titulares que las evaluaciones del CSN se completasen en unos plazos incompatibles con la calidad requerida para instalaciones de esa complejidad técnica.

Con el objetivo de evitar ineficacias y conflictos en la ejecución y autorización de esas instalaciones, el CSN ha dirigido una circular a los establecimientos sanitarios españoles susceptibles de albergar instalaciones de teleterapia, recomendándoles que consideren en la planificación inicial de los proyectos unos plazos de al menos seis meses para la obtención de la autorización, antes de la fecha prevista para la recepción del equipo, así como que verifiquen que la documentación técnica a presentar sea completa y tenga una calidad adecuada conforme a normas técnicas ampliamente aceptadas, para lo cual se considera conveniente que sea preparada por entidades con reconocida experiencia y contando con el apoyo del suministrador del equipo.

### **Infraestructura nacional para la calibración de instrumentación para detección y medida de la radiación y la contaminación**

Un grupo de trabajo formado en el seno del Foro de protección radiológica en el medio hospitalario, constituido por las Sociedades Españolas de Protección Radiológica y Física Médica y el CSN, ha finalizado un análisis sobre disponibilidades y carencias en España en relación con los laboratorios para calibración de instrumentación para detección y medida de la radiación y la contaminación. Se han analizado las disponibilidades para instrumentación utilizada con fines de protección radiológica, por un lado, y para instrumentación utilizada con fines médicos, por otro.

En el campo de la radioprotección, se ha identificado que no existe ningún laboratorio en España para calibración de instrumentación para detección y medida de la radiación neutrónica. El CSN ha solicitado al Ciemat que, en colaboración con el Departamento de Ingeniería Nuclear de la ETSII-UPM, elabore un proyecto para la dotación de un laboratorio de calibración para radiación neutrónica.

En el campo de las aplicaciones médicas, se han encontrado carencias que afectan a la capacidad de calibración de instrumentos utilizados en braquiterapia y en radiodiagnóstico de baja energía (mamografía). El CSN ha dirigido un escrito al Ministerio de Sanidad y Consumo y al Ministerio de Ciencia y Tecnología, manifestándoles la necesidad de promover iniciativas para solventar esas carencias y anunciándoles la convocatoria en fechas próximas de reuniones técnicas para concretar las actuaciones a llevar a cabo.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

### Comité de Investigación y Desarrollo en Energía Nuclear (CEIDEN)

El Comité de Investigación y Desarrollo en Energía Nuclear (CEIDEN), constituido bajo la coordinación del Ministerio de Economía, ha manifestado la conveniencia de mantener reuniones específicas de las entidades públicas intervinientes en el CEIDEN (Mineco, CSN, Ciemat, Enresa y Enusa).

El objetivo a alcanzar en estas reuniones es buscar, identificar, evaluar y poner en marcha las oportunidades que brinde la concurrencia de intereses y capacidades de estas entidades, más allá y como complemento de lo que cada entidad esté ya realizando dentro de sus propios programas.

El Ministerio de Ciencia y Tecnología también ha manifestado su interés por la I+D en el campo de la energía nuclear incorporando en el próximo Plan Nacional 2004-2007 una línea de investigación sobre fisión nuclear.

De las discusiones de este comité, se han identificado cinco líneas de mayor oportunidad y prioridad:

1. Combustible, contemplando tanto el actual como el de alto quemado, en la doble vertiente de Caracterización de su comportamiento, y Metodología de diseño, así como los aspectos relacionados con la gestión del combustible una vez irradiado.

2. Desclasificación, fundamentalmente para la generación de criterios propios.

3. Materiales, que contempla, entre otros temas, los concernientes a la vida de las plantas.

4. Protección radiológica de situaciones de facto, que incluiría tanto lo relativo a la Radiación natural, como a la Intervención tras un accidente.

5. Modelo integrado de seguridad, en el que se tratarían de integrar los criterios deterministas y probabilistas, y se incorporarían los conocimientos ya alcanzados relativos a la influencia del factor humano y la organización.

Cada entidad mantiene informados al comité y a los restantes miembros de sus actividades en estos programas, para compartir proyectos y para coordinar actividades de interés mutuo.

### Plan de I+D del CSN 2002-2006

La necesidad de mantener al CSN en los niveles más avanzados de la I+D fue prevista en el momento de redactar su ley de creación, encomendándole la promoción y la participación en proyectos de investigación y desarrollo, cuyos resultados no sólo proporcionan calidad técnica a las decisiones en seguridad nuclear y protección radiológica, sino que garantizan permanentemente la independencia técnica del Organismo, el valor patrimonial más significativo en un organismo regula-

dor de la naturaleza del Consejo de Seguridad Nuclear.

El Plan de Investigación y Desarrollo del CSN para el período 2002 a 2006 ha reordenado las actividades de investigación y desarrollo en programas amplios que incluyen proyectos que responden a las necesidades próximas y futuras de la seguridad nuclear y la protección radiológica. Dentro de estos programas, se incluyen los siguientes temas:

1. Combustible.

2. Barrera de presión del circuito primario, el comportamiento termohidráulico, el mantenimiento de su integridad y las posibles soluciones de los problemas de envejecimiento.

3. Contención y accidentes severos.

4. Análisis probabilísticos de seguridad y factores humanos.

5. Protección radiológica de las personas.

6. Evaluación del impacto radiológico, exposiciones potenciales y exposición a la radiación natural.

7. Reducción del impacto radiológico, que también comprende la gestión de materiales y residuos, y las técnicas de intervención en áreas afectadas por accidentes.

8. Gestión del combustible gastado y los residuos de alta actividad.

9. Centrales nucleares avanzadas.

El CSN dedica casi un 10% de su presupuesto a financiar los proyectos de I+D, en colaboración con otras entidades públicas o privadas con intereses en el campo de la seguridad nuclear.

### Proyecto Halden

El CSN, junto con otras entidades nacionales (Ciemat, Enusa y Tecnomat), viene participando desde hace tiempo en el Halden Reactor Project mediante acuerdos que se suceden cada tres años. Este proyecto se refiere a áreas relacionadas con fiabilidad humana, combustible nuclear y materiales.

De nuevo, tales entidades han mostrado interés en seguir participando en el trienio 2003-2005, una vez que se firme por las partes un convenio de colaboración (Convenio Nacional Halden).

La participación en el proyecto Halden contribuirá, sin duda, como lo ha venido haciendo hasta ahora, a resolver problemas de operación y licenciamiento que afectan a las centrales nucleares, en un amplio espectro de aplicación y en distintas condiciones de funcionamiento.

En el Programa de Combustible y Materiales se esperan obtener resultados que determinen capacidades de alto quemado, respuestas a transitorios y gestión de vida de las plantas, entre otros. El Programa de la Fiabilidad Humana continuará aportando buenos conocimientos, tanto en lo que se refiere a aspectos organizativos como de evaluación del comportamiento humano, informados por el riesgo.

# Noticias breves

- Consejo de Seguridad Nuclear • Congresos, cursos y conferencias • Actividades internacionales

## ► CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

### Jornadas sobre “El principio de precaución: aspectos jurídicos y sociales”

El pasado día 9 de mayo se celebró en el Salón de Actos de la sede del Consejo de Seguridad Nuclear una Jornada sobre “El Principio de Precaución: aspectos jurídicos y sociales”.

