

Revista del CSN / Número 22
I Trimestre 2002

Seguridad Nuclear



**Las instalaciones radiactivas
en España**

**La radiología digital y las dosis
de radiación a los pacientes**

**El Reglamento de Protección
Sanitaria contra Radiaciones
Ionizantes**

**Protección radiológica
en las instalaciones
de gammagrafía industrial**

**El panorama regulador
en Estados Unidos**

Seguridad Nuclear

Revista del CSN

Año VI / Número 22

I Trimestre 2002

Directora

María-Teresa Estevan Bolea

Comité de redacción

José Ángel Azuara Solís

Julio Barceló Vernet

Carmen Martínez Ten

Paloma Sendín de Cáceres

Luis del Val Hernández

Ana Villuendas Adé

Consejo de

Seguridad Nuclear

Justo Dorado, 11

28040 Madrid

Tf. 91 346 02 00

Fax 91 346 06 66

www.csn.es

Coordinación editorial

RGB Comunicación

Princesa 3, dpdo.

28008 Madrid

Tf. y Fax 91 542 79 56

Impresión

Artes Gráficas Gaez, S.A.

Carretera Antigua de

Valencia, km. 25,2

28500 Arganda del Rey

(Madrid)

Tf. 91 876 04 08

Fax 91 871 41 45

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M. 31.281-1996

Portada: Estanque (José
María Cerezo)

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

1

Editorial

2

Las instalaciones radiactivas en España

● Ignacio Lequerica y Manuel Rodríguez

15

La radiología digital y las dosis de radiación a los pacientes

● E. Vañó, J.M. Fernández, J.I. Ten y C. Pedrosa

24

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

● Ignacio Amor y María Jesús Muñoz

30

Protección radiológica en las instalaciones de gammagrafía industrial

● Manuel Rodríguez y Sofía Suárez

38

El panorama regulador en Estados Unidos

● Richard Meserve

43

El nuevo carné radiológico

46

El incidente de Siderúrgica Sevillana S.A.

50

Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923)

52

Noticias

52 Consejo de Seguridad Nuclear / 53 Información general / 56 Centrales nucleares / 58 Protección radiológica

60

Resúmenes

Editorial

Iniciamos el año 2002 con una dedicación especial al seguimiento y evaluación de la seguridad de las instalaciones radiactivas, además, claro está, de continuar, con mayor intensidad aún, las cuestiones relativas a las instalaciones nucleares.

En este número de *Seguridad Nuclear* publicamos cuatro artículos sobre la situación de las instalaciones radiactivas que, entre otros aspectos, reflejan el creciente uso de los isótopos radiactivos en cada vez más aplicaciones de los dominios de la medicina, industria, investigación y construcción.

Cabe destacar la más estrecha colaboración con las Cortes, de quien depende el CSN. Por primera vez, el Senado solicitó la comparecencia de la presidenta del Consejo en dicha Cámara, de modo que el día 15 de octubre del pasado año, María-Teresa Estevan Bolea presentó a la Comisión de Medio Ambiente del Senado el informe correspondiente a las actividades del CSN llevadas a cabo en el año 2000 y el día 5 de noviembre pasado hizo lo mismo ante la Comisión de Economía, Comercio y Turismo.

Igualmente, la presidenta del CSN se ha entrevistado con la presidenta del Congreso y con el presidente de la Comisión de Economía y Hacienda del Congreso, a quienes expuso las actuaciones previstas a desarrollar por el Consejo en los meses venideros. Además, en febrero se presentó al Congreso el informe de actividades del CSN del año 2000.

Por otra parte, creemos que la revista debe llegar —y sobre todo debería interesar— a un público más amplio, dada la entidad y presencia creciente en nuestras vidas del uso de elementos radiactivos en muy diversas actividades. Eso requiere continuar publicando trabajos muy específicos, pero también otros de más amplia lectura, manteniendo, como es lógico, el rigor y calidad que ha venido manteniendo esta revista.

Es oportuno también recordar la labor de grandes científicos que, con inmenso esfuerzo y generosidad, se entregaron a sus tareas de investigación, las cuales hicieron posible llegar, al menos, hasta aquí. Siguiendo esta línea, en este y en próximos números, efectuaremos unas breves semblanzas biográficas de científicos eminentes y cruciales en el conocimiento y desarrollo de las actividades nucleares y radiactivas, como homenaje a la citada labor, tan abnegada y casi siempre poco valorada en vida de sus protagonistas.

El siglo XX ha sido terrible en algunos ámbitos sociales, como son las crueles guerras habidas en innumerables lugares, pero ha tenido avances espectaculares en áreas como la económica y social y, sobre todo, en la de la ciencia y tecnología. Cabe destacar la innovación en las comunicaciones, aviación, televisión, conquista del Espacio, la informática con Internet, industria química y farmacéutica —antibióticos y otros muchos medicamentos—, medicina, la revolución genética o la energía nuclear.

Por ello creemos útil recordar en esta revista algunos de los hitos que marcaron este avance, a través de sus protagonistas más destacados. Empezamos, como no podía ser de otro modo, con Röntgen, descubridor de los rayos X y primer premio Nobel de Física en 1901.

Las instalaciones radiactivas en España

Este artículo trata sobre las instalaciones radiactivas autorizadas en España para los diferentes usos de las radiaciones ionizantes, indicándose los requisitos sobre seguridad y protección radiológica aplicables a las mismas y las autorizaciones del CSN para su licenciamiento e inspección y

control durante su funcionamiento. Asimismo, se describen otras actividades relacionadas con el funcionamiento de estas instalaciones, tales como el control de fuentes radiactivas, formación de personal, experiencia operativa y vigilancia dosimétrica de los trabajadores.

1. Introducción

Son instalaciones radiactivas aquellas en las que exista una fuente de radiaciones ionizantes, los equipos generadores de esas radiaciones que funcionen con una diferencia de potencial superior a 5 kV, y en general, cualquier dependencia o emplazamiento en los que se produzcan, utilicen, posean, traten o almacenen sustancias capaces de emitir radiaciones ionizantes, cuando las cantidades de éstas presentes en la instalación superen los valores de exención para la actividad total o la actividad por unidad de masa fijados en la reglamentación.

Están exentos de la consideración como instalaciones radiactivas, cuando presenten durante su funcionamiento normal valores de tasas de dosis inferiores al límite establecido reglamentariamente, los tubos catódicos para la producción de imágenes visuales (recep-

tores de televisión, pantallas de ordenador, etcétera), los microscopios electrónicos, y en general, cualquier equipo eléctrico, siempre que funcione con una diferencia de potencial inferior a 30 kV.

Las instalaciones de rayos X con fines de radiodiagnóstico médico son instalaciones radiactivas, aunque la legislación básica en materia nuclear vigente en España las excluye del régimen general de autorizaciones para estas instalaciones y prevé el desarrollo de una regulación específica para las mismas. En el momento presente existen en España 20.200 instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico declaradas. El estudio de estas instalaciones será objeto en el futuro de un artículo específico en esta revista.

A lo largo de este artículo no nos referiremos a las instalaciones de radiodiagnóstico médico ni a las instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear, sino que nos centraremos en el resto de las instalaciones médicas y en aquellas que se destinan a fines industriales, científicos, comerciales y agrícolas.

2. Las instalaciones radiactivas en España

La utilización de las radiaciones ionizantes con fines prácticos comenzó inmediatamente después de su descubrimiento a finales del siglo XIX. Las primeras aplicaciones se realizaron en el campo de la medicina y durante la primera mitad del siglo XX se desarrollaron multitud de nuevas aplicaciones para diversos usos médicos, científicos e industriales que hoy conocemos.

La legislación básica aplicable a la utilización de las radiaciones ionizantes en nuestro país apareció en el año 1964 en que se publica la Ley de Energía Nuclear, si bien no alcanzó un grado de madurez aceptable hasta la publicación en 1972 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, que establece claramente la definición de instalaciones radiactivas, el proceso para su licenciamiento y los mecanismos para seguimiento y control de su funcionamiento.

A finales de 1975 existían en España 64 instalaciones radiactivas autorizadas y en funcionamiento. Esta cifra se elevó a 332 a fina-

* I. Lequerica es director técnico de Protección Radiológica del CSN. M. Rodríguez es subdirector general de Protección Radiológica Operacional del CSN.

les de 1980, pasando a 971 a finales de 1990, para alcanzar el número de 1.295 instalaciones en funcionamiento a finales del año 2000.

En el momento presente existen en España 1.287 instalaciones radiactivas en funcionamiento. Este número ha permanecido prácticamente estable en los últimos cinco años, con pequeñas variaciones interanuales, compensándose el número de nuevas instalaciones con el de aquellas que se clausuran.

Las instalaciones radiactivas se clasifican reglamentariamente en tres categorías. Son de primera categoría las instalaciones de irradiación industrial; el resto son de segunda o tercera categoría, dependiendo de los materiales radiactivos o los equipos generadores de radiación presentes en las mismas.

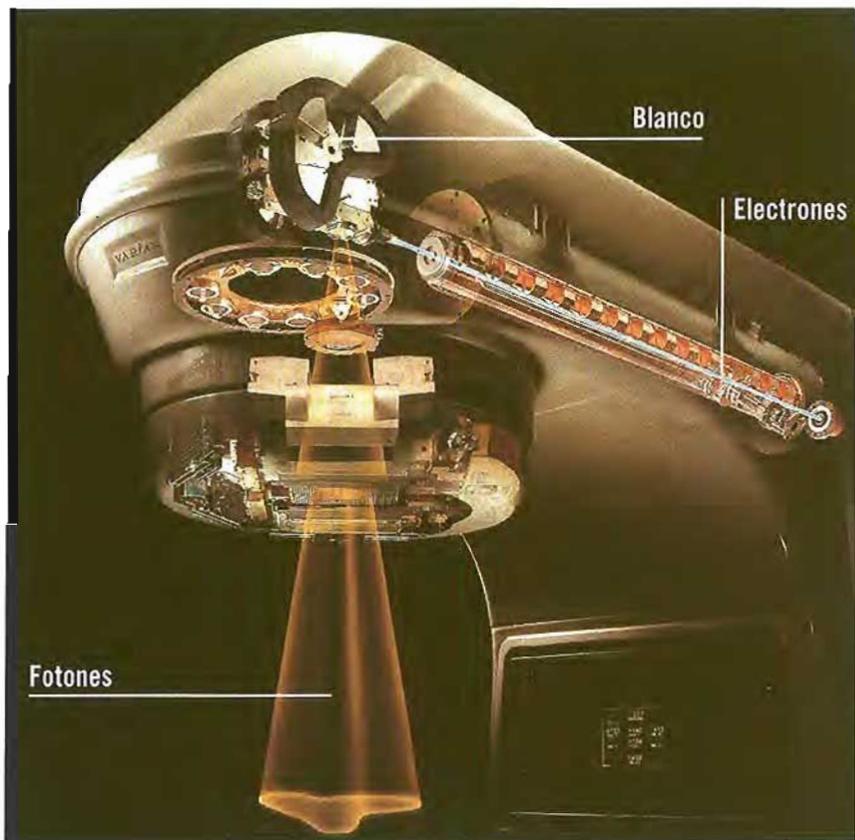
Tradicionalmente, a efectos de organización del trabajo, el CSN ha utilizado además una división de las instalaciones radiactivas en cuatro grandes grupos, atendiendo a los fines de las mismas: médicas, industriales, de investigación y docencia, y comercializadoras.

En la tabla 1 se muestra el número de instalaciones radiactivas en funcionamiento a finales del año 2000, para cada una de las tres categorías y los cuatro grupos indicados en el párrafo anterior.

En cada uno de los cuatro grupos de instalaciones radiactivas indicados existen, a su vez, diferentes tipos de instalaciones en función del campo de aplicación concreto a que se dedican. En los párrafos siguientes se describirá cada uno de los tipos de instalaciones, indicando las prácticas que se realizan en las mismas y los equipos o materiales radiactivos más frecuentemente utilizados.

2.1. Instalaciones radiactivas médicas

Son aquellas instalaciones en las que se utilizan equipos generadores de radiaciones ionizantes o fuentes radiactivas en forma en-



► Figura 1. Esquema de funcionamiento de un acelerador lineal.

► Tabla 1. Evolución del número de instalaciones radiactivas en España.

Categoría	Campo de aplicación	1996	1997	1998	1999	2000
1ª	Irradiación	1	1	1	1	1
	Subtotal	1	1	1	1	1
2ª	Comercialización	44	43	45	45	44
	Investigación y docencia	64	74	77	82	80
	Industria	536	546	553	557	549
	Medicina	225	231	241	246	252
	Subtotal	869	894	916	930	925
3ª	Comercialización	17	17	16	17	21
	Investigación y docencia	92	91	85	76	75
	Industria	185	176	178	188	182
	Medicina	118	108	106	100	92
	Subtotal	412	392	385	381	370
Total		1.282	1.287	1.302	1.312	1.296

capsulada y no encapsulada para el diagnóstico de enfermedades o para su tratamiento con fines curativos o paliativos.

2.1.1. Instalaciones de radioterapia

Son aquellas en las que se utilizan radiaciones ionizantes para el tra-

tamiento del cáncer. El objetivo normalmente buscado es impartir una dosis a los tumores suficientemente elevada para detener o controlar su crecimiento al mismo tiempo que la dosis a los tejidos sanos circundantes se mantiene en valores aceptables tan bajos como sea posible.

Para ello se utilizan haces de radiación externos al paciente (teleterapia) obtenidos mediante aceleradores lineales de electrones de energías máximas de hasta 25 MeV, unidades provistas de fuentes de cobalto-60 de varios miles de curios de actividad máxima (telecobaltoterapia) o equipos de rayos X para tratamientos superficiales. Los aceleradores lineales y unidades de cobalto se instalan en recintos fuertemente blindados (búnker).

Otra alternativa es la utilización de fuentes radiactivas encapsuladas en contacto con la zona a tratar (braquiterapia o curiterapia). Pueden utilizarse pequeñas fuentes encapsuladas que se implantan manualmente en la zona afectada o equipos automáticos que proyectan la fuente hasta situarla en las proximidades de la misma, en este segundo caso el tratamiento se realiza en recintos blindados. El radioisótopo más frecuentemente utilizado es el iridio-192 usándose también, entre otros, yodo-125, fósforo-32 o paladio-103.

Existen en España 104 instalaciones de radioterapia en funcionamiento.

2.1.2. Instalaciones de medicina nuclear

Son aquellas en las que se utilizan radioisótopos de periodo de semidesintegración corto en forma no encapsulada para el diagnóstico o tratamiento de enfermedades.

En las aplicaciones diagnósticas se trata de administrar al paciente un radioisótopo (radiofármaco), bien en estado puro o bien incorporado a una sustancia portadora que presente afinidad con el órgano, tejido o sistema a estudiar para posteriormente obtener la información deseada (morfológica, funcional, etcétera) mediante la detección de la radiación emitida desde la zona objeto de estudio utilizando contadores de centelleo.

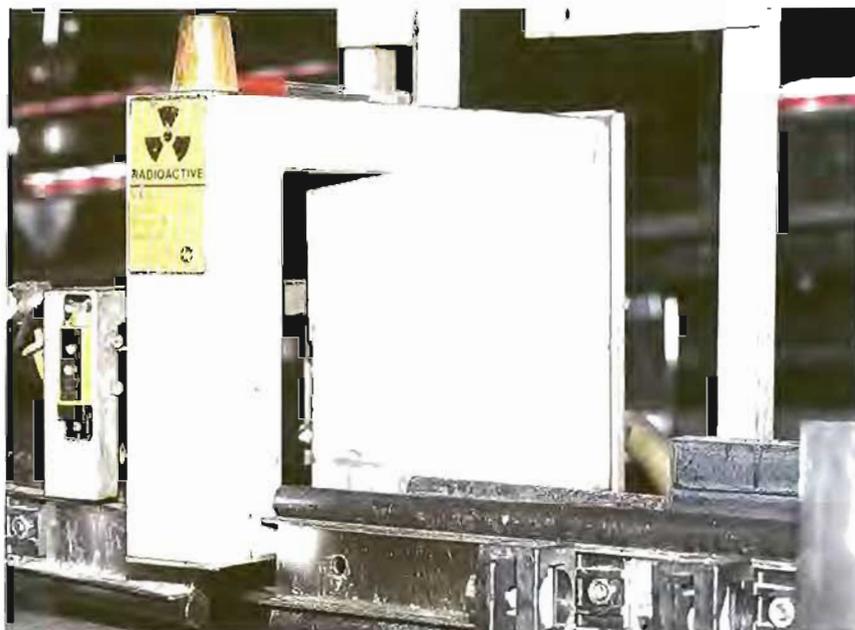


Figura 2. Equipo de control de procesos.