La promoción de esta jornada, que presta continuidad a otras anteriores dedicadas a “Temas de Derecho Nuclear” y al “Presente y futuro de la Legislación española”, responde a la sensibilidad del Organismo ante cuestiones de actualidad que inciden en su propio ámbito competencial, como sucede en el referido principio.

Conceptualmente, dicho principio, que se abrió camino a través de diferentes convenciones internacionales, tiene un contenido poliédrico, con proyecciones en áreas tan diferenciadas como la sociología jurídica, técnica y económica, alguna de las cuales merecía un análisis más riguroso y detallado, al que el Consejo no podía renunciar dado que, como Organismo Regulador, sus funciones están de alguna forma impregnadas del cumplimiento de principios como los de *precaución* y *prevención*. La razón de ser del Consejo de Seguridad Nuclear se asienta sobre la precisión de riesgos derivados de la aplicación pacífica de la energía nuclear y de la radiactividad, pudiendo fijar o

imponer los mecanismos técnicos y jurídicos para su eliminación o para hacerlos socialmente asumibles.

Con este motivo se convocó en la referida jornada a catedráticos, especialistas y profesionales dedicados o relacionados con dicha materia, presentando ponencias de contenido sociológico (“Introducción al principio de precaución”, por Ramón Ramos Torre, y “Los tres principios prudenciales: previsión, precaución y prevención, su aplicabilidad en la gestión de riesgos mayores”, por Andrés García Gómez), jurídico (“Precaución, daño nuclear seguro”, por Julián Gómez del Campo) y técnico (“El principio de precaución aplicado a la regulación de la seguridad nuclear” por José Alfredo Lantarón Gutiérrez).

El contenido de las ponencias y del debate de la mesa redonda se presentará en una publicación específica.

### Encomienda de funciones

Relaciones Institucionales del Gabinete Técnico de Presidencia ha organizado, durante el primer semestre de 2003, las reuniones anuales de los diversas Comisiones Mixtas de Seguimiento de los acuerdos de encomienda de funciones que el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) mantiene con varias comunidades autónomas: País Vasco, Cataluña, Galicia, Navarra, Islas Baleares y Valencia.



De izquierda a derecha: Juan San Nicolás, director general de Protección Civil; José Ángel Azuara, vicepresidente del CSN, y Rafael Caro, presidente de la Comisión Técnica de la SNE, durante la presentación de la jornada.

En estas reuniones participan, por parte del CSN, la Secretaría General, la Dirección Técnica de Protección Radiológica, la Subdirección General de Protección Radiológica Operacional, la Asesoría Jurídica, la Subdirección General de Personal y Administración, el Área de Transportes y el Gabinete Técnico de Presidencia.

Con los acuerdos de encomienda de funciones se traslada el ejercicio de unas funciones claramente definidas desde el CSN a estas comunidades autónomas. Estos acuerdos no suponen cesión alguna de la titularidad de las competencias ni la de los elementos sustantivos de su ejercicio.

Todos los acuerdos están enmarcados en un documento general de criterios, y, aunque cada acuerdo tiene un alcance distinto para cada Comunidad Autónoma, los elementos básicos controlados en todos ellos son: las inspecciones de instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría, y las de las instalaciones de radiodiagnóstico médico; la inspección de los transportes de combustible nuclear y de otros materiales radiactivos que transcurren por su comunidad; la vigilancia radiológica ambiental allí donde existen centrales nucleares, y los análisis y evaluaciones relacionados con las instalaciones radiactivas.

En todas las reuniones se han tratado temas comunes relativos a: la revisión del estado de los puntos abiertos en la reunión anterior, el análisis de la planificación anual de las actividades realizadas durante 2002, los pagos realizados por el CSN en ese mismo año; el análisis de la planificación de los trabajos del año 2003, etc.

En todos los casos la valoración global del desarrollo de las encomiendas de funciones ha sido altamente positiva y satisfactoria tanto para las comunidades autónomas como para el CSN.

Por otro lado, la sociedad en su conjunto se ve beneficiada, al disponer de inspectores altamente cualificados, funcionarios de las comunidades autónomas, formados por el CSN y siempre en contacto continuo con el Organismo, más cerca de las instalaciones radiactivas, de los transportes y de las emergencias.

Como fruto de estas reuniones de control mencionadas, se están desarrollando ampliaciones de las funciones con Navarra y Galicia.

Así mismo, se han realizado todas las gestiones oportunas y está dispuesto para firma el acta de entrada en vigor del Acuerdo de encomienda de funciones con la Comunidad Autónoma de Canarias.

### Convenios

Desde el área de Relaciones Institucionales, y dentro de las actividades que contempla el Plan de Trabajo para este año, se ha firmado el 23 de abril

de 2003, un convenio de colaboración con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, que tiene como principal cometido contribuir a la realización de actividades de formación del profesorado, estableciendo las condiciones de colaboración mutua entre el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y el Consejo de Seguridad Nuclear en dicho ámbito, y facilitando la existencia de una oferta diversificada y suficiente de dichas actividades, utilizando lo dispuesto en la Ley 1/1990 de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo, sobre fomento de la colaboración con otras instituciones para la formación del profesorado.

Asimismo, el Consejo de Seguridad Nuclear, reconociendo la importancia científica y la relevancia que tiene para la seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas españolas la labor docente realizada por la Universidad Politécnica de Cataluña en las disciplinas científicas y tecnológicas relacionadas con la Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica, ha firmado el 29 de mayo de 2003, el Acuerdo Específico: Fomento de Programas de Formación en el Área de la Ingeniería Nuclear mediante el desarrollo de Simuladores de Reactores Nucleares. El objetivo de este acuerdo es la cooperación en programas de formación en el área de Ingeniería Nuclear e instalación y desarrollo de simuladores de reactores nucleares en el Departamento de Física e Ingeniería Nuclear de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona de dicha Universidad.

### Junta de gobernadores del OIEA

El Consejo participó, junto con el Ministerio de Economía y Hacienda, en la Junta de gobernadores del OIEA, que se celebró entre el 17 al 19 de marzo de 2003.

El gobernador de España ante la Junta de gobernadores del OIEA, el embajador Antonio Nuñez García-Sauco, presidió la delegación española. La Junta dedicó parte de su tiempo a revisar las actividades del Organismo durante 2002 en seguridad nuclear, radiológica y gestión segura de residuos radiactivos.

El embajador español en su intervención pidió al Organismo que dé la máxima prioridad al desarrollo de un conjunto de estándares de seguridad de alta calidad técnica que sirvan de referencia internacional. También se refirió a las conclusiones de la Convención de Seguridad Nuclear, indicando su preocupación por el mantenimiento de la competencia profesional, pidiéndole al OIEA que explore fórmulas que permitan mantener el conocimiento y la capacidad del sector nuclear en temas de seguridad. En lo que se refiere a la seguridad de los residuos

radiactivos, nuestro embajador señaló la falta de coherencia con los estándares del OIEA de algunas posiciones de la Convención de Oslo y París (OSPAR), en especial la exigencia de descarga nula a las instalaciones nucleares. Finalmente felicitó al Organismo por la excelente tarea que está realizando en el desarrollo de infraestructura en seguridad radiológica en los países en vías de desarrollo, indicando que "a tal efecto, el OIEA puede contar con el apoyo de mi país para el fortalecimiento de la infraestructura reguladora, educación y entrenamiento, y para el desarrollo de redes del conocimiento y experiencia. Con respecto a esta última actividad, España ofrece su apoyo a la iniciativa del Departamento de Seguridad Nuclear para desarrollar una red de conocimiento en seguridad nuclear, radiológica y de residuos en Latinoamérica, y se compromete a apoyar su desarrollo".