La técnica más frecuente utilizada se basa en la administración de sustancias emisoras gamma y posterior lectura mediante una gammacámara, la información obtenida es posteriormente elaborada con técnicas de tratamiento de imágenes, obteniéndose resultados de muy buena resolución y definición, permitiendo incluso la obtención de imágenes tridimensionales utilizando técnicas tomográficas. El radioisótopo más frecuente utilizado es el tecnecio-99m, obtenido de generadores isotópicos de molibdeno-99/tecnecio-99m existentes en el mercado.

Más reciente se ha desarrollado la tomografía por emisión de positrones (PET). En este caso se administra un radioisótopo capaz de emitir positrones, obteniéndose la información deseada mediante la detección simultánea de los dos fotones que se producen en la reacción de aniquilación positrón-electrón. El radioisótopo más utilizado es el fluor-18. Los isótopos emisores de positrones se producen en instalaciones provistas de ciclotrones específicamente diseñados para ello.

En el tratamiento de enfermedades en medicina nuclear (terapia metabólica) se trata de administrar radiofármacos que se fijen en la zo-

na a tratar con el objetivo de impartir a la misma la dosis de radiación deseada. Normalmente se utilizan radioisótopos emisores beta de alta energía. El tratamiento más extendido es el de afecciones del tiroides con yodo-131. En este caso el propio paciente se convierte en emisor de radiaciones, siendo necesario evitar que entre en contacto con personas del público, manteniéndolo en habitaciones acondicionadas y blindadas, así como la recogida de excretas y su gestión como residuos radiactivos.

En las instalaciones de medicina nuclear, además de las zonas en las que se realizan las exploraciones y se almacenan o administran los radiofármacos, existe una zona en la que se preparan éstos y que de hecho constituye prácticamente una instalación dentro de la medicina nuclear denominada radiofarmacia.

En España existen 145 instalaciones de medicina nuclear en funcionamiento.

2.1.3. Laboratorios de radioisótopos

Son instalaciones en las que se utilizan radioisótopos en forma no encapsulada para el diagnóstico médico mediante determinaciones

analíticas en laboratorio utilizando técnicas *in vivo* e *in vitro*.

Dentro de estas instalaciones existe un subgrupo en las que se realizan determinaciones *in vitro* utilizando sustancias radiactivas que existen en el mercado ya preparadas para este uso (radioinmunoanálisis, RIA).

Existen en España 160 instalaciones con laboratorios para diagnóstico médico.

2.1.4. Irradiadores de sangre

En estas instalaciones se utilizan equipos provistos de una fuente radiactiva encapsulada, normalmente cesio-137 con unos pocos miles de curios de actividad, para la esterilización en bancos o depósitos de sangre.

En España existen 34 instalaciones de irradiación de sangre.

2.2. Instalaciones industriales

2.2.1. Instalaciones de radiología

Son aquellas en las que se utilizan las radiaciones para la obtención de imágenes en forma de placas radiográficas o mediante escopia, para su utilización en el control de calidad de productos.

Una de las aplicaciones más importantes es la realización de ensayos no destructivos (END) de componentes metálicos o uniones soldadas mediante obtención de placas radiográficas utilizando equipos de rayos X, fuentes encapsuladas (gammagrafía) o aceleradores lineales de electrones. Los equipos de rayos X y aceleradores lineales se utilizan mayoritariamente en instalaciones fijas dentro de recintos blindados (búnker). Las operaciones de gammagrafía se realizan tanto en instalaciones fijas, utilizando fundamentalmente fuentes radiactivas de cobalto-60, o mediante equipos móviles (gammágrafos). Éstos consisten en un contenedor de blindaje que aloja en su interior la fuente radiactiva que se proyecta al exterior para la realización del ensayo mediante un dispositivo



● Figura 3. Medidor de humedad y densidad de suelos.

mecánico de arrastre (telcmando). Las fuentes más utilizadas en gammágrafos son las de iridio-192 con una actividad máxima en torno a 100 curios, aunque también se utilizan fuentes cobalto-60, iterbio-169 y selenio-75.

Además de las técnicas mencionadas de ensayos no destructivos se encuentran diversas instalaciones que utilizan técnicas de radiografía, en su mayoría mediante equipos de rayos X, para control de calidad de componentes de plástico o goma, circuitos o componentes electrónicos, y alimentos envasados, entre otras.

En España existen 181 instalaciones de radiología industrial.

2.2.2. Instalaciones de control de procesos

Son aquellas en las que se aprovecha la transmisión o retrodispersión de la radiación ionizante en un material para medir una variable de interés en un proceso productivo, utilizando posteriormente el valor obtenido para regular el propio proceso.

Las variables más frecuentemente medidas son nivel, espesor, densidad, gramaje y contenido de sustancias. Los equipos de medida

están constituidos por un emisor de radiación y un detector al que se asocia posteriormente una cadena electrónica para mostrar y registrar la variable medida y, en su caso, generar las señales necesarias de indicación, ajuste o parada del proceso. Se utilizan tanto equipos generadores de rayos X como fuentes radiactivas encapsuladas. Las características de los equipos de rayos X o las fuentes radiactivas que se utilizan dependen, en gran medida, de la naturaleza de la variable medida. Así, en el caso de las fuentes es posible encontrar emisores alfa, como americio-241, gamma, siendo cobalto-60 y cesio-137 los más utilizados, o emisores beta, como estroncio-90 y criptón-85.

Los procesos en los que se utilizan estas técnicas son muy variados: producción de papel, llenado de envases, producción de metales, elaboración de mezclas, etcétera.

En España existen 320 instalaciones de control de procesos autorizadas.

2.2.3. Instalaciones de medida de densidad y humedad de suelos

Es una aplicación muy específica. Se trata de forma singularizada debido al elevado número de instalaciones autorizadas y a sus características específicas desde el punto de vista de seguridad (equipos móviles, condiciones de trabajo en obras y terrenos abiertos).

Su finalidad es la obtención de información sobre la densidad y humedad del terreno para la realización de obras y construcciones, regadíos, etcétera. Se emplean equipos específicamente diseñados para este uso, portátiles y que incorporan las fuentes radiactivas y la cadena electrónica de medida. Los diseños más frecuentes están provistos de dos fuentes encapsuladas: una de neutrones de americio-241/berilio para medidas de humedad, y una de cesio-137 para medidas de densidad.

Se incluyen también en este grupo las instalaciones en las que

► Tabla 2. Distribución de las instalaciones radiactivas por comunidades autónomas.

Comunidad autónoma	Instalaciones radiactivas de 2ª categoría					Instalaciones radiactivas de 3ª categoría					Total instalaciones por autonomía
	C	D	I	M	Total	C	D	I	M	Total	
Andalucía	-	8	63	38	109	1	21	20	13	55	164
Aragón	-	2	29	7	38	-	2	11	1	14	52
Asturias	1	1	15	10	27	-	1	3	5	9	36
Baleares	-	1	4	6	11	-	-	1	3	4	15
Canarias	-	2	17	9	28	-	3	-	2	5	33
Cantabria	-	1	12	1	14	-	2	4	-	6	20
Castilla la Mancha	-	1	31	4	36	-	-	2	2	4	40
Castilla León	-	2	38	14	54	-	4	8	2	14	68
Cataluña	13	19	88	49	169	4	7	49	22	82	251
Extremadura	-	1	7	5	13	-	1	2	2	5	18
Galicia	-	6	28	14	48	-	-	6	5	11	59
Madrid	29	24	78	53	184	15	19	26	20	80	264
Murcia	-	1	16	6	23	-	2	5	1	8	31
Navarra	1	2	18	3	24	-	1	4	1	6	30
País Vasco	-	-	58	11	69	-	8	23	4	35	104
Rioja	-	-	4	1	5	-	-	-	-	-	5
Valencia	1	9	43	21	74	-	4	18	9	31	105

C: Instalaciones radiactivas comerciales.

I: Instalaciones radiactivas industriales.

D: Instalaciones radiactivas de investigación y docencia.

M: Instalaciones radiactivas médicas.

se utilizan fuentes radiactivas para determinar las características del terreno en la prospección y excavación de pozos para extracción de agua, petróleo, gas, etcétera (testificación geofísica).

En España existen 189 instalaciones de medida de densidad y humedad de suelos autorizadas.

2.2.4. Instalaciones de análisis instrumental

Son instalaciones en las que se utilizan las radiaciones para el análisis de muestras y materiales con fines de control de calidad, medida de la contaminación ambiental, de espesores de recubrimientos, etcétera.

Normalmente se utilizan equipos de rayos X específicamente diseñados para estos usos, los más frecuentes basados en técnicas de difracción o fluorescencia de rayos X. También se utilizan equipos para espectroscopia provistos de

fuentes radiactivas, siendo el cobalto-57 el isótopo más utilizado.

En España existen 106 instalaciones de análisis instrumental con fines industriales autorizadas.

2.2.5. Instalaciones de irradiación

Solamente existen en España dos instalaciones de este tipo, ambas dedicadas fundamentalmente a la esterilización de material de uso médico, y en menor medida, de productos de alimentación. Una de ellas, la única instalación fuera de las del ciclo del combustible nuclear de primera categoría que existe en España, utiliza fuentes de cobalto-60 de elevada actividad, y la otra utiliza un acelerador lineal de electrones.

2.3. Instalaciones de investigación y docencia

Dentro de este grupo existe un elevado número de instalaciones que realizan su actividad en el área bio-

médica. Son, en su práctica totalidad, laboratorios de radioisótopos no encapsulados, aunque en unas pocas, además, se realizan otras actividades como irradiación de muestras o análisis instrumental. La mayoría de las instalaciones se encuentra en el ámbito universitario y, dentro de éste, en las facultades de Medicina, Farmacia y Veterinaria. También se encuentra un buen número de centros e institutos públicos de investigación y un pequeño número de laboratorios de entidades privadas, normalmente suministradores de productos farmacéuticos.

El resto de instalaciones realizan su actividad en áreas diversas. Encontramos un elevado número que tienen laboratorios de isótopos no encapsulados o cuentan con laboratorios de análisis instrumental; en unas pocas instalaciones se realizan otras actividades, como la medida de densi-

dad y humedad o la irradiación de muestras mediante rayos X. También en este caso, la mayoría son instalaciones universitarias situadas en facultades de Ciencias Físicas, Químicas o Biológicas, y en menor número, en escuelas de ingeniería (Agrónomos, Minas e Industriales). Los centros de investigación son también públicos en su mayoría, encontrándose un buen número de ellos que realizan su actividad en campos específicos como la investigación agraria, sobre materiales, marina y oceanográfica, geofísica, magnetismo y alimentación. Existe un reducido número de instalaciones en centros privados de formación y centros o servicios de experimentación.

En cuanto a las prácticas, la que se realiza en el mayor número de instalaciones es el marcaje con radioisótopos no encapsulados para determinaciones *in vivo* e *in vitro*. Los radioisótopos más utilizados son emisores beta con gran afinidad con las moléculas biológicas como hidrógeno-3, carbono-14, fósforo-32 y azufre-35.

Un buen número de instalaciones realiza análisis de muestras mediante fluorescencia o difracción de rayos X, encontrándose además un número importante de prácticas y equipos para fines muy

específicos (datación, medida de concentración de partículas, testificación geofísica, etcétera).

En España hay un total de 158 instalaciones radiactivas con fines de investigación o docencia.

2.4. Instalaciones comercializadoras

Son aquellas que se dedican a la importación, almacenamiento, distribución y comercialización de equipos o fuentes radiactivas. En muchos casos realizan además actividades de asistencia técnica sobre las fuentes o equipos que comercializan.

Prácticamente existen instalaciones comercializadoras de cada uno de los tipos de equipos que se han ido describiendo en este apartado. Pueden destacarse por su número las instalaciones comercializadoras de detectores iónicos de humos, provistos de pequeñas fuentes encapsuladas de americio-241, las comercializadoras de radiofármacos y radioisótopos no encapsulados para su uso en medicina nuclear y laboratorios, o las de producción y distribución de emisores de positrones para PET.

En España existen 68 instalaciones comercializadoras autorizadas.

En la tabla 2 se muestra el número de instalaciones radiactivas de

cada clase autorizadas en cada una de las comunidades autónomas.

Las instalaciones radiactivas médicas se distribuyen geográficamente de acuerdo con la distribución de la población, según las pautas adoptadas para la implantación de la red de asistencia sanitaria, las instalaciones industriales y comercializadoras se concentran en las grandes ciudades o alrededores y en los núcleos industriales, las instalaciones de investigación y docencia se concentran en las universidades.

3. Normativa aplicable

La reglamentación básica en materia de seguridad y protección radiológica aplicable a las instalaciones radiactivas se recoge en la Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear, y en la Ley 15/1980 de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

Esos requisitos se desarrollan en las siguientes disposiciones reglamentarias:

- Real Decreto 1836/1999. Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

- Real Decreto 783/2001. Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

- Real Decreto 413/1997. Protección Operacional de Trabajadores Externos con Riesgo de Exposición por Intervención en Zona Controlada.

En el caso de las instalaciones médicas son aplicables además las disposiciones reglamentarias en materia de protección radiológica de los pacientes: reales decretos sobre Control de Calidad y sobre Justificación de Exposiciones Médicas.

4. Licenciamiento de las instalaciones radiactivas

La Ley de Energía Nuclear de 1964 exige la autorización administrativa previa de las instalaciones radiactivas y prevé una regulación específica para los equipos de rayos X empleados en radiodiagnóstico.



Figura 4. Imagen de los distintos componentes de un bulto tipo A con vial de fuente no encapsulada.

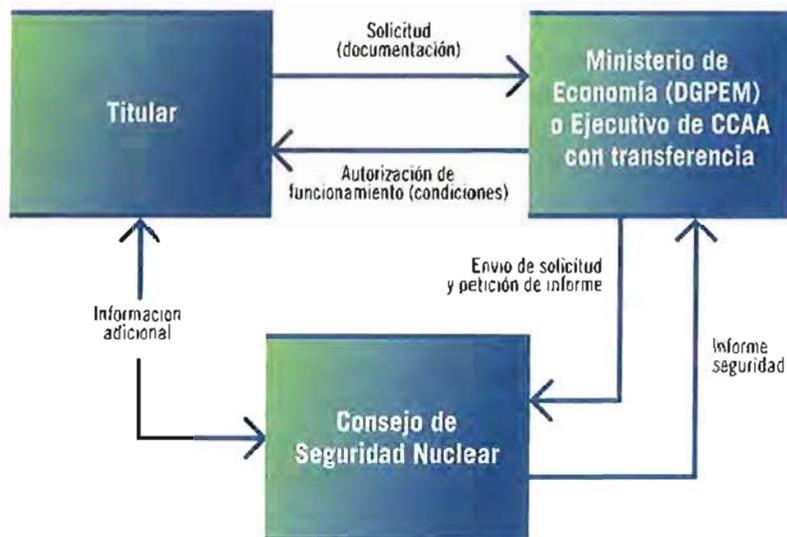


Figura 5. Autorización de funcionamiento.

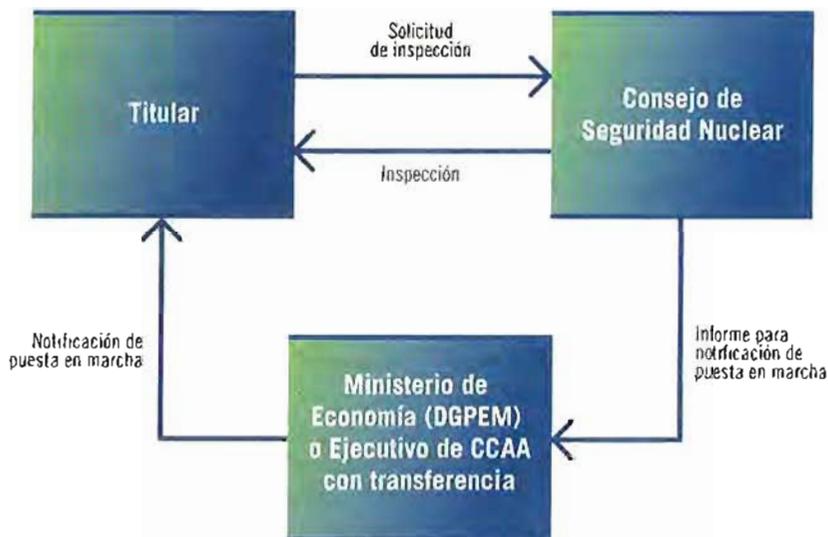


Figura 6. Notificación de puesta en marcha.

La Ley de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear establece una clasificación para las instalaciones radiactivas y el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, actualizado mediante el Real Decreto 1836/1999, concreta tal clasificación y fija un régimen de autorizaciones de acuerdo con la misma.

Las instalaciones se clasifican como de primera, segunda y tercera categoría, en función de su destino, de la actividad de los isótopos o de las características de los generadores de radiación de que disponen.

Las autorizaciones requeridas para las instalaciones radiactivas de las tres categorías, según el reglamento mencionado, son: autorización de funcionamiento, declaración de clausura y, en su caso, autorización de modificación y cambio de titularidad. El sistema de licenciamiento introducido por la revisión de 1999 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas supone una simplificación con relación a la previsión anterior de autorización previa, de construcción y de puesta en marcha requeridas en función de la categoría de la instalación, sustituyéndolas por una

única autorización denominada de funcionamiento, que faculta para el inicio de la construcción y el montaje de la instalación. Según se prevé en el reglamento, para el inicio del funcionamiento de la instalación se requiere una notificación de puesta en marcha que emite el Ejecutivo una vez comprobada por el CSN, por medio de inspección, la idoneidad de la instalación y de los medios de que dispone.

La concesión de todas las autorizaciones corresponde a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Economía, o a los organismos de las comunidades autónomas que tienen transferidas las competencias ejecutivas en esta materia. Todas estas autorizaciones requieren el informe preceptivo y vinculante del Consejo de Seguridad Nuclear.

A 31 de diciembre de 2000 tenían transferidas las competencias ejecutivas sobre instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría las siguientes comunidades: Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Cataluña, Castilla y León, Ceuta, Extremadura, Galicia, Madrid, Melilla, Murcia, Navarra, País Vasco y Valencia.

Las instalaciones de rayos X de diagnóstico médico se rigen, según prevé la Ley de Energía Nuclear, por un reglamento específico, publicado como Real Decreto 1891/1991, que establece para ellas un sistema de declaración y registro a cargo de las comunidades autónomas.

El Consejo de Seguridad Nuclear, haciendo uso de la facultad que le reconoce la disposición adicional 3ª de su Ley de Creación, encomienda determinadas actividades de evaluación del licenciamiento y control de las instalaciones radiactivas a las comunidades autónomas, con objeto de establecer una relación más próxima, ágil y flexible con los administrados y de aumentar la intensidad de las actuaciones.

Con objeto de dar una idea sobre la actividad de licenciamiento

► **Tabla 3. Expedientes informados en 2000 por tipo de solicitud y campo de aplicación.**

	Industria		Medicina		Investigación y docencia		Comercialización	
	2ª	3ª	2ª	3ª	2ª	3ª	2ª	3ª
Autorización								
Funcionamiento	24	11	15	–	3	2	4	2
Clausura	14	7	–	8	–	4	4	–
Modificación	127	19	88	3	7	6	13	–
Totales	165	37	103	11	10	12	21	2

de las instalaciones radiactivas se aportan los siguientes datos, correspondientes al número de dictámenes emitidos por el CSN durante el año 2000 (tabla 3):

- 47 para autorizaciones de funcionamiento de instalaciones de segunda categoría.

- 15 para autorizaciones de funcionamiento de instalaciones de tercera categoría.

- 37 para autorizaciones de clausura o baja.

- 265 para autorizaciones de modificaciones diversas.

De las solicitudes de autorización evaluadas, las siguientes lo fueron por personal técnico de las dos comunidades autónomas con encomienda de funciones de evaluación:

- Cataluña: 17 para autorizaciones de funcionamiento de instalaciones de segunda categoría, 2 para autorizaciones de funcionamiento de instalaciones de tercera categoría, 5 para autorizaciones de clausura o baja, y 82 para autorizaciones de modificaciones diversas.

- Baleares: 2 para autorizaciones de funcionamiento de instalaciones de tercera categoría.

5. Inspección y control del funcionamiento de las instalaciones radiactivas

La inspección y control comprende todas las actuaciones del CSN para asegurar el cumplimiento por los titulares de las instalaciones radiactivas autorizadas de las normas y condiciones de seguridad y protección radiológica establecidos,

tanto con carácter general (reglamentación aplicable) como particular (condicionado de autorizaciones, instrucciones técnicas complementarias y otros requisitos exigidos por el CSN). Se realiza mediante la obtención de información, el análisis de la misma y, en su caso, en la realización de acciones sobre los titulares.

El control de las instalaciones radiactivas, se efectúa mediante la evaluación de las actas de inspección de control, la evaluación de los informes anuales que han de remitir al CSN los titulares y el seguimiento del cumplimiento de los condicionados.

La planificación y ejecución de las inspecciones de control se realiza de acuerdo con procedimientos internos y siguiendo el modelo de inspección aprobado por el CSN. De acuerdo con ese modelo las inspecciones a las instalaciones radiactivas se hacen cada 12 meses, excepto para las instalaciones de menor riesgo que se podrán hacer cada 24 meses. En este grupo de instalaciones se incluyen las médicas de radioinmunoanálisis, las industriales de control de procesos con número reducido de equipos o fuentes, y las industriales o de investigación y docencia que realicen exclusivamente técnicas de análisis instrumental.

Anualmente se elabora un programa de inspecciones de control, completándose posteriormente con las inspecciones adicionales que son consideradas necesarias por los técnicos del CSN para el segui-

miento de los condicionados y la comprobación de los datos suministrados en los informes anuales.

El procedimiento interno para la realización de inspecciones incluye listas de chequeo para cada tipo de instalación, en las que se indican las comprobaciones documentales, las comprobaciones de las medidas de seguridad y las medidas de las tasas de dosis a efectuar por los inspectores.

También se realizan visitas de inspección en todos los casos de denuncias sobre el funcionamiento de las instalaciones o cuando se producen incidentes o superación de los límites de dosis establecidos en la reglamentación. En los casos de denuncia siempre se informa a los denunciante acerca de las actuaciones realizadas y del estado de la instalación en relación con la seguridad y la protección radiológica.

Cuando se encuentran desviaciones respecto de los requisitos reglamentarios o de los condicionados de autorización en el funcionamiento de las instalaciones, en el caso de que tengan escasa trascendencia para la seguridad se procede a remitir al titular de la instalación un apercibimiento donde se identifican las desviaciones y se indican las medidas correctoras a adoptar con un plazo para que se comunique su adopción al CSN. En el supuesto de desviaciones con impacto en la seguridad de las instalaciones o cuando no se adopten las medidas correctoras impuestas en un apercibimiento anterior, se pro-

cede a informar la apertura de un expediente sancionador al órgano ejecutivo competente. Si se estima que las desviaciones suponen un riesgo inaceptable para los trabajadores o el público, se procede, independientemente de las actuaciones sancionadoras, a paralizar las actividades de la instalación durante la inspección, ratificando dicha paralización posteriormente por el CSN.

Control a través de las entidades de servicios

Además del control directo sobre las instalaciones que se ha descrito, el CSN realiza actividades de control indirecto de las instalaciones radiactivas a través del seguimiento y control de las entidades que le prestan servicios en materia de protección radiológica.

Esas entidades son fundamentalmente los servicios y unidades técnicas de protección radiológica (SPR y UTPR) que, de acuerdo con lo establecido en la reglamentación, son entidades a las cuales los titulares de las instalaciones pueden encomendar las funciones y responsabilidades en materia de protección radiológica que tiene asignadas. Son autorizados directamente por el CSN. Están constituidos por un jefe de servicio de Protección Radiológica, que debe estar en posesión de un diploma concedido por el CSN, y por técnicos expertos en protección radiológica.

Actualmente, casi la totalidad de los hospitales del sistema público de salud poseen un SPR propio autorizado por el CSN y la actuación de estos servicios cubre más del 70% de las instalaciones radiactivas médicas del país. Cada SPR presta servicios de protección radiológica a todas las instalaciones existentes en el hospital, y a las instalaciones radiactivas y de rayos X de su área sanitaria asociada.

Las UTPR realizan funciones análogas a los SPR pero a solicitud

de los titulares de las instalaciones radiactivas, como entidad externa bajo contrato.

En el momento presente existen 58 SPR y 44 UTPR autorizados: 52 de esos SPR actúan en centros hospitalarios y 16 UTPR actúan en instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría, el resto de las UTPR lo hace exclusivamente en instalaciones de radiodiagnóstico médico.

A lo largo del año 2000 se realizaron 1.127 inspecciones de control a instalaciones radiactivas y 45 motivadas por incidencias, denuncias o sobredosis.

Se analizaron detalladamente 1.137 informes anuales de instalaciones radiactivas y 196 informes trimestrales de instalaciones radiactivas de comercialización.

Como resultado de esas actuaciones se remitieron 318 escritos advirtiendo a las instalaciones sobre desviaciones de funcionamiento o malas prácticas y requiriendo su corrección en un plazo determinado.

Asimismo se realizaron 22 inspecciones de control a servicios y unidades técnicas de protección radiológica.

6. Control de equipos y fuentes radiactivos

El elevado número de instalaciones autorizadas, muchas de ellas con una cantidad de fuentes o equipos apreciable, la necesidad de recambio periódico de las fuentes encapsuladas debido a su decaimiento o de suministro periódico de fuentes no encapsuladas debido a su consumo, hacen que se produzcan continuos movimientos y transferencias de material radiactivo. La producción de equipos y fuentes en España es muy reducida por lo que la mayoría de ellos provienen del extranjero, dando lugar a un elevado número de movimientos transfronterizos de fuentes y equipos.

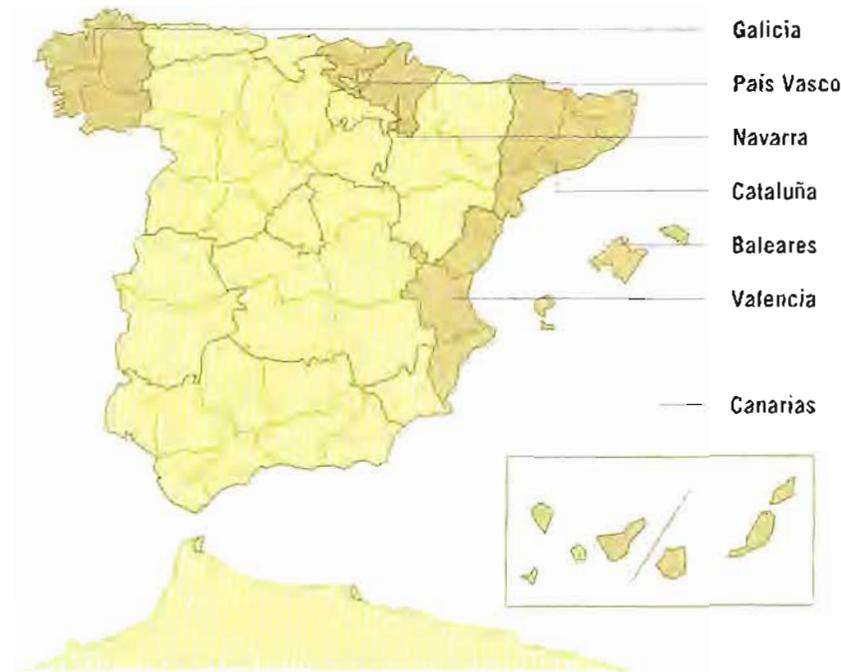
El adecuado control del funcionamiento de las instalaciones ra-

diactivas requiere el establecimiento de medidas específicas para garantizar que los movimientos de fuentes y equipos se realizan en adecuadas condiciones de seguridad y de acuerdo con la reglamentación vigente. Con ello se trata de reducir al mínimo posible la probabilidad de que se produzcan situaciones de pérdida de control de fuentes y de que éstas entren en contacto con miembros del público dado lugar a situaciones de riesgo inaceptable.

Los mecanismos previstos en la reglamentación para ejercer ese control son múltiples y se complementan entre sí con objeto de constituir un sistema completo y cerrado. A continuación se describen brevemente esos mecanismos.

El suministro de fuentes y equipos a las instalaciones dentro del territorio nacional sólo puede ser realizado por empresas autorizadas una vez que se ha comprobado que tanto la instalación como los productos que pretende comercializar reúnen los requisitos necesarios para su distribución y utilización en condiciones de seguridad. Este requisito es aplicable incluso para la comercialización de fuentes o equipos radiactivos exentos. Las autorizaciones de estas instalaciones fijan explícitamente las características y actividad máxima de los equipos y fuentes que pueden comercializar. En muchas ocasiones los propios titulares adquieren los equipos o fuentes que necesitan directamente a suministradores extranjeros en base a una autorización expresa para ello incluida en la autorización de la instalación radiactiva.

La reglamentación española prohíbe a las entidades comercializadoras de fuentes o equipos autorizadas el suministro de éstos a titulares no autorizados previamente para su posesión y uso, por lo que aquéllos deben asegurarse de que éstos cuentan con la correspondiente autorización.



► Figura 7. Comunidades con las que el CSN tiene firmados acuerdos de encomienda.

En las autorizaciones de las instalaciones radiactivas se requiere explícitamente que los titulares establezcan acuerdos con los suministradores para devolución de equipos y fuentes agotados o fuera de uso a su país de origen.

Las empresas comercializadoras están obligadas a remitir trimestralmente al CSN informes en los que se incluye una relación detallada de las ventas y suministros realizados y de las fuentes retiradas de las instalaciones. La comprobación de estas relaciones frente a las autorizaciones de las instalaciones destinatarias permite la detección de transferencias no autorizadas y la realización de las correspondientes acciones correctoras.

Los titulares de las instalaciones están obligados a comunicar al CSN cualquier variación en el inventario de equipos o fuentes que poseen. Durante las inspecciones de control del CSN y en la revisión de los informes anuales se comprueba detalladamente que ese inventario coincide con el autorizado. Estas comprobaciones evitan transferencias o adquisiciones en el

extranjero no autorizadas. Asimismo, esas comprobaciones permiten la detección de equipos y fuentes que se encuentran fuera de uso o almacenados en las instalaciones o en condiciones de control deficientes por parte del titular. Normalmente no se permite el mantenimiento prolongado de estas situaciones, requiriéndose al titular que dé un destino reglamentario a los equipos o fuentes.

En el control de las entradas de materiales radiactivos desde el extranjero se dan dos situaciones. Cuando el país de procedencia pertenece a la Unión Europea es necesario el cumplimiento del reglamento Euratom 1493/93, que requiere la notificación a las autoridades previa a los suministros, tanto por el destinatario en España como por el suministrador. En el caso de suministro desde países de fuera de la Unión, el mecanismo de control son las autorizaciones de importación. Esas notificaciones y autorizaciones son remitidas al CSN por las autoridades competentes para comprobación de que el destinatario está debidamente autorizado.

Los mecanismos descritos aseguran razonablemente que la entrada y salida de materiales radiactivos al sistema se realiza en condiciones de seguridad. No obstante, se producen situaciones que impiden el funcionamiento previsto. Las más frecuentes son las debidas a la desaparición de suministradores y la aparición de equipos o fuentes no autorizados suministrados en el pasado. Cuando se detectan, las soluciones que se adoptan son la obtención de las autorizaciones necesarias para regularizar la situación de los equipos o fuentes, su transferencia a una entidad autorizada, o su gestión como residuo radiactivo. Como casos particulares se encuentran los detectores iónicos de humos fuera de uso y los pararrayos radiactivos, para los que existen planes específicos de retirada y gestión por Enresa.