### El presidente de la NRC visita el CSN

Con motivo de la visita a España del nuevo presidente de la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (NRC) D. Nils Díaz, el día 7 de mayo tuvo lugar una reunión informal con el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear.



Nils Díaz, presidente de la NRC.

Además del correspondiente repaso a las actividades tanto nacionales como internacionales, ambos organismos reguladores coincidieron en la necesidad de reforzar, dentro del marco del acuerdo bilateral, el intercambio de información, experiencias y conocimiento técnico, cuestión que se verá en breve materializada en trabajos de apoyo mutuo a situaciones de emergencia o de exenciones temporales, así como al haber sido aceptada por parte de la NRC la estancia de un técnico de la Subdirección General de Instalaciones Nucleares del

Consejo de Seguridad Nuclear durante un período de nueve meses.

## CONGRESOS, CURSOS Y CONFERENCIAS

### Congreso Internacional 2003 sobre avances en las centrales nucleares

Del 4 al 7 de mayo se ha celebrado en Córdoba (España), el mencionado congreso, que fue inaugurado por la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, bajo el patrocinio de la Sociedad Nuclear Española, Francesa, Japonesa, Coreana y Americana, y al que asistieron destacados profesionales del sector nuclear tales como el presidente de la Comisión de Regulación Nuclear de los Estados Unidos (NRC).

En sesiones plenarias se trataron diversos temas, como la nueva era en la energía nuclear, la viabilidad económica y la seguridad de las centrales nucleares, los beneficios de la cooperación internacional para la producción nuclear, las aproximaciones a efectuar para los diseños de nuevos edificios y sistemas, los temas destacables de la seguridad nuclear y física de las nuevas instalaciones, y el futuro de los ciclos de combustible.

Antonio Gea, del Consejo de Seguridad Nuclear, presentó, en sesión plenaria, las características relacionadas con la seguridad de los reactores avanzados, las metas a las que habría que aproximarse en la regulación, los temas importantes a resolver en relación con la seguridad para los reactores avanzados, y ejemplos de temas pendientes para la nueva aplicación de la defensa en profundidad y para temas de investigación.

En las sesiones técnicas se trataron diversos temas tales como los programas de los nuevos reactores refrigerados por agua, la problemática de los reactores de alta temperatura, mejoras a efectuar en los ámbitos de operación y fiabilidad, evaluaciones de seguridad de las instalaciones, nuevas técnicas de análisis termohidráulicos y de pruebas, mejoras en el diseño de los núcleos de los reactores y en el combustible nuclear, y temas destacables relacionados con los materiales y estructuras.

### Jornadas sobre el comportamiento de los materiales estructurales y su influencia en la gestión de vida de las centrales nucleares

La Sociedad Nuclear Española pretende consolidar una estructura de tres reuniones monográficas anuales. La correspondiente a la primavera es muy reciente, ya que inició su andadura en 2002, con la Jornada sobre Derecho Nuclear.

La segunda edición de esta jornada de primavera





Sesión de apertura de ICAPP'03.

se ha convocado con la mirada puesta en el comportamiento de los materiales, especialmente los de la isla nuclear, y su impacto en la gestión de vida de las centrales. Esta jornada se celebró el 10 de junio de 2003, con la colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear.

La investigación sobre materiales es fundamental en todos los campos de la tecnología, hasta el extremo de que se puede asegurar que, para garantizar la mejora de cualquier producto manufacturado, la I+D en esta disciplina ha de marchar en paralelo con su explotación.

Esto es particularmente cierto en el entorno de las centrales nucleares, donde el funcionamiento de todos sus componentes es fundamental para una explotación económica de la central a lo largo de su vida de diseño, y la posibilidad de extender este período sustancialmente ha de cumplir necesariamente la condición de un buen comportamiento de sus materiales. En particular, en las proximidades del núcleo, con condiciones de temperatura, presión y radiación extremadamente hostiles, es estrictamente necesario el conocimiento de los mecanismos de deterioro y, de los procedimientos de seguimiento y medida. Éstos son dos de los temas que se han tratado en estas jornadas, incluyendo también la producción de nucleoelectricidad y la visión del CSN sobre la materia como Organismo Regulador.

### Curso de desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares y radiactivas

En la semana del 9 al 13 de junio se ha desarrollado en el Ciemat el Curso de desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares y radiactivas.

Los proyectos y la tecnología utilizada en el desmantelamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas que ya han finalizado su vida operativa, bien porque haya transcurrido el período temporal para el que fueron diseñadas, o bien porque su cese operativo haya sobrevenido por causas acci-

dentales o económicas, han pasado desde una primera etapa experimental o de "investigación y desarrollo" a una fase que ya se puede definir como un proceso netamente industrial en vías de estandarización.

Por el contrario, el desarrollo regulador para el control de las actividades de desmantelamiento y de clausura de estas instalaciones no ha seguido una evolución paralela, lo que ha dado lugar a que el licenciamiento y el control regulador haya tenido que abordarse con criterios y objetivos propios de la etapa operativa de estas instalaciones.

Esta situación de inadaptación reguladora, que se ha producido, en mayor o menor medida, en la práctica totalidad de los países pioneros en proyectos de desmantelamiento, ha dado lugar a evaluaciones y a análisis de seguridad parcialmente desenfocados de los aspectos de seguridad que son realmente importantes. Una clarificación de los aspectos clave de seguridad de estos procesos facilitaría su control regulador, eliminaría la "incertidumbre reguladora" que los caracteriza, y, por tanto, contribuiría a optimizar los mismos desde el punto de vista radiológico.

El objetivo básico del curso, en su edición de 2003, ha sido la de proporcionar a los técnicos del CSN una visión global de los procesos de desmantelamiento a fin de facilitar los posteriores procesos de evaluación, así como la elaboración de la regulación y normativa técnica que faciliten los próximos proyectos de desmantelamiento y clausura que se realicen en España.

Se ha potenciado con el curso una cultura de seguridad propia del desmantelamiento y de la clausura de estas instalaciones que tiene que abordar riesgos en gran medida diferentes de los de la fase operativa de las instalaciones que se desmantelan.

El curso realizado ha constado básicamente de cuatro módulos didácticos complementarios y diferenciados, con los que se ha pretendido dar una visión general, pero estructurada, de los aspectos

que se precisan considerar desde un punto de vista regulador.