Una situación especial es la que se produce ante la aparición de unidades de radio-226 utilizadas en aplicaciones médicas antes de la entrada en vigor de la reglamentación. En este caso se produce la incautación del material por parte de las autoridades para su gestión posterior como residuo.

Tanto la retirada por Enresa de materiales no autorizados como la incautación de unidades de radio-226 requieren un informe previo del CSN.

El CSN dispone de bases de datos en las que se recoge información sobre los equipos y fuentes que cuentan con autorización para su distribución y uso, sobre los equipos autorizados a cada una de las instalaciones radiactivas y sobre los equipos que cuentan con aprobación de tipo para su utilización exenta.

7. Encomienda de funciones del CSN a las comunidades autónomas

El CSN tiene la facultad, reconocida en su Ley de Creación, de encomendar a las comunidades autóno-

mas el ejercicio de las funciones que le están atribuidas.

La encomienda de funciones está definida legalmente como "la relación entre el CSN y las comunidades autónomas, en virtud de la cual el CSN encarga la realización de actividades de carácter material, técnico o de servicio propias de las competencias del mismo".

Los acuerdos de encomienda suponen un sistema de colaboración entre el CSN y las comunidades autónomas para el ejercicio de los cometidos vinculados a la función de vigilancia y control de la seguridad nuclear y la protección radiológica atribuidos al CSN. Tienen como objetivo global conseguir una mejora en la ejecución de las funciones propias del CSN, utilizando para ello las capacidades de las comunidades autónomas. En el caso de las instalaciones radiactivas caracterizadas por su gran número y su distribución por todo el territorio, existe un gran potencial de mejora en la prestación del servicio del CSN a los titulares y a la sociedad, utilizando la proximidad de la Administración autonómica.

Actualmente el CSN tiene firmados siete acuerdos de encomienda en los que se establece la necesidad de la firma de un acta de puesta en vigor una vez confirmada la dotación de personal y medios de la comunidad autónoma. Las actividades encomendadas a las comunidades autónomas son las siguientes:

- Evaluación técnica para el licenciamiento y control de instalaciones radiactivas: Cataluña, Baleares, País Vasco y Canarias (las dos últimas no están aún en vigor).

- Inspección de instalaciones radiactivas y transporte de material radiactivo: Cataluña, Baleares, Valencia, Galicia, Navarra, País Vasco y Canarias (la última no está aún en vigor).

- Vigilancia radiológica ambiental: Cataluña, Baleares, Valencia, Galicia, Navarra, País Vasco y Canarias (tan solo Cataluña y Valencia tienen actividades en marcha).

- Formación y licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas: Cataluña y Baleares.

Los acuerdos de encomienda con la Generalidad de Cataluña y la Generalidad de la Comunidad Valenciana prevén que éstas realizarán los programas de control de los programas de vigilancia radiológica ambiental (PVRA) que se efectúan en los entornos de las centrales nucleares ubicadas en ambas comunidades.

Anualmente se celebran reuniones de las comisiones mixtas de seguimiento previstas en los acuerdos de encomienda firmados con el Gobierno Vasco, la Generalidad de Cataluña y la Generalidad de la Comunidad Valenciana.

Asimismo con carácter anual, se celebra en la sede del CSN una reunión de coordinación con el conjunto de los inspectores acreditados que realizan las funciones encomendadas a las comunidades autónomas.

8. Formación y licencias del personal

Un aspecto de especial importancia para el funcionamiento seguro de las instalaciones es que las personas que actúan en las mismas posean una adecuada formación en materia de protección radiológica.

La reglamentación española requiere que las personas que dirijan el funcionamiento de las instalaciones radiactivas estén en posesión de una licencia de supervisor y las personas que operan los equipos o manejan las fuentes radiactivas estén en posesión de una licencia de operador.

La obtención de las citadas licencias se puede realizar por dos vías. La primera es la realización de un examen ante el Tribunal de

Licencias del CSN, una vez acreditado el cumplimiento de los requisitos relativos a titulación académica, formación y experiencia en materia de protección radiológica, y aptitud médica para trabajo en presencia de radiaciones ionizantes. La segunda vía es la realización de un curso homologado por el CSN y la superación de las pruebas y exámenes previstos en el mismo.

Los cursos para la obtención de licencias de operadores y supervisores son homologados por el CSN tras comprobar la idoneidad de los objetivos docentes, los contenidos formativos y la programación de actividades (teóricas y prácticas). Asimismo, se comprueban la titulación y capacitación del profesorado propuesto y los medios disponibles para la impartición de la formación teórica y práctica. Los cursos se homologan para los distintos campos de aplicación: medicina nuclear, radioterapia, laboratorios de fuentes no encapsuladas, radiografía industrial, control de procesos y técnicas analíticas. Los requisitos exigibles y el trámite a seguir se encuentran recogidos en la Guía de Seguridad 5.12 del CSN.

Las licencias de operadores y supervisores de instalaciones radiactivas tiene carácter personal, se conceden con un periodo de validez de cinco años y para un campo de aplicación específico. El CSN mantiene un registro de licencias de personal en el que se encuentra información sobre cada licencia y sobre las instalaciones en las que éstas se utilizan.

Durante el año 2000 el CSN concedió 508 nuevas licencias para operadores y 268 para supervisores, y prorrogó la validez de 1.228 licencias de operadores y de 573 de supervisores.

El número de licencias de personal en vigor a finales del año 2000 era de 1.726 para supervisores y de 3.369 para operadores.

9. Experiencia de funcionamiento

La reglamentación española requiere que los titulares de las instalaciones radiactivas informen a las autoridades y al CSN sobre cualquier alteración en el funcionamiento normal o que pueda afectar a la seguridad o la protección radiológica.

Las autorizaciones de las instalaciones radiactivas requieren que los titulares informen inmediatamente sobre los sucesos y anomalías que se produzcan y envíen un informe detallado sobre el mismo en el plazo de diez días. Recientemente, el CSN ha aprobado y remitido a los titulares de todas las instalaciones radiactivas en funcionamiento unas instrucciones complementarias clarificando los sucesos y situaciones que es necesario notificar, los plazos y vías para realizar esas notificaciones, las autoridades a las que deben dirigirse y el modelo a que deben ajustarse los informes.

Las incidencias que se producen normalmente en las instalaciones radiactivas no suelen tener repercusiones en el exterior debido al limitado inventario de las fuentes de radiación existentes en las mismas o a que estas se encuentran en forma encapsulada y alojadas en el interior de blindajes. Las consecuencias de esos sucesos se limitan normalmente a la irradiación externa o contaminación del personal de la propia instalación, a la contaminación de superficies, equipos o dependencias internas o al vertido al alcantarillado o a la atmósfera de pequeñas cantidades de sustancias radiactivas.

Normalmente los sucesos que ocurren se encuentran previstos en los planes de emergencia interior de las propias instalaciones y son resueltos por los titulares de acuerdo con los procedimientos incluidos en esos planes, contando en ocasiones con el apoyo de las empresas suministradoras de fuentes o

● Tabla 4. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas desde 1995 hasta 1999.

Médicas	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	56.570	62.026	64.599	65.246	66.380
Dosis colectiva (mSv-persona)	27.394	31.062	29.985	29.857	27.550
Dosis individual media (mSv/año)	0,55	0,59	0,58	0,56	0,65
Nº personas dosis entre 20 y 50 mSv/año	22	55	27	16	12
Industriales	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	5.070	5.231	5.166	5.213	5.648
Dosis colectiva (mSv-persona)	5.545	6.930	6.013	5.576	4.548
Dosis individual media (mSv/año)	1,30	1,58	1,39	1,33	1,16
Nº personas dosis entre 20 y 50 mSv/año	13	31	19	19	19
Investigación y docencia	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	4.198	3.409	3.870	4.142	4.371
Dosis colectiva (mSv-persona)	2.681	1.822	2.074	1.244	1.640
Dosis individual media (mSv/año)	0,71	0,58	0,59	0,38	0,45
Nº personas dosis entre 20 y 50 mSv/año	4	2	2	0	0

equipos, empresas de asistencia técnica y servicios o unidades técnicas de protección radiológica. Sólo en casos excepcionales tales como incendios, inundaciones o sustracciones de material se requiere la actuación de personal de emergencia externo a la instalación (bomberos, policía, personal sanitario, etcétera).

Las instalaciones radiactivas notifican al CSN aproximadamente 20 incidencias cada año, la mayoría de ellas sin impacto significativo en la seguridad o la protección radiológica.

El CSN analiza las notificaciones e informes sobre sucesos que realizan los titulares de las instalaciones. Cuando se encuentra que de las circunstancias del suceso, de

su resolución o consecuencias se pueden extraer enseñanzas para evitar la ocurrencia de sucesos análogos en otras instalaciones, el CSN informa sobre ello a los titulares mediante la remisión de circulares informativas.

El CSN mantiene una base de datos en la que se recoge información sobre los sucesos notificados por las instalaciones radiactivas. Asimismo recibe información de bases de datos similares que mantienen organismos reguladores de otros países y de la base de datos RADEV del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA).

Recientemente, la Unión Europea ha iniciado el desarrollo de un sistema de recopilación e inter-

cambio de experiencia operativa (Euraide) para armonizar las actuaciones de los países miembros en esta materia. El CSN está participando en el seguimiento de este desarrollo.

10. Vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos

Del total de 84.439 trabajadores controlados dosimétricamente en España durante el año 2000, 75.419 (89%) realizan su trabajo en instalaciones radiactivas.

La contribución de los trabajadores de estas instalaciones a la dosis colectiva total (45.118 mSv.persona) fue, durante ese año, de 37.665 mSv.persona (83%).

Dentro de las instalaciones radiactivas, el mayor número de trabajadores aparece en las instalaciones médicas. 87% con una contribución a la dosis colectiva también del 87%; realizan su actividad en instalaciones industriales el 7% de los trabajadores, con una contribución a la dosis colectiva del 11%; y realizan su actividad en instalaciones de investigación y docencia el 6% de trabajadores, con una contribución a la dosis colectiva del 2%.

La dosis individual media para los trabajadores de instalaciones radiactivas en el año 2000 fue de 0,74 mSv/año para las instalaciones médicas, 1,21 mSv/año para las instalaciones industriales y 0,32 mSv/año para las instalaciones de investigación y docencia.

En cuanto a la evolución temporal, en la tabla 4 se muestran los resultados dosimétricos de los trabajadores de las instalaciones radiactivas en el periodo 1995-1999. En ella se observa que tanto la dosis colectiva como la dosis individual media se mantienen constantes o incluso se reducen, pese al aumento del número de trabajadores. El número de trabajadores con dosis anuales en el intervalo 20-50 mSv presenta una tendencia decreciente en las ins-

talaciones médicas, se mantiene estable en un valor elevado en las instalaciones industriales, siendo nulo, en los últimos años, en las instalaciones de investigación y docencia.

Anualmente se producen entre 10 y 20 casos de potencial sobredosis de personas en instalaciones radiactivas. La aplicación del procedimiento de investigación de sobredosis vigente en el Consejo de Seguridad Nuclear concluye que en la mayoría de los casos las dosis no fueron recibidas por las personas, sino que se trató de sucesos de utilización inadecuada de los dosímetros personales. Sólo en unos pocos casos (por debajo de 5) se concluye que las dosis fueron recibidas por las personas y, aun en estos casos, los valores de dosis recibidos no han afectado a la salud de las personas.

11. Relaciones institucionales

El CSN realiza las actividades de licenciamiento, inspección y control de las instalaciones radiactivas que tiene asignadas, colaborando con otros organismos de la Administración.

Mantiene una continua comunicación con la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Economía y con los órganos de las comunidades autónomas competentes en materia de autorizaciones y con aquellos en los que recae la encomienda de funciones del CSN.

Con el Ministerio de Sanidad y las autoridades de las comunidades autónomas competentes en esa materia, mantiene colaboración a través de su participación en la Ponencia de Protección Radiológica dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.

El Ministerio de Defensa dispone de la Junta Central de Protección Radiológica, en la que participan miembros de los diferentes ejércitos y que tiene como misión

la coordinación de las actividades de protección radiológica en todas las instalaciones radiactivas dependientes de ellos. El CSN asiste a las reuniones de esa junta en calidad de asesor.

Asimismo, el CSN mantiene relaciones de colaboración en materia de seguridad y protección radiológica con organizaciones y asociaciones de profesionales que ejercen su actividad en las instalaciones radiactivas.

En enero de 2001 se constituyó el Foro de Protección Radiológica en el Medio Hospitalario, con participación del CSN y de las sociedades españolas de Protección Radiológica y Física Médica. Coordinados por este Foro se crean grupos de trabajo para el desarrollo de temas de interés común.

12. Resumen

A lo largo del presente artículo se ha presentado la situación actual de las instalaciones radiactivas con fines médicos, industriales, de docencia e investigación, comerciales y agrícolas en España.

Se han indicado brevemente los requisitos aplicables a esas instalaciones en materia de seguridad y protección radiológica, indicándose las actuaciones de los titulares para su cumplimiento.

Asimismo se han mostrado las actuaciones del CSN en materia de licenciamiento de las instalaciones y para el seguimiento y control de su funcionamiento, indicando cuantitativamente las actuaciones realizadas en los últimos años.

Finalmente se han descrito brevemente otras actividades como el control de fuentes radiactivas, la formación de personal, la gestión de experiencia operativa, la vigilancia dosimétrica y la colaboración con otros organismos y entidades que contribuyen de forma importante en la consecución y mantenimiento de un adecuado nivel de seguridad en estas instalaciones. ☺

La radiología digital y las dosis de radiación a los pacientes

En este artículo se describe la utilización de la tecnología digital en el diagnóstico por imagen en el Hospital Clínico San Carlos de Madrid, destacando los aspectos de generación, transmisión y almacenamiento de las

imágenes radiológicas. La protección radiológica del paciente se aborda con un prototipo de sistema de control de calidad *on line* que se desarrolla en el marco del programa europeo DIMOND.

1. Introducción

El diagnóstico por imagen en medicina está evolucionando de forma sustancial con la introducción de la tecnología digital. Mientras algunas áreas del radiodiagnóstico ya manejaban desde sus orígenes imágenes digitales, como es el caso de la tomografía computarizada o la resonancia magnética, otra gran área, como es la radiología simple, continuaba usando el clásico soporte analógico de la película radiográfica. El cambio más espectacular se está produciendo en esta área, donde la transición desde la

radiología convencional a la digital se está realizando básicamente por dos vías:

— Radiografía computarizada (sistema conocido como Computed Radiography, CR), basado en la utilización de placas de fósforo fotoestimulable (PSP) en lugar de los conjuntos película-cartulina. Son utilizadas de forma convencional, se digitalizan mediante el barrido con un láser y se reutilizan (del orden de 10.000 veces). La imagen es procesada y visualizada en estaciones de trabajo (figuras 1, 2, 3 y 4 de la página siguiente).

— Radiografía digital (sistema conocido como Digital Radiography, DR), basado en la utilización de detectores de semiconductor de gran tamaño (conocidos como Flat-Panel) que convierten la radiación en señales eléctricas que conforman la imagen digital en estaciones de trabajo, sin necesidad de chasis radiográfico (figura 5). Dentro de esta categoría se incluyen dos tipos: por un lado, los de-

tectores compuestos por un medio de detección de rayos X, de tipo fósforo (que produce luz a partir de los rayos X como CsI o GdOS) y un panel plano que convierte la luz en señales eléctricas; y por otro lado, detectores basados en un fotoconductor (que producen carga eléctrica directamente a partir de los rayos X) del tipo del selenio amorfo, yoduro de plomo, etcétera.

Las placas de fósforo fotoestimulable utilizan el principio de la luminiscencia fotoestimulada y en muchos aspectos son similares a las cartulinas reforzadoras usadas en los sistemas cartulina-película tradicionales. Cuando la placa de PSP recibe la radiación, almacena parte de la energía de los fotones de rayos X en trampas de su estructura cristalina, que son liberadas mediante el barrido de su superficie con un láser, lo que provoca una emisión de luz proporcional a la radiación recibida, que es detectada por un tubo fotomultiplicador y convertida en una señal eléctrica.