### Curso básico de protección radiológica

En la semana del 30 de junio al 4 de julio y en horario de 8.30 horas a 14,30 horas, se celebró en Madrid, en el Centro Mesonero Romanos, un Curso básico sobre protección radiológica, dirigido a profesores de enseñanza secundaria con el fin de actualizar sus conocimientos científicos y tecnológicos sobre las radiaciones ionizantes, y la protección radiológica en situaciones de normalidad y en caso de emergencias. Las diferentes clases trataron de las aplicaciones y usos de la radiación en la industria y la medicina; la seguridad en las instalaciones radiactivas; el transporte del material radiactivo; las centrales nucleares; las instalaciones del ciclo del combustible; la seguridad en las instalaciones nucleares; la protección radiológica del público y del medio ambiente; los diferentes casos de emergencias radiológicas y sus consecuencias; las medidas de emergencia para alertar, proteger y socorrer a la población en caso de emergencia radiológica; y, por último, la normativa nuclear y radiológica española. En el ecuador de las jornadas, se mostrará a los participantes a este curso el Centro de Información y la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear. Este curso cuenta con tres créditos otorgados por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Ha sido organizado por el Consejo de Seguridad Nuclear en colaboración con el ministerio anteriormente mencionado, dentro del convenio de colaboración firmado por ambas entidades.

### Curso de verano de El Escorial "El futuro de la seguridad nuclear en Europa"

El Consejo de Seguridad Nuclear ha considerado de interés organizar un curso, que se celebrará entre los días 7 y 11 de julio, sobre "El futuro de la seguridad nuclear en Europa", dentro del marco que nos ofrece la Fundación General Universidad Complutense de Madrid en su Programa de Cursos de Verano, que se imparten en El Escorial. Está prevista la intervención de ponentes cuyo conocimiento y experiencia en estas materias son ampliamente reconocidos.

Las sociedades más avanzadas demandan, de manera creciente, que los riesgos que se derivan de las acciones humanas sean mínimos, tanto para el hombre como para el medio ambiente, e incluso determinados sectores de las mismas requieren un riesgo cero. En este aspecto, la seguridad como concepto condiciona o puede condicionar el desarrollo de actividades muy diversas, y, por ello, es un tema de actualidad que siempre invita a reflexionar.



Vista de el monasterio de San Lorenzo de El Escorial.

Por otra parte, si se considera la existencia de abastecimiento eléctrico de origen nuclear en los distintos países integrantes de la Unión Europea y la futura adhesión de nuevos miembros que también disponen de esta tecnología de abastecimiento, aunque en condiciones diferentes, nos encontramos ante un panorama único de la seguridad nuclear en Europa.

Aunque no hace falta incidir en la repercusión e importancia del tema en el contexto actual, sí cabe destacar que la seguridad, en general, y la seguridad nuclear, en particular, son disciplinas en las que se reúnen materias científicas y tecnológicas, económicas, sociales y jurídicas, todas ellas al más alto nivel y que se encuentran en evolución continua, de lo que se desprende la importancia de analizar las mismas en el ámbito universitario y empresarial en general.

Para más información consultar la página web <http://www.csn.es>

### Regulatory Information Conference

La NRC celebró su Regulatory Information Conference (RIC) anual durante la pasada Semana Santa, entre los días 16 y 18 de abril, a la que asistió una delegación del Consejo de Seguridad Nuclear. La situación internacional en la que se enmarcó la conferencia propició un análisis de hechos pasados y de procesos actuales dentro del sistema regulador, evitando en lo posible los planes y perspectivas de futuro, teniendo en cuenta que uno de los temas principales fue la protección física de las instalaciones nucleares.

En esta materia la NRC sigue realizando un considerable esfuerzo, y ha requerido a los titulares múltiples acciones por medio de Órdenes, incluyendo acciones para proteger las piscinas de combustible y para limitar la fatiga del personal.

La otra cuestión principal durante la conferencia fue la cultura de seguridad. Los procedimientos para evaluarla (no cuantificarla) por parte del

titular, la revisión independiente de los procesos y la seguridad sobre estas evaluaciones por parte de la NRC son los tres puntos esenciales de la política sobre cultura de seguridad en el organismo americano.

La novedad más importante del RIC fue la presentación por primera vez en este acto de Nils Díaz como presidente, después de su periodo como comisionado. Su discurso se basó en el avance sustancial en el establecimiento de un sistema regulador informado por el riesgo y basado en resultados, y en las lecciones aprendidas del suceso de Davis Besse.

En este marco del RIC, el Área de Comunicación del CSN mantuvo un encuentro con representantes del Departamento de Asuntos Públicos de la NRC, en el que se llevó a cabo un intercambio de información y *best practices* acerca de la organización y funcionamiento de la comunicación en ambos organismos, que transcurrió por derroteros paralelos al tema central del RIC, la cultura de seguridad. Los representantes de ambos organismos coincidieron en que la comunicación juega un papel importante y positivo en la gestión de la regulación, siempre que se dirija hacia la cultura de la calidad en la información.

Las conclusiones más importantes que se obtuvieron en la reunión tras el análisis de las prácticas en ambos organismos fueron la necesidad de que la comunicación quede en manos de periodistas profesionales que canalicen la información del resto de la entidad, la agilidad y el rigor que supone el hecho de que los profesionales de la comunicación obtengan formación técnica y los técnicos formación en comunicación, y la obligatoriedad de sustituir las estrategias de comunicación por estructuras que puedan amoldarse a los cambios y a las necesidades coyunturales.

### VIII Reunión del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares (FORO)

Durante los pasados días 13 a 15 de mayo tuvo lugar en Buenos Aires, Argentina, la VIII Reunión del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares (FORO), que contó con la presencia de la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea.

Al FORO asistieron todos los máximos representantes de los organismos reguladores de los países que lo componen -Argentina, Brasil, Cuba, España y México-, además de Chile como país observador.

Un punto destacado de la agenda fue el fortalecimiento de las actividades del FORO y la consideración de la enmienda del Estatuto del FORO, firmado por los países miembros el 11 de mayo de 1998, en cumplimiento de lo dispuesto en el Acuerdo de Veracruz de 9 de julio de 1997, con

objeto de constituirlo formalmente como una asociación civil sin ánimo de lucro a la que se pueda asociar todo organismo de regulación y control de la seguridad nuclear y radiológica iberoamericano y aquellos otros que, a juicio del FORO, estén capacitados para cumplir los fines del mismo. En estos momentos está en estudio por parte de todos los países la primera propuesta de acta de constitución de la asociación y de enmienda al Estatuto, realizada por Argentina en su calidad de presidente.

Asimismo, el Sr. Taniguchi, director adjunto de Seguridad Nuclear del OIEA, presentó las actividades del Organismo relacionadas con la preservación y gestión del conocimiento en seguridad nuclear y radiológica. El Sr. Lederman, oficial técnico del OIEA, presentó el proyecto piloto para el desarrollo de una red que permita almacenar y compartir la información y conocimiento en materias de formación y entrenamiento en seguridad nuclear en la región asiática. Este proyecto podría servir de modelo para una posible creación de una Red iberoamericana sobre seguridad radiológica.

Además, se hizo un recorrido por el estado de la actividad regulatoria de cada país desde la última reunión, se trató la protección radiológica de pacientes, iniciativas internacionales sobre la seguridad física de los materiales radiactivos y, finalmente, se trató la Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, punto en el que España presentó su informe, enviado al OIEA el 5 de mayo pasado.

A la conclusión de esta reunión, la delegación española viajó con el resto de los miembros del FORO a Montevideo (Uruguay) para participar en una reunión conjunta con los participantes latinoamericanos del proyecto modelo del OIEA para el desarrollo de infraestructuras básicas en seguridad radiológica. En esta reunión se presentó la propuesta de apertura del FORO, con gran aceptación de los países asistentes (Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y Uruguay).