* E. Vañó es jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos de Madrid (HCSC) y catedrático de Física Médica de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). J.M. Fernández es facultativo del Servicio de Física Médica del HCSC y profesor asociado de Física Médica de la UCM. J.I. Ten es administrador del sistema RIS-PACS del Servicio de Diagnóstico por Imagen del HCSC. C. Pedrosa es jefe del Servicio de Diagnóstico por Imagen del HCSC y es catedrático de Radiología de la UCM.



► Figura 1. Chasis convencional con sus cartulinas y la película radiográfica.



► Figura 2. Imagen de un chasis y una placa de fósforo fotoestimulable.

► Figura 3. Imagen de un sistema digitalizador de fósforos fotoestimulables.



► Figura 4. Imagen de una estación de trabajo de CR.



► Figura 5. Imagen de un sistema DR.

La CR permite que se sigan usando los mismos equipos de rayos X que se utilizaban para radiología convencional, y el modo de trabajo de los técnicos de radiodiagnóstico apenas varía. En el caso de la DR se trata de equipos específicos y el modo de trabajo se ve simplificado al no tener que manipular chasis, con lo que puede aumentar sustancialmente el número de pacientes explorados por jornada de trabajo. Ambos sistemas permiten la visualización y manipulación de las imágenes en estaciones de trabajo, y su archivo y distribución en formato digital, evitando incluso la impresión de radiografías o disminuyendo su número y tamaño (figura 6).

También los equipos de fluoroscopia han evolucionado en su tecnología y actualmente el mercado se está concentrando en los equi-

pos digitales. En ellos se pueden procesar las imágenes numéricamente, archivarlas en soportes ópticos o magnéticos y distribuir las por la red.

La información que se presenta en este trabajo corresponde al Servicio de Diagnóstico por Imagen del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Este servicio realiza del orden de 350.000 exploraciones anuales, con un total de 44 equipos (4 tomógrafos computarizados, 2 resonancias magnéticas, 9 ecógrafos, 4 salas de radiología intervencionista, 9 salas de radiología convencional, 1 ortopantomógrafo y 6 equipos portátiles digitalizados mediante 4 sistemas de fósforos fotoestimulables, 4 teletandems digitales, 1 equipo con Flat-Panel para radiología de tórax, 1 equipo con Flat-Panel para mamografía, 1 mamógrafo con estereotaxia digital y

2 densitómetros óseos). Estas salas son atendidas por 88 técnicos especialistas en radiodiagnóstico y 40 radiólogos (incluyendo residentes).

2. La transmisión y el almacenamiento de las imágenes radiológicas

Un elemento muy importante de un servicio de diagnóstico por imagen con tecnología digital es el PACS (Picture Archiving and Communication System, figura 7). El PACS instalado en el Hospital Clínico San Carlos es un Agfa IMPAX versión 3.5 y agrupa todo lo que se refiere al almacenamiento de imágenes y datos de los estudios, un núcleo controlador de los distintos procesos involucrados, el módulo de archivo y los distintos sistemas de visualización de imágenes, integrado todo esto en una red digital de datos.



Figura 6. Imagen de una estación de visualización para diagnóstico clínico de un PACS.

El PACS requiere que las imágenes y los datos relacionados de los pacientes sean enviados desde los distintos equipos de diagnóstico (modalidades) hacia el núcleo controlador del sistema y finalmente hacia el archivo. Para ello es necesario que tanto el PACS como las modalidades cumplan con el estándar DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communication in Medicine) publicado por la ACR-NEMA (American College of Radiology-National

Electrical Manufacturers Association) en 1996, en el que se incluyen las especificaciones del *hardware* y *software* requeridas y los protocolos permitidos de comunicación entre dispositivos. La parte 2 del documento DICOM PS 3.2-1996 insta a los fabricantes a publicar documentos ("conformance statement") que indican cómo el equipo o el *software* se ajusta al estándar y puede ser conectado con interfaz DICOM con otros dispositivos.

La parte 10 de este estándar describe el formato del archivo utilizado para la distribución de las imágenes, que es una extensión de un antiguo formato también desarrollado por la NEMA. Un archivo correspondiente a una imagen DICOM está compuesto por una cabecera que contiene la información del paciente, tipo de imagen, técnica radiológica utilizada, dimensiones de la imagen, dosis de radiación estimadas o registradas, etcétera, así como la información del contenido de cada píxel (picture element) de la imagen.

La figura 8 de la página siguiente muestra un ejemplo de una imagen de tórax digital en formato DICOM. Los primeros bytes son usados para la cabecera. El tamaño de la cabecera depende de la cantidad de información almacenada en ella.

La tabla 1 de la página siguiente muestra un ejemplo de parte de la información contenida en la cabecera de una imagen de

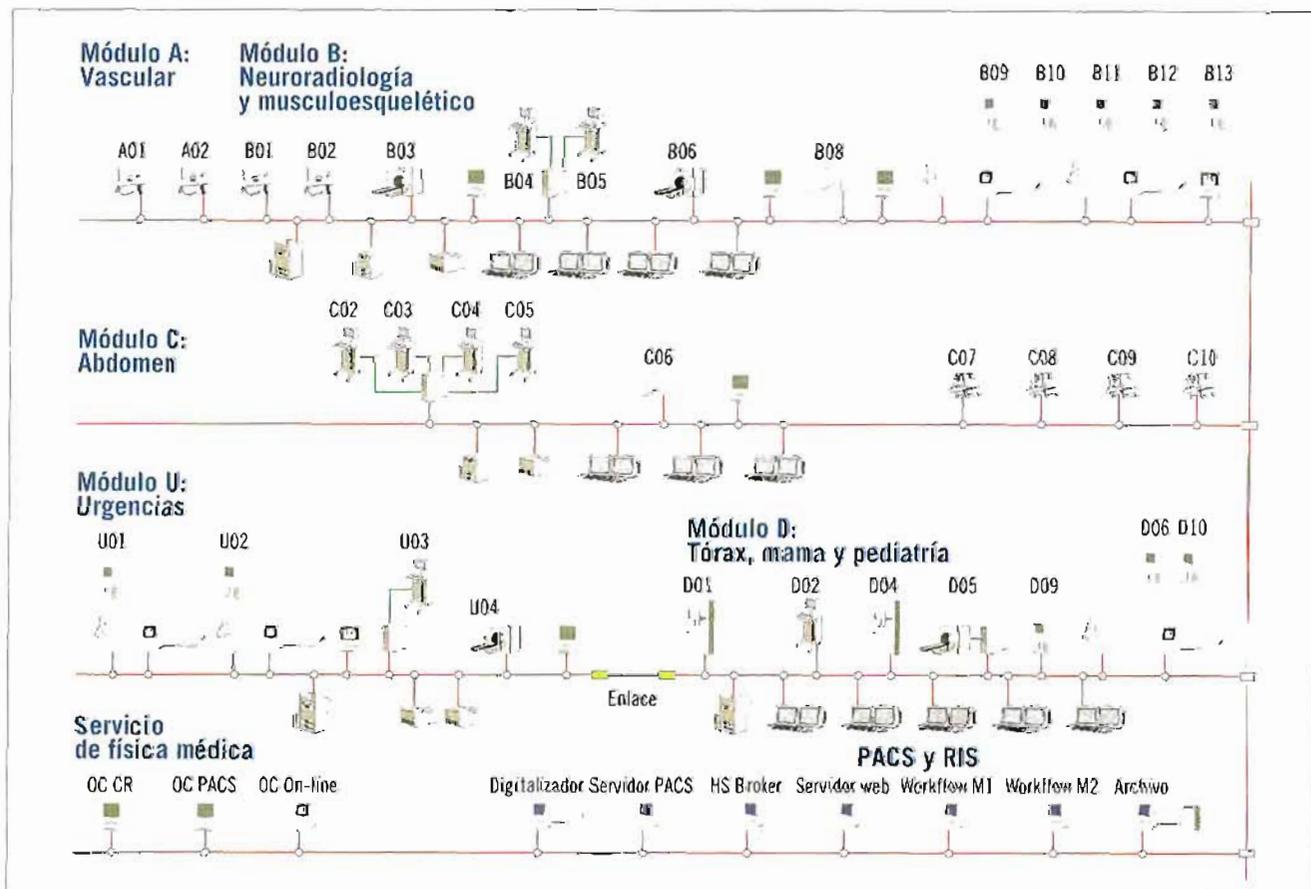


Figura 7. Esquema de la configuración del sistema PACS del Hospital Clínico San Carlos.

► **Tabla 1.** Parte de la cabecera DICOM de una imagen de tórax de un equipo de DR.

(0008,0020) : Study Date : 17/12/2001
(0008,0030) : Study Time : 09:15:05
(0008,0050) : Accession Number : 8806089
(0008,0060) : Modality : DX
(0008,0070) : Manufacturer : GE MEDICAL SYSTEMS
(0008,0080) : Institution Name : HOSPITAL CLINICO SAN CARLOS
(0008,0090) : Referring Physician's Name GIN
(0008,1010) : Station Name : TORAXD09
(0008,1030) : Study Description : TORAX
(0010,0010) : Patient's Name : DESCONOCIDO
(0010,0020) : Patient ID : 43983
(0010,0030) : Patient's Birth Date : 14/04/1937
(0010,0040) : Patient's Sex : F
(0010,1010) : Patient's Age : 064Y
(0018,0015) : Body Part Examined : CHEST
(0018,0060) : KVP : 120
(0018,1110) : Distance Source to Detector : 1800
(0018,1147) : Field of View Shape : RECTANGLE
(0018,1149) : Field of View Dimension(s) : Multiple values : 404 : 404
(0018,1150) : Exposure Time : 7
(0018,1151) : X-ray Tube Current 200
(0018,1153) : Exposure in uAs : 1560
(0018,115E) : Image Area Dose Product : 1.00625
(0018,1164) : Imager Pixel Spacing : Multiple values : 0.2 : 0.2
(0018,1166) : Grid : FIXED/FOCUSED
(0018,1190) : Focal Spot(s) : Multiple values : 0.6
(0018,1405) : Relative X-ray Exposure : 73
(0018,1700) : Collimator Shape : Multiple values : RECTANGULAR
(0018,5101) : View Position : PA
(0018,6000) : Sensitivity : 0.23607305
(0018,7001) : Detector Temperature : 29.799999
(0018,7004) : Detector Type : SCINTILLATOR
(0018,7020) : Detector Element Physical Size; Multiple values : 409.6 : 409.6
(0018,7060) : Exposure Control Mode : AUTOMATIC
(0020,0010) : Study ID : 8806089
(0020,0013) : Image Number : 1
(0020,0062) : Image Laterality: U
(0028,0010) : Rows: 2022
(0028,0011) : Columns: 2022
(0028,0100) : Bits Allocated : 16
(0028,0101) : Bits Stored: 14
(0028,0102) : High Bit: 13
(0028,0300) : Quality Control Image: NO
(0028,1040) : Pixel Intensity Relationship : LOG
(0028,1050) : Window Center : Multiple values : 8191.5 : 8191.5 : 8191.5
(0028,1051) : Window Width : Multiple values : 16383 : 12287 : 24574
(0028,2110) : Lossy Image Compression : 00
(0032,1033) : Requesting Service : CGI
(0040,0302) : Entrance Dose: 0
(0040,0310) : Comments on Radiation Dose : 2 %

tórax. Dicha información está estructurada en grupos, por ejemplo, el grupo 0010hex corresponde a la información del paciente, y dentro de cada grupo se definen los elementos. Los elementos DICOM requeridos dependen del tipo de imagen y están documentados en la parte 3 del estándar DICOM. El ejemplo corresponde a la modalidad "DX" (elemento 0008,0060), el nombre del paciente es "Desconocido" (elemento 0010,0010), la parte del cuerpo examinada es el "Tórax" elemento 0018,0015) y la técnica radiográfica utilizada es 120 kVp (elemento 0018,0060), 7 ms (elemento 0018,1150), 200 mA (elemento 0018,1151) y a una distancia del foco al receptor de imagen de 1.800 mm (elemento 0018,1110). El producto dosis-área que se ha registrado en esta exposición ha sido de 1.00625 dGy.cm² (elemento 0018,115E). Toda esta información resulta de gran utilidad para el control de calidad de los equipos y de los procedimientos radiológicos.

Esquemáticamente el sistema PACS funciona de la siguiente forma: cuando la imagen es adquirida por una modalidad, se genera una cabecera ("dicom header") y la imagen propiamente dicha. Una vez finalizado el estudio, la imagen es enviada hacia el núcleo del sistema, que está constituido por una serie de servidores (figura 9) que, entre otras funciones, se encarga de recibir y almacenar temporalmente la información, cons-



► **Figura 8.** Imagen DICOM de tórax adquirido en un DR.

tituyendo el archivo a corto plazo, posibilitando que el acceso a esa imagen se realice en el menor tiempo posible. Asimismo, las imágenes son enviadas de forma automática hacia las distintas estaciones de visualización y almacenadas definitivamente en un archivo a largo plazo que en nuestro sistema está formado por cintas magnéticas digitales (DLT) gestionadas automáticamente por un Jukebox (figura 10).

Los servidores del PACS tienen que estar operativos las 24 horas del día, durante los siete días de la semana, por ello todas las operaciones son dirigidas y automatizadas mediante *software*, para no requerir procedimientos manuales por parte de los usuarios. Asimismo, incluye un sistema de tolerancia a fallos, que incorpora entre otros elementos:

— Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), que protege

a todos los componentes del núcleo del sistema, incluyendo al archivo a largo plazo, servidores de base de datos, etcétera, de cortes de energía eléctrica.

— Discos espejo, que garantizan la integridad de los datos.

3. La protección radiológica del paciente y el control de calidad en radiología digital

La introducción de la radiología digital aporta innumerables ventajas para el diagnóstico pero hace que la protección radiológica del paciente cobre una especial relevancia. Esta tecnología permite que las dosis a los pacientes sean similares e incluso en algunos casos inferiores a las que se imparten con radiología convencional para un nivel comparable de calidad de imagen. En la radiología convencional, las dosis a los pacientes que permiten obtener imágenes de calidad razonable quedan restringidas a un

margen relativamente estrecho por la sensibilidad de los conjuntos cartulina-película, de manera que un aumento de dosis de radiación supone una sobreexposición en la imagen (demasiado "negra") y una disminución de dosis supone una subexposición (demasiado "clara") (figura 11).

Los sistemas digitales tienen un rango dinámico mucho más amplio, lo que permite obtener buenas imágenes con dosis más pequeñas o bastante mayores que las utilizadas en radiología convencional. Para alcanzar la saturación del sistema es necesario aumentar las dosis significativamente. Por el contrario, bajos niveles de dosis repercuten en la imagen en forma de un aumento del ruido (figura 12), lo que puede conducir a que exista una cierta tendencia a incrementar las dosis voluntariamente buscando imágenes de más calidad.



► Figura 9. Imagen de la sala de servidores de un sistema PACS.



► Figura 10. Imagen de un sistema de archivo a largo plazo de un sistema PACS.



► Figura 11. Imágenes de un tórax que simula numéricamente una sobreexposición y una subexposición.



► Figura 12. Imagen de un tórax que simula un elevado ruido por subexposición.

En la figura 13 se representa, con datos obtenidos en nuestro centro, la evolución de tres parámetros relacionados con la calidad de imagen (resolución a alto contraste en pares de líneas por milímetro y umbral de sensibilidad a alto y bajo contraste, en número de círculos de un objeto de prueba) en función de los miliamperios por segundo (proporcionales a la dosis que recibe el paciente), simulando una exploración de tórax posteroanterior con un objeto de test (Faxil TOR[CDR], figura 14) y maniquí dispersor simulando la atenuación del paciente. Se puede apreciar que a partir de un valor de aproximadamente 10 mAs, la calidad de imagen apenas mejora aunque se aumente hasta cinco veces la dosis.

Una mejor resolución espacial permite visualizar en las imágenes clínicas pequeños detalles como podría ser una fisura en un hueso o la luz de una arteria de muy pequeño diámetro (si previamente se ha administrado un medio de contraste). Un buen umbral de sensibilidad a bajo contraste permite diferenciar anomalías en los órganos o tejidos, como sería el caso de tumores o formaciones quísticas.

La figura 15 presenta una simulación similar a la anterior realizada para una exploración de abdomen en proyección anteroposterior. Nuevamente se puede observar que un incremento de más de ocho veces en la dosis al paciente no repercute apenas en la calidad de la imagen.

La conclusión es clara: si no se miden las dosis a los pacientes y si no se forma adecuadamente al personal que opera los equipos con tecnología digital, puede tenderse a incrementar sustancialmente las dosis ya que las imágenes tienen menos ruido y aparentan mejor calidad. El equilibrio estará en utilizar una dosis razonable para obtener una calidad de imagen suficiente para cada aplicación clínica concreta.

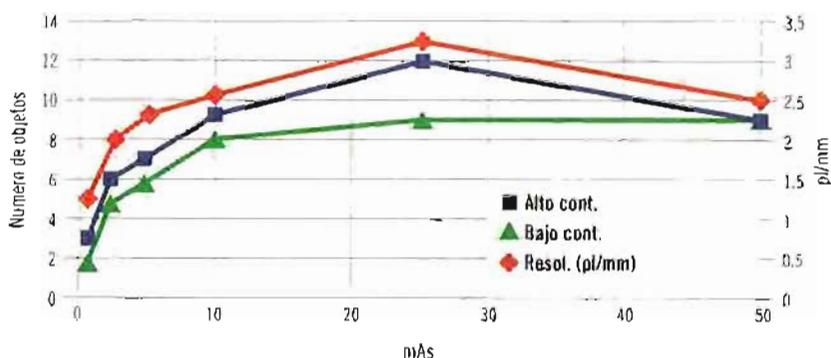


Figura 13. Representación de tres parámetros evaluadores de la calidad de la imagen radiológica en función de la cantidad de radiación para una simulación de exploración de tórax.

La tabla 2 presenta los resultados de una comparación entre la calidad de imagen obtenida con un sistema radiográfico convencional de sensibilidad aproximadamente 400 (película AGFA RP2 con cartulina AGFA Blue 400) y un sistema de CR (placa de PSP AGFA ADC MD10 con digitalizador AGFA ADC Compact) para la simulación de las condiciones de exposición de dos tipos de exploraciones radiológicas y el objeto de prueba antes mencionado. Los valores obtenidos son comparables y algunos aspectos aparentemente de menor calidad en CR (resolución a alto contraste, principalmente) quedan compensados con la posibilidad de procesado y manipulación de la imagen en la estación de trabajo.

La radiología digital tiene grandes ventajas, pero presenta un

riesgo potencial de incrementar las dosis a los pacientes, y la posibilidad de enmascarar la mala calidad de las imágenes a través del procesado numérico, introduciendo incluso artefactos que pueden simular patologías. Ello hace necesario que los programas de protección radiológica al paciente incorporados al programa de garantía de calidad se deban reforzar cuando se produce la transición de radiología convencional a digital, y mantenerse rigurosamente después de su implantación.

Otro aspecto a tener en cuenta, sobre todo en los equipos con detectores del tipo Flat-Panel y con equipos de fluoroscopia digital, es que al no tener que manipular los chasis después de cada exposición y no tener que imprimir necesariamente las imágenes obtenidas, puede haber una cierta tendencia a

Tabla 2. Comparación de parámetros evaluadores de la calidad de imagen entre radiología convencional y CR.

Examen	Sistema	Resolución (pl/mm)	Umbral de sensibilidad a bajo contraste (nº de objetos)	Umbral de sensibilidad a alto contraste (nº de objetos)
Abdomen	Convencional	2,50	7	9
	CR	3,15	9	9
Tórax	Convencional	3,55	8	6
	CR	2,24	7	6
TOR(CDR)	Convencional	7,10	11	14
	CR	4,50	16	16

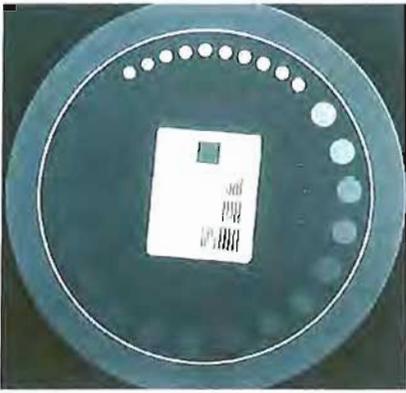


Figura 14. Radiografía de un objeto de prueba para la evaluación de la calidad de imagen.

obtener más imágenes de las estrictamente necesarias, ya que en estos sistemas con sólo “apretar un botón” se tiene la imagen en la estación de trabajo.

4. Sistema de control de calidad 'on-line'

En la legislación vigente en España es preceptiva la evaluación de las dosis a los pacientes y de la calidad de la imagen radiológica, como parte de los programas de garantía de calidad. Esta evaluación, que puede solamente reflejar una situación puntual en un momento dado, puede resultar insuficiente en una etapa de transición de radiología convencional a digital, donde las dosis a los pacientes pueden modificarse sustancialmente dependiendo de las personas que operan los equipos y no están restringidas por el propio sis-

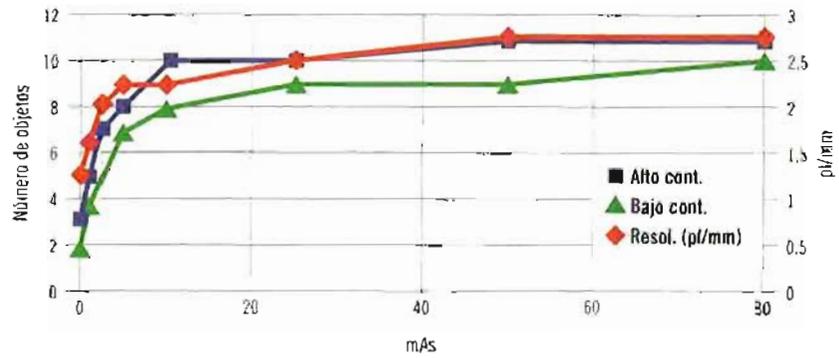


Figura 15. Representación de tres parámetros evaluadores de la calidad de la imagen radiológica en función de la cantidad de radiación para una simulación de exploración de abdomen.

tema, como sucede en los sistemas de cartulina y película. Esta situación persiste una vez implantada la radiología digital, por lo que es aconsejable una vigilancia mucho más estrecha de los niveles de radiación impartidos a los pacientes, a fin de detectar desviaciones y tomar medidas correctoras de manera inmediata, sin esperar al siguiente control de calidad para detectar el posible problema.

Los servicios de Física Médica y Radiodiagnóstico del Hospital Clínico San Carlos han diseñado y puesto a punto un sistema de control de dosis a los pacientes *on-line*, que aprovecha el hecho de que algunos equipos de rayos X convencionales recientes incorporan la posibilidad de conectar ordenadores personales para recibir la información técnica de las condiciones de exposición.

En nuestro hospital, un servidor del Servicio de Física Médica recoge esta información cada minuto a través de la red de datos del centro y la incorpora a su base de datos, realizando un cálculo de la dosis en cada exposición a cada paciente en base a la información recibida y a los rendimientos evaluados en los controles de calidad periódicos realizados a los equipos de rayos X (figura 16). El sistema compara los valores medios de dosis registrados por los últimos diez pacientes para cada exploración con los valores de referencia. En el caso de que estas dosis superen los valores de referencia establecidos, se dispara una alarma (figura 17, en la página siguiente) que pone en marcha un procedimiento de investigación para determinar las causas de este incremento de dosis, e introducir medidas correctoras con carácter inmediato. El sistema ya está en funcionamiento con carácter piloto en tres salas de radiología ósea desde 1999, habiendo controlado y almacenando valores de dosis de más de 80.000 exploraciones.

Los primeros resultados de este prototipo se presentaron en el Congreso de la Sociedad Americana de Radiología en Chicago en noviembre de 2000 (Vañó, 2000). El proyecto europeo de investigación DIMOND (Digital Imaging: Measures for Optimizing Radiological Infor-



Figura 16. Esquema del planteamiento del sistema de control de calidad *on-line*.



Figura 17. Pantalla del sistema de control de calidad *on-line* dando un aviso de alarma.

mation Content and Dose) ha integrado este sistema como uno de los objetivos a desarrollar en el presente Programa Marco con intención de aprovechar sus resultados entre los 13 grupos de investigación de los 11 países participantes en el citado proyecto y transferir la experiencia que se obtenga a la industria, a la administración sanitaria y a los organismos reguladores.

En el marco del proyecto DIMOND se ha comenzado la ampliación de este prototipo a todas las modalidades radiológicas digitales. Por ello, se ha diseñado una estación DICOM que aprovecha la existencia de un PACS en el Servicio de Radiología al que todas las modalidades envían sus imágenes para su archivo y distribución, una vez finalizada la exploración radiológica. El PACS se ha programado de manera que envía una copia de cada estudio que recibe a la estación de control de calidad, que extrae su cabecera y la almacena en una base de datos. Simultáneamente se realiza el cálculo de la dosis en cada exposición y se actúa de manera similar al prototipo antes descrito. Según la modalidad radiológica de que se trate, de su fabricante y del nivel de información contenido en

la cabecera DICOM se podrá actuar de diferente manera:

— Modalidades DR con detectores del tipo Flat Panel que incorporan en la cabecera DICOM toda la información de parámetros técnicos de la exposición y que, incluso, aportan valores de dosis calculada. Este tipo de datos, una vez validados, son incorporados directamente a la base de datos y usados para la comparación con valores de referencia, así como para poner en marcha procedimientos de investigación en caso necesario. En esta situación se encuentran ya los equipos de DR para tórax y mamografía.

— Modalidades CR con placas de fósforo fotoestimulable. En este caso, la exposición radiográfica y el proceso de digitalización de la imagen son sucesos independientes, de manera que la cabecera DICOM no puede disponer de parámetros técnicos de la exploración, ni permitir el cálculo de dosis a los pacientes. En este caso, el prototipo antes descrito, que toma los datos técnicos directamente del generador de rayos X, es quien permite una evaluación en tiempo real de las dosis a los pacientes.

— Modalidades de fluoroscopia digital. Algunos equipos de fluo-

roscopia digital, especialmente los dedicados a radiología vascular y cardiología intervencionista comienzan a incorporar en sus cabeceras DICOM parámetros técnicos de interés dosimétrico. El tiempo de escopia, el producto dosis por área y el número de imágenes adquiridas son algunos de los parámetros que permitirán fijar valores de referencia y actuar en caso de dosis anómalas.

5. Panorama internacional

Algunos indicadores de la importancia que el cambio tecnológico a la radiología digital está teniendo en la práctica médica pueden ser la producción de normas específicas por parte de la Comisión Electrotécnica Internacional, la publicación de recomendaciones por parte de la Organización Mundial de la Salud, el reciente acuerdo de la Secretaría de UNSCEAR para solicitar datos sobre la incidencia de la radiología digital en los diferentes países, y la decisión de la Comisión Internacional de Protección Radiológica para crear un grupo de trabajo (coordinado desde el Hospital Clínico San Carlos de Madrid) sobre Dose Reduction in Digital Radiography, que deberá producir un documento de recomendaciones durante los próximos tres años.

Dicho documento contendrá previsiblemente diferentes capítulos sobre las ventajas e inconvenientes de la radiología digital así como recomendaciones para evitar los incrementos de dosis a los pacientes.

Factores que pueden inducir a incrementos de dosis

Adicionalmente al riesgo de incrementar las dosis a los pacientes durante la realización de los procedimientos con tecnología digital (gran rango dinámico de los sistemas detectores, reducción del ruido en la imagen al incrementar las dosis, facilidad para la obtención de nuevas imágenes y borrado de

las anteriores, etcétera), se plantean —o se acentúan— otros problemas que se deben abordar en los programas de garantía de calidad.

Pérdida o archivo incorrecto de imágenes

La pérdida (o archivo incorrecto) de imágenes en los sistemas digitales de archivo (PACS) ya se ha planteado en la literatura científica (Smith, 2001) como uno de los riesgos a tener en cuenta debido a sus importantes repercusiones legales (adicionales a la nueva irradiación del paciente si el estudio se tuviera que repetir), reclamando procedimientos específicos de control de calidad. Ello puede ir unido a otros problemas como la confidencialidad de las imágenes, validación de los informes clínicos, archivos de seguridad, etcétera, indicativos de que la normativa legal puede ir en estos casos por detrás de los avances tecnológicos.

Incremento del número de procedimientos

La justificación de los procedimientos radiológicos se debe reforzar con la introducción de la tecnología digital, ya que en caso contrario el número de procedimientos por paciente puede incrementarse sustancialmente. Un reciente estudio realizado en varios hospitales de Estados Unidos (Reiner, 2000) ha encontrado un incremento en el número de exá-

menes radiológicos de los pacientes ingresados del 82% (desde 0,265 hasta 0,483 exámenes por paciente y día), entre 1993 y 1996, en un centro con radiología digital, frente al incremento medio del 11% (en el mismo periodo de tiempo) como media nacional en Estados Unidos en los hospitales de veteranos con radiología no digital (película-cartulina). Para los pacientes ambulatorios, el número de procedimientos por visita aumentó en un 21% (desde 0,108 hasta 0,131 procedimientos por visita), frente a una disminución del 19% como media nacional.

Posibilidad de reducir el número de imágenes por exploración

Algunas experiencias en Europa (para estudios de columna lumbar) señalan que las dosis por imagen son similares a los valores de película-cartulina, pero sin embargo el número de imágenes por examen es menor, por lo que las dosis efectivas por procedimiento disminuyen en un 16% (Weatherburn, 1999).

Cambios en las técnicas radiológicas

Algunas técnicas radiológicas deberán ser reevaluadas en las nuevas tecnologías digitales. Un reciente estudio de Launders y colaboradores (Launders, 2001) ha demostrado que para un determinado sistema digital, la calidad de las imágenes de tórax puede ser suficiente

con una reducción de las dosis efectivas por procedimiento, trabajando en el rango de los 90 a los 110 kVp en vez del intervalo de 120-150 kVp habitualmente recomendado para sistemas de imagen de cartulina-película.

Información en las consolas sobre la dosis a los pacientes

La Food and Drug Administration (FDA, 2001) todavía no tiene datos globales de las dosis que representa la introducción de la tecnología digital en Estados Unidos, aunque está previsto iniciar un análisis para los estudios de tórax. Se ha mostrado la preocupación por algunos sistemas digitales que requieren valores de dosis relativamente altos y por la implantación de los programas de garantía de calidad en estos sistemas. Ya se ha planteado la posibilidad de que la dosis que se imparte a los pacientes se deba mostrar en la consola de operación de los equipos digitales para poderla comparar con los valores de referencia.

Entrenamiento del personal

Otro aspecto importante es el que se refiere al entrenamiento del personal que opera, dirige y controla los equipos. Los técnicos de radiodiagnóstico, los radiólogos y los especialistas en física médica deberían tener un entrenamiento exhaustivo en las modalidades digitales antes de su implantación en la práctica clínica. ☺

Referencias

- Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services. Center for Devices and Radiological Health. *Technical Electronic Product Radiation Safety. Standards Committee. 28th Meeting.* May, 2001.
- Launders J.H., Cowen A.R., Bury R.F., Hawkrigge P. *Towards image quality, beam energy and effective dose optimisation in digital thoracic radiography.* Eur Radiol. 2001;11(5):870-5.
- National Electrical Manufacturers' As-

sociation. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM).* Rosslyn, Va: NEMA, 1996; PS 3.1-1996-3.13-1996.

— Reiner B.J., Siegel E.L., Flagle C., Hooper F.J., Cox R.E., Scanlon M. *Effect of filmless imaging on the utilization of radiologic services.* Radiology. 2000 Apr;215(1):163-7.

— Smith J.J., Berlin L. *Picture archiving and communication systems (PACS) and the loss of patient examination records.*

AJR Am J Roentgenol. 2001 Jun;176(6):1381-4.

— Weatherburn G.C., Bryan S. *The effect of a picture archiving and communication system (PACS) on patient radiation doses for examination of the lateral lumbar spine.* Br J Radiol. 1999 Jun;72(858):534-45.