### Primer Informe Nacional de la Convención sobre la seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos

España entregó el 5 de mayo el Primer Informe Nacional sobre la Convención Conjunta en la sede del OIEA en Viena. El documento está disponible en las siguientes páginas Web:

• Versión española:

[http://www.mineco.es/nuclear/informe\\_esp.pdf](http://www.mineco.es/nuclear/informe_esp.pdf)

• Versión inglesa:

[http://www.mineco.es/nuclear/informe\\_ing2.pdf](http://www.mineco.es/nuclear/informe_ing2.pdf)

• Página del OIEA:

<http://www-rasanet.iaea.org/conventions/waste-jointconvention.htm>

• CSN Intranet: Presidencia: Relaciones Internacionales, en español e inglés.

A partir de mayo y hasta el mes de octubre, España formulará preguntas a los informes de los demás Estados parte, y responderá a las que se realicen a nuestro informe, preparatorias de la Reunión de Revisión que se celebrará en Viena del 3 al 14 de noviembre.

## ACTIVIDADES INTERNACIONALES

### Visita a Suecia de la consejera Martínez Ten

La consejera Martínez Ten, acompañada por el director de Protección Radiológica, la subdirectora de Protección Radiológica Ambiental y un representante de Relaciones Internacionales se desplazaron a Suecia del 19 al 23 de mayo. Este viaje tenía como objetivos visitar las instalaciones de almacenamiento de residuos y combustible gastado en este país, mantener una reunión técnica con el Organismo Regulador de Protección Radiológica, SSI, para establecer un programa de colaboración y entrevistarse institucionalmente con el Organismo Regulador de Seguridad Nuclear, SKI, para expresar el interés del CSN en incrementar la cooperación entre ambas instituciones.

Durante los tres primeros días de comisión, se efectuaron visitas a las instalaciones de SFR para el almacenamiento de residuos de media y baja actividad en Forsmark, al centro de tratamiento de residuos de media y baja actividad de Studvik, al almacenamiento temporal de combustible gastado en piscinas subterráneas y al laboratorio para el estudio del almacenamiento geológico profundo de Aspö, en Oskarsham.

## INFORMACIÓN GENERAL

### Coste del suministro de energía eléctrica año 2002

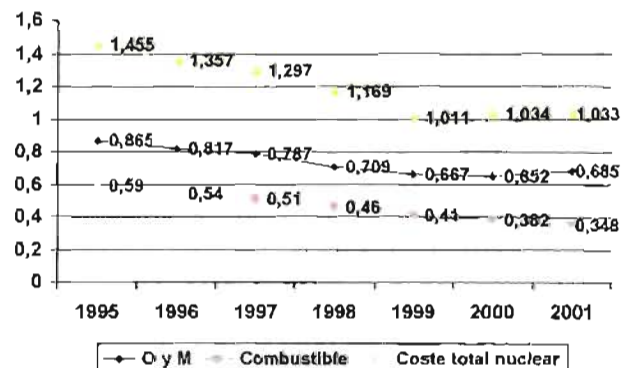
El coste medio del suministro de energía eléctrica en el año 2002 ha sido de 7,18 céntimos de euro/kWh. Este coste recoge el importe de la energía adquirida por los consumidores cualificados en el mercado de producción, y su cálculo se ha realizado con los datos de la liquidación anual de las actividades reguladas publicada por la Comisión Nacional de Energía (CNE).

La actividad de generación representa el 68,6% de este coste, del que el 52,6% corresponde al coste de generación de la energía en el mercado de producción y el 16% al de la energía generada por el régimen especial. Por su parte, los costes de las actividades de transporte y distribución suponen el 4,5% y el 21,5%, respectivamente, y los de diversificación y seguridad de abastecimiento, junto a los costes permanentes del sistema que se recuperan como cuotas sobre la facturación, representan el 5,4% del coste total del suministro.

El precio medio horario final en el mercado de producción diario en España alcanzó un valor de 4.179 céntimos de euro por kWh neto en el año 2002. El precio del kWh nuclear fue de 1,033 céntimos de euro; el del kWh eólico, de 6,69 céntimos de euro\*.

La diferencia entre el precio medio horario final del kWh y el coste total de la producción nuclear es de más de 3 céntimos de euro por kWh neto producido y de 5,6 céntimos de euro en el caso del régimen especial.

En el gráfico siguiente, se puede ver que el coste de producción del kWh nuclear en España ha ido descendiendo progresivamente desde el año 1995 en un 40%, alcanzando un valor de 1,033 céntimos de euro por kWh neto, de los que 0,685 céntimos de euro por kWh corresponden a los costes de operación y man-



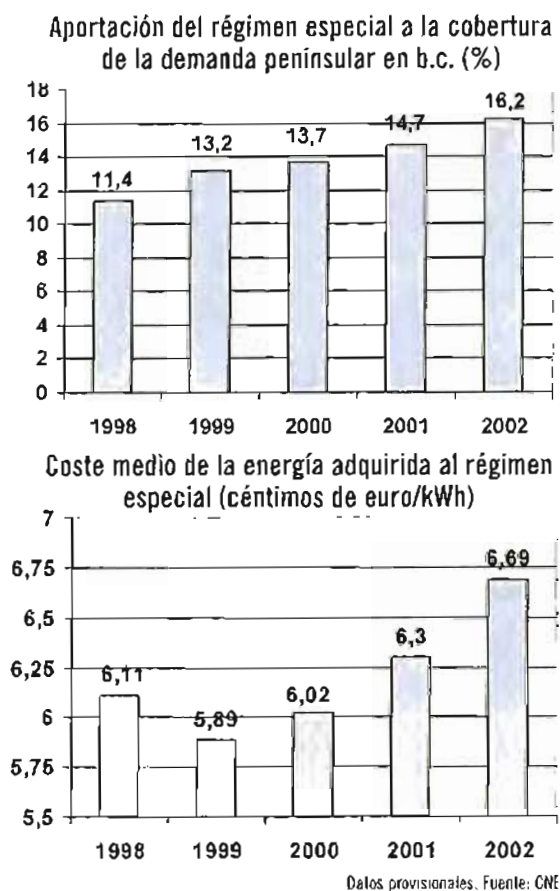
Datos en céntimos de euro/kWh neto producido  
Fuente: Unesa

tenimiento, y 0,348 céntimos de euro por kWh al coste del combustible, que se mantiene muy estable, e incluso descendiendo en los últimos años en los mercados internacionales, a diferencia de lo que ocurre con el precio de los combustibles fósiles.

### Régimen especial

La energía procedente del régimen especial ha cubierto el 16,2% de la demanda en barras de central, un punto y medio más que en 2001. Las adquisiciones totales han ascendido a 34.127 GWh, un 13,3% más que el año anterior, crecimiento similar al registrado en 2001.

\*Fuente: REE y CNE.



Respecto al origen de estas adquisiciones, las energías no renovables mantienen el papel predominante de años anteriores y han aportado el 55% del total de energía del régimen especial. Por su parte, la energía adquirida procedente de centrales que utilizan fuentes de energía renovables se ha incrementado en un 17,8% y ha aportado el 45% de la energía del régimen especial, casi dos puntos más que en 2001.