— Vañó E., Fernández J.M., Ten J.L., Guinotalde E., Pedrosa C. *Real-Time Measurement and Audit of Radiation Exposure to Patients in Computed Radiography.* Radiology, 217, 403-403 (2000).

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

En el presente artículo se pasa revista a aquellos aspectos del nuevo RPSRI que se pueden considerar más relevantes, bien porque implican modificaciones sustanciales con respecto al anterior reglamento o bien por

su trascendencia práctica. Asimismo se analizan los desarrollos adicionales necesarios para la implantación práctica del mismo en los instrumentos jurídicos previstos para facilitar su aplicación.

1. Introducción

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), que se aprobó mediante Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, viene a cerrar un ciclo de desarrollo normativo en materia de protección radiológica que tiene como hitos más relevantes:

— La aprobación, en 1990, de las Recomendaciones Básicas de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), recogidas en su publicación nº60.

— La aprobación, en 1996, de la Directiva 96/29 de Euratom, por la que se establecen, en el ámbito de la Unión Europea, las normas básicas de seguridad relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y la población contra los peligros que resultan de las radiaciones ionizantes.

El nuevo RPSRI transpone a la legislación española los preceptos de la Directiva 96/29 y supone una adaptación general de dicha legislación a las recomendaciones básicas de ICRP-60, de donde toma los siguientes elementos:

- Nuevos límites de dosis.
- Posibilidad de tener que rejustificar prácticas.
- Refuerzo del principio de optimización (restricciones de dosis).
- Distinción entre prácticas e intervenciones.
- Consideración de exposiciones potenciales.
- Exposición a fuentes naturales de radiación.
- Nuevas magnitudes radiológicas.

2. Estructura del nuevo RPSRI

El RPSRI comprende un total de 69 artículos, cuatro anexos técnicos, cinco disposiciones adicionales y tres disposiciones transitorias. Su articulado se organiza en un total de nueve títulos:

- Título I: Disposiciones generales.

— Título II: Justificación, optimización y limitación de dosis para prácticas.

— Título III: Dosis efectivas y equivalentes.

— Título IV: Principios fundamentales de protección operacional de los trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes para la ejecución de las prácticas.

— Título V: Protección radiológica de la población en circunstancias normales.

— Título VI: Intervenciones.

— Título VII: Fuentes naturales de radiación.

— Título VIII: Inspección.

— Título IX: Régimen sancionador.

3. Ambito de aplicación

Con respecto al anterior reglamento, el nuevo RPSRI amplía de forma significativa el conjunto de actividades que forman parte de su ámbito de aplicación, en el que ahora se incluyen:

- La explotación de minerales radiactivos.
- La producción, tratamiento, manipulación, utilización, posesión,

* J. Amor es coordinador técnico de Protección Radiológica de los Trabajadores. Servicios y Licencias en la Subdirección General de Protección Radiológica Operacional del CSN. M.J. Muñoz es jefa del Área de Protección Radiológica de los Trabajadores en la Subdirección General de Protección Radiológica Operacional del CSN.



► Figura 1. Movimiento de combustible en la central nuclear de Ascó.

almacenamiento, transporte y eliminación de sustancias radiactivas.

— La importación, exportación y movimiento intracomunitario de sustancias radiactivas.

— La operación de todo equipo eléctrico que emita radiaciones y que contenga componentes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.

— La comercialización de fuentes radiactivas y la asistencia técnica de equipos que incorporen sustancias radiactivas o sean productores de radiaciones ionizantes.

— Las actividades laborales que supongan una exposición significativa de los trabajadores o del público a fuentes de radiación natural (se excluye el radón en viviendas).

— Las intervenciones, tanto en caso de situaciones de emergencia radiológica, como en situaciones de exposición prolongada a consecuencia de los efectos secundarios de emergencias radiológicas o de prácticas acaecidas en el pasado.

— Cualquier otra práctica que la autoridad competente por la razón de la materia, previo informe del CSN, considere oportuno definir.

4. Principios generales

El RPSRI reafirma los principios generales de protección radiológica (justificación, optimización y limitación) que ya se habían recogido en el anterior reglamento, pero incorpora tres importantes novedades con respecto a su formulación previa:

— Contempla la posibilidad de que algunas prácticas puedan ser revisadas desde el punto de vista de su justificación, siempre que surjan nuevas e importantes evidencias sobre su eficiencia o consecuencias. Hay que destacar que esta temática se aborda de forma no prescriptiva (“el CSN podrá proponer la revisión...”) y de forma prudente, en cuanto a que la rejustificación aplica a un tipo genérico de prácticas y no a cada práctica individualmente.

— Refuerza la aplicación del principio de optimización requiriendo que se mantengan en el nivel más bajo que sea razonablemente posible no sólo las dosis individuales, sino también el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales. Todo ello teniendo en cuenta, por vez primera en nuestra legisla-

ción, los factores económicos y sociales.

— Recoge el concepto de “restricción de dosis” (dose constraint), que se había introducido en ICRP-60 a modo de factor limitante en el proceso de optimización.

5. Nuevos límites de dosis

En nuevo RPSRI, de acuerdo con la directiva de la que procede, se adapta a los límites de dosis que se establecían en ICRP-60 y, en consecuencia:

— En el caso de los trabajadores expuestos, establece un límite de dosis efectiva de 100 mSv en cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

— En el caso de los miembros del público, establece un límite de dosis efectiva de 1 mSv por año oficial, permitiendo que, en circunstancias especiales, el CSN pueda autorizar un valor de la dosis efectiva más elevado en un único año oficial, siempre que el valor promedio en cinco años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año oficial.

Con respecto al anterior reglamento no hay variación en el valor numérico de los límites anuales de dosis a la piel (500 mSv para trabajadores expuestos, 50 mSv para miembros del público), que ahora se refieren al año oficial. Se establece no obstante que dichos límites aplican a la dosis promediada sobre 1 cm², independientemente de la zona expuesta, en lugar de los 100 cm² que se establecían en el anterior reglamento. Por otra parte, desaparecen los límites de dosis a cualquier otro órgano o tejido considerado individualmente.

6. Protección especial durante el embarazo y la lactancia

En este apartado también existen importantes novedades con respecto al anterior reglamento, que establecía un límite de 10 mSv para la dosis a recibir por el feto desde el momento de la detección del embarazo.

El nuevo RPSRI establece que, tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, sus condiciones de trabajo deben ser tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado al final del embarazo.

El nuevo RPSRI no establece, a diferencia del anterior reglamento, un límite adicional para la dosis del abdomen de mujeres en edad fértil.

7. Exposiciones especiales autorizadas

El nuevo RPSRI mantiene la filosofía de permitir, en circunstancias excepcionales, excluidas las emergencias radiológicas, la realización de operaciones en las que se puedan exceder los límites de dosis (exposición especialmente autorizada), pero se establecen requisitos más exigentes que antes:

- Dichas exposiciones requieren autorización específica del CSN, que establecerá en cada caso concreto los niveles máximos de exposición aplicables.

- El titular de la práctica debe justificar cuidadosamente, y con antelación, dichas exposiciones y discutir las con los trabajadores involucrados, sus representantes, los servicios de prevención y los servicios de protección radiológica.

- La participación de trabajadores en dichas operaciones tendrá carácter voluntario.

8. Clasificación de zonas

El nuevo RPSRI mantiene la clasificación de zonas como elemento básico de la prevención de la exposición de los trabajadores expuestos, pero dicha clasificación no sólo se realiza según la probabilidad de exceder determinadas dosis (como en el anterior reglamento), sino también teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de exposiciones potenciales y la posibilidad de dispersión de la contaminación radiactiva:

- Zona controlada es aquella zona en que existe posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o dosis equivalentes superiores a 3/10 de los límites aplicables a cristalino, piel o extremidades.

- Zona controlada es aquella zona en que sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación, prevenir la probabilidad de accidentes radiológicos o limitar las consecuencias de los mismos.

- Zona vigilada es aquella, no clasificada como controlada, en la que existe posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o dosis equivalentes superiores a 1/10 de los límites aplicables a cristalino, piel o extremidades.

Asimismo, el RPSRI establece una subdivisión adicional de zonas controladas, distinguiendo entre:

- Zona de permanencia limitada, que es aquella en la que se podrían exceder los límites de dosis, en caso de permanencia continuada en la misma.

- Zona de permanencia reglamentada, que es aquella en que se podrían exceder los límites de dosis en caso de permanecer en la misma cortos periodos de tiempo.

- Zona de permanencia prohibida, que es aquella en que se podrían exceder los límites de dosis en una única exposición.

9. Clasificación de trabajadores expuestos

A pesar de que ICRP-60 se había pronunciado en contra de establecer dos categorías de trabajadores expuestos, la Directiva 96/29 optó por mantener dicha clasificación, la cual, por tanto, aparece en el nuevo RPSRI y, a tal respecto, establece que aquellos trabajadores expuestos que pudieran recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv/a deben quedar clasificados como de categoría A, y quedarían incluidos en la categoría B el resto de los trabajadores expuestos.

10. Servicios y unidades técnicas de protección radiológica

El nuevo RPSRI sigue capacitando al CSN para requerir a los titulares de las prácticas cuya relevancia radiológica así lo aconseje, que se doten de un servicio de protección radiológica (SPR) o de una unidad técnica de protección radiológica (UTPR) para encomendarles las funciones de protección radiológica que recaen en dichos titulares. Como aspectos distintivos con respecto al anterior reglamento hay que indicar que:

- Se introduce la figura del "técnico experto en protección radiológica" para designar a las personas que forman parte del SPR o UTPR, junto con el responsable de la misma.

- Se requiere que el SPR y la UTPR coordinen sus actuaciones con los servicios de prevención establecidos en la legislación laboral.

- Se desarrollan en detalle las funciones y responsabilidades del jefe del SPR o UTPR, con enfoque similar al que se establece en los diplomas expedidos por el CSN.

11. Sistemática aplicable a la dosimetría de área

El nuevo RPSRI mantiene la política de permitir que la dosimetría de los trabajadores expuestos de categoría B se pueda llevar a cabo por medio de una dosimetría de área, pero impone requisitos adicionales a los que se recogían en el anterior reglamento:

- Los sistemas de detección y medida utilizados para la dosimetría de área deberán permitir demostrar que los trabajadores están adecuadamente clasificados en la categoría B.

- La sistemática para el uso de los dosímetros o instrumentos utilizados para la dosimetría de área y el procedimiento de asignación de dosis asociado deberá incluirse en un protocolo escrito, sujeto a la evaluación e inspección del CSN.

12. Registro de las dosis.

Historial dosimétrico

La sistemática para el cómputo de dosis que se establece en el nuevo RPSRI hace necesario modificar los requisitos de registro y archivo de las dosis ocupacionales que se establecían en el anterior reglamento; así, en relación con el historial dosimétrico, se establece que:

— Para trabajadores de categoría A se registrarán las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada oficial y las dosis acumuladas en cada periodo de 5 años oficiales consecutivos.

— Para trabajadores de categoría B basta con registrar las dosis anuales determinadas o estimadas.

Los historiales dosimétricos y datos asociados deberán mantenerse hasta que el trabajador haya o hubiera alcanzado los 75 años y nunca por un periodo inferior a treinta años, contados a partir de la fecha de cese del trabajador en aquellas actividades que supusieran su clasificación como trabajador expuesto; en el reglamento anterior únicamente se mencionaba un periodo mínimo de 30 años desde el cese en tales actividades.

Adicionalmente el nuevo RPSRI requiere que el titular facilite dichos historiales al CSN y, en función de sus competencias, a las administraciones públicas, en los supuestos previstos en las leyes, y a los juzgados y tribunales que lo soliciten.

13. Vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos

El nuevo RPSRI establece, como principio general, que la vigilancia médica de los trabajadores expuestos se basará en los principios generales de medicina del trabajo y en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 (artículo 39).

El nuevo RPSRI ya no contempla la figura del servicio médico especializado (SME), cuyas competencias y responsabilidades pasan al "servicio de prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud". De igual forma, el RPSRI tampoco hace referencia a la



► Figura 2. Equipo radiológico de uso médico.

Guía de Seguridad 7.4 del CSN, en la que se establecen los criterios aplicables a la vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos.

Todos los requisitos que se establecen en relación con dicha vigilancia sanitaria (examen previo, examen periódico, aptitud médica, historial médico) aplican exclusivamente a los trabajadores de categoría A, cuando en el anterior reglamento también aplicaban a los trabajadores de categoría B.

14. Evacuación de sustancias radiactivas al medio ambiente

El nuevo RPSRI desarrolla, con mayor profundidad que en el anterior reglamento, todos los aspectos relacionados con la evacuación de sustancias radiactivas al medio ambiente, estableciendo que:

— La evacuación de efluentes y de residuos radiactivos sólidos al ambiente requiere de autorización expresa del Ministerio de Economía, previo informe del CSN, y deberá ajustarse a límites y condiciones que se definan en dicha autorización.

— El titular de cada práctica debe realizar, con periodicidad anual, una estimación lo más realista posible de las dosis recibidas, tanto por la población en su conjunto como por los grupos de referencia de la misma.

15. Intervenciones

El nuevo RPSRI, al igual que la directiva de origen, se adapta a las recomendaciones de ICRP-60 en lo relativo a considerar de forma separada la protección radiológica en prácticas e intervenciones, concepto este último que engloba a las medidas destinadas a reducir la exposición en situaciones de emergencia radiológica o en situaciones de contaminación residual que tienen su origen en prácticas o emergencias acaecidas en el pasado (exposiciones perdurables). El RPSRI establece los principios aplicables:

— Justificación: la reducción del detrimento a la salud debe ser suficiente para justificar los efectos nocivos y los costes de la intervención, incluyendo los costes sociales.

— Optimización: la forma, magnitud y duración de la intervención deberán optimizarse de forma que sea máximo el beneficio correspondiente a la reducción del detrimento de la salud, una vez deducido el perjuicio asociado a la intervención.

— Límites de dosis: no aplican en caso de intervención, aunque en caso de exposición perdurable sí serán de aplicación al personal de intervención los límites de dosis establecidos para los trabajadores expuestos.

En relación con este último punto, el RPSRI recoge que el CSN establecerá los niveles de exposición

de emergencia, teniendo en cuenta tanto las necesidades técnicas como los riesgos para la salud, aunque precisa que:

— En casos excepcionales podrán admitirse exposiciones por encima de los niveles que se establezcan —por ejemplo para salvar vidas humanas—, y solamente a cargo de personal voluntario, adecuadamente informado de los riesgos de su intervención.

— El personal que participe en una intervención en caso de emergencia radiológica deberá someterse a control dosimétrico y vigilancia sanitaria especial.

16. Exposición a fuentes naturales de radiación

En consonancia con ICRP-60, el nuevo RPSRI incluye en su ámbito de aplicación aquellas actividades laborales que implican una exposición significativa a fuentes de radiación natural, pero no sólo bajo la perspectiva de la exposición ocupacional, que era lo que se establecía en ICRP-60, ya que, al igual que en la directiva, también se contempla la exposición del público a consecuencia de estas actividades. El RPSRI aborda esta temática de una forma prudente, estableciendo que:

— Las autoridades competentes pertinentes al caso (con el asesoramiento del CSN) requerirán a los titulares de las actividades laborales involucradas la realización de los estudios que sean necesarios para determinar si existe un incremento significativo de la exposición de trabajadores o del público.

— Las autoridades competentes remitirán al CSN los resultados de los estudios realizados, y éste, a la vista de los mismos, identificará aquellas actividades laborales que deben ser objeto de especial atención y estar sometidas a control, y decidirá sobre las medidas de protección radiológica aplicables (vigilancia radiológica, acciones correctoras, etcétera). Tales medidas deberán ser comunicadas a la autoridad competente involucrada para

que exija su aplicación al titular de la actividad laboral.

El RPSRI incluye algunos ejemplos ilustrativos de situaciones a las que les podrían resultar aplicables estas disposiciones, como son:

— Actividades laborales que implican la exposición de trabajadores o del público a los descendientes del radón (cuevas, minas, establecimientos termales, etcétera).