El precio medio de la energía adquirida al régimen especial ha sido 6,69 céntimos de euro/kWh, un 6,2% superior al del año anterior. Este incremento de precio tiene su origen fundamentalmente en el aumento del peso relativo de las energías procedentes de centrales que utilizan fuentes renovables, cuyo precio unitario es mayor.

Desde el mes de septiembre, los productores en régimen especial tienen la posibilidad de participar en el mercado organizado de producción, siendo obligatoria, desde el mes de diciembre, la participación para aquellos con más de 50 MW de potencia instalada. Esta participación ha supuesto el 2,65% de la energía total aportada por el régimen especial.

### Areva da el primer paso para su privatización

Areva, el primer grupo de empresas especializadas en todas las fases del ciclo del combustible nuclear, ha acogido de buen grado el inicio por parte del Gobier-

no francés de los trámites para la licitación de una entidad que se encargue de asesorar y guiar la estrategia futura del grupo. Esto se puede considerar como un primer paso para su privatización, ya que sería la entidad licitada la que realizase el estudio sobre esta posibilidad.

El Gobierno francés no se ha pronunciado sobre la viabilidad de la privatización, pero el grupo ya ha ofrecido varias señales de que podría ser vendida la participación pública de su accionariado.

La presidenta de Areva, Anne Lauvergeon, ha declarado recientemente que la empresa, tras obtener el año pasado 240 millones de euros de beneficios y una facturación de 8.260 millones de euros, se encuentra preparada para la privatización cuando sus accionistas así lo decidan.

Por otro lado, diversos miembros del Ministerio de Economía y Finanzas han hecho pública la orden de preparar técnicamente la operación a pesar de no haber tomado todavía una decisión sobre la privatización. Esta idea se refuerza con el hecho de que Areva ha comenzado una selección de asesores que finalizará en pocas semanas.

La principal baza a favor de la privatización es la experiencia de mercado que posee el grupo, lo cual supondría una continuidad de su actividad en muchos aspectos, además de contar ya con un debate sobre la privatización.

El principal lastre para la operación es el que supone la actitud protectora del Gobierno francés en los considerados sectores estratégicos o sensibles, entre los que se encuentra el grupo por sus actividades de tratamiento de residuos radiactivos provenientes de centrales nucleares y las reservas estratégicas de petróleo.

La cesión no se prevé que salga adelante antes de finales de año, fechas en las que comenzará el proyecto del reactor de tercera generación EPR (European Pressurized Water Reactor), de momento experimental, que se espera que sea instalado en Francia en centrales ya existentes y que tenga una fuerte demanda en otros países.

### Situación actual del agrietamiento de manguitos de penetraciones de los accionamientos de barras de control de la vasija del reactor de la central nuclear de Santa María de Garoña

El agrietamiento de los manguitos de las penetraciones de los mecanismos de accionamiento de las barras de control (CRDH) fue descubierto durante la parada de recarga de 1981, al detectarse una fuga en la penetración 06-19.

El agrietamiento de los manguitos se produce por un proceso de corrosión intergranular bajo tensiones (IGSCC). En este proceso intervienen tres factores:



Central nuclear de Santa María de Garoña.

material sensibilizado, alto nivel de tensiones de tracción (fundamentalmente, tensiones residuales de soldadura) y ambiente agresivo. La inexistencia de alguno de estos factores inhibe el agrietamiento por IGSCC, como se demuestra en la propia vasija de la central nuclear de Santa María de Garoña, en la que no se detectan defectos en las soldaduras manguito-vasija y en la vasija de la central nuclear de Cofrentes, que está libre de estos defectos, como se ha comprobado en las inspecciones realizadas.

El agrietamiento de los manguitos tiene una orientación radial-circunferencial iniciada desde la superficie exterior del manguito de la penetración y se localiza, mayoritariamente, en una zona por debajo de la soldadura del manguito con el tubo guía de la barra de control (CRDH), denominada soldadura en "J".

Como propuesta de reparación, Nuclenor diseñó un dispositivo denominado *sello mecánico*, el cual fue instalado durante la parada de recarga de 1982 en la penetración fugante 06-19 sobre la superficie externa del manguito, quedando confinada dentro de él la zona agrietada. El comportamiento durante ese ciclo de operación fue muy satisfactorio. Tras dicha experiencia, y una vez validado analíticamente y experimentalmente por la empresa Combustión Engineering, la solución fue adoptada sistemáticamente para otras penetraciones con la misma problemática.

Hasta el momento se han instalado sellos mecánicos a 55 penetraciones sobre un total de 97, lo que supone un 55,7%. Respecto al resto de penetraciones, se ha comprobado que 31 de las penetraciones

no tiene defectos (32%) y que 11 tienen defectos con espesores remanentes superiores a los establecidos como límite (11,3%).

En lo que respecta a los resultados de las inspecciones realizadas durante la parada de recarga de 2003, una vez analizados los mismos, se concluyó que:

El estado de la vasija, en cuanto a número de penetraciones selladas, con defectos o sanas, no ha variado, dado que no ha sido necesaria la instalación de ningún sello nuevo sobre penetraciones que no estuvieran anteriormente selladas.

En las inspecciones con ultrasonidos mediante la técnica de palpadores multionda MOST aplicada por el exterior, no se ha observado crecimiento de la longitud de los defectos detectados en inspecciones anteriores en las penetraciones que no tienen sello, mientras que en profundidad se ha observado un ligero crecimiento siguiendo tendencias anteriores.

En lo referente a las inspecciones por el interior realizadas sobre las penetraciones con sello instalado, de acuerdo con la información mostrada por Nuclenor, se han confirmado los defectos existentes y se han observado ciertas dificultades en el dimensionamiento de los mismos debido a las limitaciones geométricas de la ventana de inspección de la técnica de palpadores multicristal ARRAY. No obstante, en dichos casos, los defectos se han considerado pasantes de forma conservadora. Por otra parte, se han comunicado nuevos defectos en algunas de las penetraciones con sello instalado, unos situados en la zona que se encuentra confinada por el sello, por enci-

ma de la raíz de la soldadura en "J", y otros justamente por fuera del área de influencia del sello, por debajo de la raíz de la soldadura en "J". Tras los primeros análisis realizados sobre estos nuevos defectos, se ha concluido que los defectos altos que se encuentran confinados bajo el sello probablemente no sean de nueva aparición, por lo que posiblemente hayan sido notificados ahora gracias a la mejora de las técnicas de inspección por el interior de las penetraciones que permiten una mayor cobertura. Respecto a los defectos nuevos aparecidos por debajo de la soldadura en "J", se encuentran localizados fuera del sello, por lo que es probable que dichos defectos sean de nueva aparición dada la sensibilización del material que conforma el manguito. En todos estos casos, se ha actuado de manera conservadora, integrando todas las zonas agrietadas, considerando para ello el tamaño real del defecto cuando ha sido posible dimensionarlo con la técnica ARRAY, la cual sobredimensiona en profundidad, y, en los casos que no ha sido posible, se han considerado pasantes los defectos detectados, de manera que en dichas condiciones se ha producido un avance muy significativo de la sección agrietada, que ha supuesto para alguna penetración llegar a una sección sana del 24%, lejos aún del criterio de mínima sección sana del 5%.

En cuanto a las consecuencias potenciales provocadas por la existencia de una grieta pasante, el CSN ha seguido muy de cerca esta problemática, y, en los diferentes estudios realizados, se ha concluido que este problema no pone en cuestión la capacidad resistente de la barrera de presión, ni que la posible fuga suponga un problema de seguridad. Únicamente, como se ha indicado anteriormente, si no se garantiza una sección remanente por encima del 5%, podría darse algún problema de insertabilidad total de la barra, debido a que se produciría una elevación de todo el conjunto. En ese caso, como ya se ha indicado, debería realizarse una reparación diferente a la de instalación de un sello, que hasta el momento presente no ha sido necesaria. La aplicación de este nuevo criterio implicó la realización de inspecciones más completas y una mejora en la reportabilidad de los resultados, dado que es necesario conocer el dato de sección sana, además del de espesor remanente.

El CSN en todo momento ha seguido y exigido la aplicación de las medidas más oportunas a través de los condicionantes de operación e instrucciones complementarias, y ha evaluado los criterios para la adopción de soluciones de reparación de vigilancia operacional, como, por ejemplo, el establecimiento de un límite específico de fugas a través de los CDRH en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

El gran desarrollo de técnicas de inspección que

se ha realizado a lo largo de estos años indica claramente la sensibilización que se tiene sobre este asunto. Se comenzó con el uso de técnicas de ultrasonidos estándar. Con posterioridad, para mejorar el dimensionamiento de los defectos, principalmente en profundidad, se introdujeron las técnicas basadas en los métodos de difracción, como es el caso de los palpadores multionda (MOST). A partir de 1994, siguiendo con el proceso de mejora, se introdujo una técnica basada en el uso de palpadores multicristal (ARRAY), que permite detectar y dimensionar desde el interior de la penetración. En definitiva, todas estas técnicas han permitido, en cada momento, caracterizar el estado de los manguitos de las penetraciones, con el fin de evitar fugas y vigilar los márgenes estructurales.

En las últimas paradas, concretamente durante la parada de 2003, se han introducido nuevas mejoras a las técnicas de inspección, de manera que han posibilitado una mayor cobertura del área de examen y una mayor claridad de la información. Durante la última parada de recarga, ha sido inspeccionado un mayor número de penetraciones que en paradas anteriores, 13 en total, de las que seis han sido inspeccionadas por el exterior y el resto, correspondiente a penetraciones selladas, por el interior.

A la vista de los nuevos defectos localizados en zonas diferentes a las consideradas usuales, se ha formado un grupo de trabajo con el fin de reorientar los planes de inspección futuros, de manera que se utilicen las técnicas más modernas capaces de maximizar el conocimiento del estado de los manguitos.

Con respecto a experiencias semejantes en otros países, este problema se ha presentado en dos centrales americanas. Según se tiene constancia, no se ha realizado hasta la fecha, ni se ha requerido, ningún tipo de inspecciones específicas mediante técnicas ultrasónicas. Únicamente en una de ellas se han realizado inspecciones visuales de la superficie exterior del manguito. La posición reguladora en Estados Unidos, hasta ahora, ha sido no considerar como un aspecto de seguridad el agrietamiento de estos elementos de la vasija, no aplicando ningún criterio preventivo y no considerando ningún tipo de requisito estructural. La propuesta de reparación se hace en función de la detección de una fuga, y consiste en la realización de un expansionado, más severo que el que se hizo en la central nuclear de Santa María de Garoña en 1981, del tubo guía contra la vasija. Dicho método se encuentra admitido como mitigador de fugas en centrales americanas. En cuanto a los límites de fugas, no tienen establecido ningún tipo de límite específico aplicable durante la operación, habiendo definido uno para el arranque con fugas.

## ESTADO ACTUAL DE LOS MANGUITOS DE LAS PENETRACIONES DE LOS CRDH

CRD	LONGITUD (°)	PROFUNDIDAD (mm)	SECCIÓN SANA (%)	ESPESOR REMANENTE (mm)	AÑO ÚLTIMA INSPECCIÓN	FECHA INST. SELLOS
02-15	299	17,9	43,5	0	2001	90/01
02-19	161	15,4	79,7	0	1992	92
02-23	0	0	100	N/A	1990	-
02-27	140	18,8	80,9	0	1990	90
02-31	65	12,8	90,8	7,3	2001	-
06-11	153	18,6	76,9	0	1990	90
06-15	54	11,1	92,2	6,3	1997	97
06-19	306	19,8	35,4	0	1999	82/99
06-23	111	20,1	79	0,9	1992	92
06-27	0	0	100	N/A	1996	-
06-31	0	0	100	N/A	1990	-
06-35	230	15,9	62,3	0	1990	90
10-07	269	16,8	51,3	0	1999	83/88/99
10-11	242	15,5	>42,3 <sup>(1)</sup>	2,8	2003	88
10-15	0	0	100	N/A	1997	-
10-19	360	17,4	26	0,6	1996	87/96
10-23	164	14,4	73,6	3,4	1990	90
10-27	340	17,8	>23,8 <sup>(1)</sup>	0	2001	87
10-31	10	6	99,5	11,8	1996	-
10-35	319	16,5	>24,3 <sup>(1)</sup>	0	2003	88
10-39	157	15	70,6	2,3	1994	94
14-03	0	0	100	N/A	1996	-
14-07	116	14,4	80,7	2,7	1996	96
14-11	0	0	100	N/A	1994	-
14-15	114	18,3	80,5	0	1992	92
14-19	96	13,6	86,9	4,4	2003	-
14-23	255	17	57,4	0,7	1992	92
14-27	360	17	30,9	1,7	1996	90/96
14-31	26	10	97,1	10,7	1999	-
14-35	180	14,9	73,1	16	1992	92
14-39	0	0	100	N/A	1994	-
14-43	88	14,2	83,9	1,5	1992	92
18-03	70	15,2	88,4	1,8	1996	96
18-07	222	15,3	64,5	3	1992	90
18-11	279	16,9	47,5	1,4	1992	92
18-15	204	17,8	69,5	0	1990	90
18-19	0	0	100	N/A	1994	-
18-23	144	15,5	80,6	4	1996	96
18-27	283	16,7	52,3	3,5	1996	96
18-31	160	13,9	73,4	6	1997	97
18-35	225	15,3	61,6	2,7	1990	90
18-39	45	11,3	93,6	5,6	2003	-
18-43	132	13	77,9	2,8	1992	92
22-03	51	5,9	97,8	14,8	1994	-
22-07	87	14,6	86,4	1,8	1996	96
22-11	0	0	100	N/A	1994	-
22-15	0	0	100	N/A	1994	-
22-19	21	8,9	97,8	10,4	2001	-



ESTADO ACTUAL DE LOS MANGUITOS DE LAS PENETRACIONES DE LOS CRDH (continuación)

22-23	0	0	100	N/A	1994	-
22-27	51	14	92,1	3,8	2001	01
22-31	19	10,8	97,7	6,1	2003	-
22-35	0	0	100	N/A	1994	-
22-39	28	89	973	56	2003	-
22-43	100	13,8	82,9	2,7	1992	92
26-03	0	0	100	N/A	1992	-
26-07	0	0	100	N/A	1994	-
26-11	0	0	100	N/A	1994	-
26-15	0	0	100	N/A	1992	-
26-19	151	15,2	71,6	3,5	1996	96
26-23	20	14,2	96,8	5,4	1996	96
26-27	227	15	56,2	3,4	1994	94
26-31	41	12,7	94,6	7,9	2003	-
26-35	173	14,7	71	2,2	1992	92
26-39	223	16,8	62,2	2,4	1990	90
26-43	188	N/A	> 65,1 <sup>(ii)</sup>	3	2001	87
30-03	113	16,5	78,5	1	1992	92
30-07	0	0	100	N/A	1992	-
30-11	0	0	100	N/A	1994	-
30-15	0	0	100	N/A	1994	-
30-19	180	15,3	68,7	2,5	1992	92
30-23	0	0	100	N/A	1994	-
30-27	266	16,8	56,8	1	1992	92
30-31	0	0	100	N/A	1994	-
30-35	0	0	100	N/A	1994	-
30-39	0	0	100	N/A	1996	-
30-43	270	17,2	54,2	3	1988	88
34-07	83	12,9	89,2	5,3	1996	96
34-11	240	14	57,9	3,1	1994	94
34-15	24	16,5	96,2	0,9	1996	96
34-19	274	15	53,3	1,5	1990	90
34-23	0	0	100	N/A	1994	-
34-27	36	11,1	85,8	7,9	1997	97
34-31	0	0	100	N/A	1990	-
34-35	352	14	> 27,7 <sup>(iii)</sup>	3	2003	88
34-39	360	14,3	> 27,1 <sup>(iii)</sup>	0	2003	87/03
38-11	215	16,9	> 51 <sup>(iii)</sup>	0	2003	88
38-15	0	0	100	N/A	1992	-
38-19	0	0	100	N/A	1994	-
38-23	0	0	100	N/A	1994	-
38-27	237	13,9	56,9	3	1994	94
38-31	0	0	100	N/A	1994	-
38-35	8	4	99,8	10,9	2003	-
42-15	0	0	100	N/A	1990	-
42-19	0	0	100	N/A	1994	-
42-23	234	15	63,4	2,9	1990	90
42-27	234	15	> 52 <sup>(iii)</sup>	3,4	2003	88
42-31	152	13,5	66,8 <sup>(iii)</sup>	3,5	2003	88

<sup>(i)</sup> Estas secciones están definidas a partir de los resultados obtenidos con la técnica ARRAY. Son menores a las reales, pues está considerada como defecto la zona que no se puede ver a través de la soldadura entre el *housing* y el manguito, o bien no se ha podido medir la profundidad.

Espesor remanente indica lo que le falta al defecto en su punto más crítico para que atravesase completamente el manguito y pueda generar una fuga.

SELLOS INSTALADOS: 55

PENETRACIONES SIN SELLO CON INDICACIONES: 11

PENETRACIONES SIN INDICACIONES: 31

(Page 2)  
**Nuclear safety  
 in the European Union**

🕒 **M.T. Estevan Bolea**

The European Commission has considered therefore necessary –for several reasons which this article will comment upon- to provide a new regulatory framework with respect to nuclear safety and management of radioactive waste. Some directive proposals, which are being processed in the European Council and Parliament, are being prepared.

Two directives and one decision on an agreement with the Russian Federation are involved.

(Page 10)  
**The new regulations  
 for the transportation of the  
 radioactive material; Type B  
 package, Type C package and  
 low-level radioactive material**

🕒 **E. Rubio, F. Zamora, S. Suárez y  
 C. Enríquez**

This article analyses the important developments in the requirements for transporting high-level radioactive materials by air, with the definition of a new type of package and material with low-level properties that has been put in force in the applicable regulations in Spain between 2001 and 2002.

## Resúmenes

(Page 16)  
**Radon Protection  
 in the Technical Building Code**

🕒 **B. Frutos, J.P. García, J.L. Martín,  
 M. Dlaya, J.I. Serrano, E. Suárez,  
 J.A. Fernández y F. Rodrigo**

Building construction in areas with high radon gas contamination in land requires the incorporation of certain measures in order to prevent the accumulation of this gas on the inside of buildings. These measures should be considered primarily in the design and construction phases and should take the area of the country into consideration where the construction will take place depending on the potential risk of radon entrance.

Within the Technical Building Code, radon protection has been considered through general classification of the country and specific areas where building construction is to take place, in different risk categories and in the introduction of building techniques appropriate for each area.

(Page 23)  
**Control of radioactive  
 installations in Spain**

The CSN is directly carrying out the inspection of radioactive installations through the Autonomous Communities which have signed an assignment of functions agreement.

This article explains the classification categories for these types of installations, who is responsible for their inspection, how they are planned and what the results obtained are.

(Page 26)  
**Inspections of Spanish nuclear  
 plants in operation**

During 2002, the CSN has made a great effort inspecting nuclear plants with more than 39,000 inspection hours for these types of installations. This effort has led to an increase in the number of multi-disciplinary inspections, which is most appropriate for the operational control of nuclear plants from a global point of view.

(Page 28)  
**Instruction from CSN no. 5**

The Official State Publication No. 86, dated April 10, 2003, published the February 26 Instruction from the Nuclear Safety Council (Consejo de Seguridad Nuclear), number IS-05 in which the values for exemption of radionuclides are defined according to Tables A and B of Appendix I to Royal Decree 1836/1999. The text of this instruction is transcribed below.

(Page 37)  
**Otto Hahn (1944).  
 Discovery of nuclear fission**

Otto Hahn (Frankfurt-on-Main, 1879 - Gotinga, 1968) is the discoverer of nuclear fission, which awarded him the Nobel Prize for Chemistry in 1944. After leaving Germany during the Second World War to settle in the United Kingdom, he returned to his country as a renown figure.

## Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones. c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de 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.

## Ámbito 1

### La radiación natural

- Historia
- Átomos y radiaciones
- Introducción a la ciencia. Deducir sin ver
- Un mundo de radiaciones
- Radiación natural
- Medir la radiación. Medir la radiactividad
- Bañados en radiaciones



## Ámbito 2

### La radiación artificial

- Energía de fisión: centrales nucleares
- Ciclo del combustible. La metamorfosis del uranio
- Industria: aplicaciones de los radioisótopos en la industria
- Medicina. Radiaciones ionizantes
- Otros usos



## Ámbito 3

### Riesgos y servidumbres

- Noción de riesgo. ¿Vivimos peligrosamente?
- La radiactividad y los seres vivos
- Riesgos y servidumbres de la gestión nuclear
- ¿Qué hacer con la basura radiactiva?
- Riesgos potenciales. Aprender de la gestión
- Escala de radiación artificial



## Ámbito 4

### El Consejo de Seguridad Nuclear

- ¿Qué es el CSN?
- Comunicación pública
- El CSN por dentro
- Criterios de seguridad
- Actuaciones
- Protección radiológica. Evitar las radiaciones
- Vigilancia ambiental
- Planes de emergencia
- I+D



El centro de información del CSN pretende, a través de 29 módulos interactivos distribuidos en cuatro ámbitos, acercar a los jóvenes al conocimiento de las radiaciones y sus usos, y explicar los mecanismos establecidos para controlar sus riesgos.