— Actividades laborales que implican el almacenamiento o manipulación de materiales no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales.

— Actividades laborales que generan residuos no considerados habitualmente como radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales.

— Actividades laborales que impliquen la exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves.

El RPSRI dedica una especial atención a la problemática de la exposición a la radiación cósmica de las tripulaciones de aviones, definiendo una serie de medidas aplicables al personal que pudiera recibir dosis superiores a 1 mSv/a como consecuencia de dicha actividad laboral. Tales medidas contemplan:

— La evaluación de la exposición del personal implicado.

— La organización de los planes de trabajo, a fin de reducir la exposición del personal de tripulación más expuesto.

— La información a los trabajadores implicados sobre los riesgos radiológicos asociados a su trabajo.

— La aplicación al personal femenino de las disposiciones generales relativas a la protección durante el embarazo y lactancia.

17. Régimen de inspección

El nuevo RPSRI establece que todas las prácticas, actividades y entidades que forman parte de su ámbito de aplicación quedan sometidas a un régimen de inspección, a

realizar por el CSN, desde el punto de vista de la protección contra radiaciones ionizantes.

También establece que quedan sometida al régimen de inspección del CSN los servicios o unidades técnicas de protección radiológica y los servicios de dosimetría personal, con el objeto de comprobar que se mantienen las condiciones en que fueron autorizados y que sus actuaciones son adecuadas.

El RPSRI sigue facultando a los inspectores del CSN para realizar la suspensión inmediata de las prácticas que, realizándose sin observar las disposiciones del mismo, impliquen a su juicio manifiesto peligro para las personas o el medio ambiente.

18. Estimación de dosis por exposición externa

En lo relativo a las magnitudes operacionales utilizadas para la caracterización de los campos de radiación externa, el nuevo RPSRI incorpora las magnitudes radiológicas de ICRP-60:

— Dosis equivalente ambiental: $H^*(d)$.

— Dosis equivalente direccional: $H'(d, \Omega)$.

Dosis equivalente personal: $H_p(d)$.

En principio, la incorporación de estas nuevas magnitudes operacionales debería tener importantes implicaciones prácticas, puesto que inciden de lleno en la sistemática utilizada para la calibración de los dosímetros utilizados por los trabajadores expuestos. Sin embargo, eso no va a suceder ya que, en nuestro país, desde finales de los ochenta, la calibración de los dosímetros utilizados para la determinación de las dosis externas se lleva a cabo con arreglo a dichas magnitudes radiológicas.

19. Estimación de dosis por exposición interna

En el anterior reglamento la problemática de la estimación de las dosis internas se abordaba median-

te la definición de límites de incorporación anual (LIA), cuyos valores se establecían, isótopo por isótopo, tanto para trabajadores expuestos como para miembros del público. Adicionalmente, en el caso de los trabajadores expuestos, también se establecían los valores correspondientes de los límites de concentración derivada en aire (LCDA).

En el nuevo RPSRI ya no se contemplan límites secundarios, como son los LIA, ni límites derivados, como son los LCDA; la problemática de las dosis internas se aborda directamente en términos de límites básicos o de dosis. Para ello, se establecen valores, isótopo por isótopo, para la dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación, tanto para trabajadores profesionalmente expuestos como para miembros del público; dichos valores contemplan en ambos casos las vías de inhalación e ingestión.

Es importante señalar que, en el caso de los miembros del público, en el establecimiento de dichos valores se consideran individuos-tipo representativos de cinco grupos de edad; este planteamiento supone una importante novedad con respecto a las anteriores normas básicas, que contemplaban un único valor del LIA para cada isótopo, sin entrar en matizaciones sobre su aplicabilidad a todo el espectro de edades del público (desde bebés a adultos).

20. Disposiciones adicionales y transitorias

El nuevo RPSRI incluye cinco disposiciones adicionales y tres transitorias, entre las que cabe destacar las que hacen referencia a:

— La aplicabilidad de las normas y disposiciones contenidas en la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales, la Ley 25/64 sobre Energía Nuclear, la Ley 15/80 por la que se crea el Consejo de Seguridad Nuclear, el Real Decreto 1836/99 por el que se aprueba el Reglamento sobre Ins-

talaciones Nucleares y Radiactivas, y el Real Decreto 1891/99 por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalación y Utilización de Aparatos de Rayos X con Fines de Diagnóstico Médico. El Real Decreto 413/97 sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

— La aplicabilidad específica de la Ley 15/99 sobre Protección de Datos de Carácter Personal a la información contenida en los historiales médico y dosimétrico.

— La validez de las autorizaciones que, exigidas al amparo del RPSRI, se encuentren vigentes a la entrada en vigor del mismo.

— La vigencia de las autorizaciones concedidas a los servicios médicos especializados autorizados al amparo del anterior reglamento y la finalización de los trámites de autorización iniciados con anterioridad al nuevo.

— Los plazos para la plena entrada en vigor de las disposiciones del nuevo RPSRI: límites de dosis, 1 de enero de 2002; sistemática de estimación de dosis, 6 meses; clasificación de zonas y trabajadores, 6 meses; y adaptación de los documentos oficiales de licencia, 6 meses.

21. Aplicación del nuevo reglamento. Desarrollos adicionales

La publicación del RPSRI, si bien culmina el proceso legal de transposición de la directiva, no agota las necesidades de desarrollo normativo y orientaciones adicionales. En efecto, la diversidad de situaciones reguladas y la propia naturaleza del reglamento hacen necesaria la consideración genérica de ciertos requisitos, cuya aplicación práctica requiere desarrollos adicionales que garanticen su adecuado cumplimiento.

Las condiciones de protección durante el embarazo, la estimación de dosis a la población y la protec-

ción frente a la radiación natural, entre otros, son temas que necesitan orientación y desarrollo.

Consciente de dicha necesidad, el legislador, en la disposición final segunda del Real Decreto por el que se aprueba el reglamento, faculta expresamente al Consejo de Seguridad Nuclear para dictar instrucciones, circulares y guías o normas técnicas para facilitar la aplicación del mismo.

Estos instrumentos jurídicos que se recogen en el artículo 2º de la Ley de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, en la redacción dada por la Ley 14/1999 de 4 de mayo, han sido desarrollados por el Consejo a fin de definir sus términos.

Así, mediante las instrucciones del Consejo pueden emitirse disposiciones generales de carácter vinculante; mediante las instrucciones técnicas e instrucciones técnicas complementarias, también de carácter vinculante, pueden emitirse disposiciones relacionadas con la capacidad inspectora y de control, orientadas al adecuado cumplimiento de las autorizaciones; las guías, instrumentos recomendatorios bien conocidos y ampliamente desarrollados, tienen como finalidad lograr el mejor cumplimiento de los preceptos reglamentarios; finalmente, las circulares informativas se articulan como instrumentos destinados a transmitir mensajes de contenido preventivo o ilustrativo.

Puede concluirse, por tanto, que con la publicación del RPSRI, además de dar cumplimiento a un requisito comunitario, se sigue avanzando en el desarrollo y mejora de la protección radiológica del país, y que la implantación práctica del mismo se verá facilitada mediante los instrumentos jurídicos de que puede hacer uso el Consejo de Seguridad Nuclear para emitir las orientaciones, recomendaciones o instrucciones específicas que se estimen necesarias. ☞

Manuel Rodríguez y Sofía Suárez*

Protección radiológica en las instalaciones de gammagrafía industrial

La experiencia de operación ha puesto de manifiesto que el sector de la gammagrafía móvil es el que presenta, no sólo las dosis medias individuales más elevadas, sino también el mayor número de dosis elevadas, sobredosis e incidentes. Este hecho evidencia la

necesidad de una mejora en la optimización de la protección radiológica en este sector. En este sentido, el Consejo de Seguridad Nuclear ha aprobado y puesto en práctica un plan de actuación encaminado a reducir las dosis del personal de operación.

1. Introducción

En España existen alrededor de 130 instalaciones de radiografía industrial. Aquí se incluyen instalaciones que usan equipos de rayos X, aceleradores lineales o gammágrafos. Estos últimos pueden ser utilizados en recintos cerrados fijos que han sido diseñados y blindados para esa finalidad, o bien, en emplazamientos abiertos adonde son trasladados cada vez que se requiera llevar a cabo una radiografía a pie de obra.

En la figura 2 puede observarse el porcentaje de equipos de gammagrafía frente a equipos de rayos X o aceleradores. Estos equipos de gammagrafía están distribuidos en un total de 55 instalaciones autorizadas para su uso. Estas instalaciones son muy diferentes en cuanto a su tamaño y organización, varian-

do desde la mayor que tiene nueve delegaciones, unos 68 gammágrafos y unos 85 trabajadores expuestos, hasta aquellas que sólo disponen de uno o dos equipos y uno o dos trabajadores expuestos. La figura 3 representa la distribución de instalaciones en función del número de equipos.

Los gammágrafos llevan incorporada una fuente radiactiva encapsulada. El radionucleido más utilizado es el iridio-192, con una actividad máxima de 5 TBq (135 Ci), aunque generalmente no se utiliza una actividad superior a los 3 TBq (80 Ci). El cobalto-60 es usado fundamentalmente en el interior de recintos blindados. En los últimos años también se han empezado a utilizar otros isótopos como el iterbio-169 y más recientemente el selenio-75.

Los gammágrafos consisten en un contenedor blindado, normalmente de uranio empobrecido, en el interior del cual se aloja la

fente radiactiva unida a un portafuentes. Para la realización de gammagrafías, el portafuentes y la fuente son proyectados al exterior del contenedor mediante un dispositivo mecánico (telemando). Para proyectar la fuente se conectan manualmente el extremo anterior del cable del telemando y el extremo posterior del portafuentes.

El telemando puede ser controlado desde 7 a 10 metros de distancia, y permite desplazar la fuente, por un tubo flexible, desde el interior del contenedor hasta la zona puntual a radiografiar, donde normalmente es colocado un colimador para reducir las dosis de radiación al operador.

El gammágrafo con la fuente radiactiva en su interior constituye un bulto de transporte, generalmente de tipo B(U), debiendo, en este caso, de disponer de su correspondiente certificado de aprobación de modelo de bulto.

* M. Rodríguez es subdirector general de Protección Radiológica Operacional del CSN. S. Suárez es jefa del Área de Instalaciones Radiactivas Industriales del CSN.

2. Características de las instalaciones de gammagrafía

Históricamente, las instalaciones que utilizan equipos de gammagrafía móvil son las que presentan mayores dificultades desde el punto de vista de la protección radiológica, debido, probablemente, a las circunstancias particulares que la realización de esta actividad conlleva y las cuales vamos a analizar a continuación.

Muchas de las operaciones de gammagrafía con equipos móviles son llevadas a cabo a pie de obra, en emplazamientos abiertos donde no se dispone de adecuados blindajes que permitan al operador protegerse de la radiación. Esta circunstancia se agrava si tenemos en cuenta que en gammagrafía industrial se utilizan, como ya hemos mencionado anteriormente, fuentes radiactivas con una actividad significativa.

La protección radiológica en este tipo de operaciones va a depender, en gran medida, de la adecuada actuación del operador. La principal barrera de protección será la correcta aplicación de los procedimientos, por lo que, para esta actividad, es de especial importancia la formación del personal de operación, así como, la disponibilidad de detallados procedimientos de actuación tanto en operación normal como de emergencia.

Por otra parte, la realización de gammagrafías a pie de obra presenta una mayor dificultad de control de las actuaciones del operador por parte del supervisor y del CSN.

Hay que tener en cuenta, también, que el sector de la gammagrafía industrial es un sector muy competitivo donde en muchas ocasiones se ejerce una gran presión desde la empresa cliente al titular de la empresa de gammagrafía y de éste al operador, con el objetivo de que el trabajo se haga en el menor tiempo posible. Asimismo, y con el fin de evitar interferencias con la actividad normal de las instalacio-



Figura 1. Equipo de gammagrafía industrial.

nes en las que se van a realizar las gammagrafías, es frecuente que éstas se realicen en horario nocturno y no siempre con condiciones adecuadas de iluminación. Finalmente, las zonas específicas a radiografiar frecuentemente se encuentran en zonas de difícil acceso y complejas condiciones de trabajo.

Obviamente, la rapidez y la seguridad en muchos casos pueden ser incompatibles. Así, la presión ejercida sobre el operador puede provocar una insuficiente planificación del trabajo y de los aspectos de protección radiológica, y en consecuencia, una incorrecta aplicación de los procedimientos de actuación, máxime cuando además se producen condiciones de trabajo

poco favorables, como las que se han mencionado. El principio ALARA (dosis tan baja como sea razonablemente posible) es a menudo olvidado en estas actividades.

La experiencia de operación ha puesto en evidencia que el sector de la gammagrafía industrial es el que presenta no sólo las dosis medias individuales más elevadas de todos los trabajadores expuestos a nivel nacional, sino también el mayor número de dosis elevadas (superiores a 10 mSv/año), sobredosis y accidentes.

Todo esto pone de manifiesto la necesidad de una mejora en la optimización de la protección radiológica en este sector, aspecto éste que desde hace tiempo preocupa al CSN

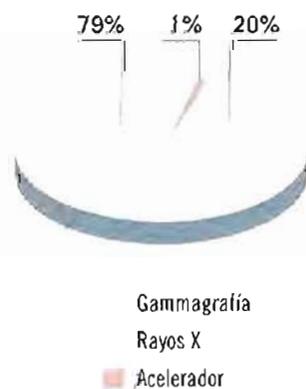


Figura 2. Distribución de instalaciones de radiografía industrial.



Figura 3. Instalaciones de gammagrafía por número de gammágrafos.

y en el que viene trabajando durante años con los planes de actuación que a continuación se exponen.

3. Primer plan para la mejora de la protección radiológica

En 1993, el CSN puso en marcha el primer plan para la mejora de las condiciones de la protección radiológica en las actividades de radiografía industrial.

Tres fueron las acciones que se llevaron a cabo:

- Envío a todas las instalaciones de radiografía industrial de instrucciones técnicas de obligado cumplimiento y de recomendaciones encaminadas a mejorar la seguridad y la protección radiológica en la realización de las operaciones de radiografiado.

- Realización de un programa de auditorías a las principales instalaciones de gammagrafía industrial. El programa fue aplicado a las 15 principales instalaciones, las cuales disponían de un número significativo de equipos y de delegaciones en distintas localizaciones del territorio nacional.

- Análisis del programa de revisiones periódicas de los equipos de gammagrafía y de sus accesorios, con el objetivo de definir el alcance mínimo de las mismas.

Como consecuencia de las acciones adoptadas se puso de manifiesto una mejora significativa en los procedimientos escritos de la mayoría de las instalaciones de gammagrafía, así como en el equipamiento de protección radiológica y en el mantenimiento de los equipos y sus accesorios.

No obstante, los resultados del programa de auditorías evidenciaron deficiencias en la formación del personal de operación, en la puesta en práctica de los procedimientos de operación, así como en otros aspectos de protección radiológica, que indicaron la necesidad de adoptar por parte del CSN, las siguientes nuevas acciones:

- Elaboración de una guía sobre seguridad y protección radiológica

en las instalaciones de gammagrafía industrial (GS-5.14, publicada en octubre de 1998), con los siguientes objetivos: informar sobre los mínimos requerimientos de diseño y protección radiológica de estas instalaciones, establecer criterios claros para la elaboración de los procedimientos de operación y de emergencia, y resaltar la importancia de la aplicación del principio ALARA.

- Definición de cursos específicos para la cualificación de los supervisores y operadores. Los requisitos básicos mínimos de estos cursos han sido incluidos en la guía del CSN GS-5.12, publicada en marzo de 1998.

- Revisión de los procedimientos de evaluación del CSN, así como focalización del control de las instalaciones hacia la aplicación en las mismas del principio ALARA.

4. Evolución de la dosimetría en la actividad de gammagrafía

Con objeto de conocer la influencia de las mejoras de protección radiológica conseguidas en estas instalaciones en relación a las dosis anuales de los trabajadores expuestos, se ha llevado a cabo un análisis de la evolución de las mismas durante los años 1995 al 2000, ambos inclusive.

En el estudio se han tenido en cuenta las dosis anuales recibidas por los trabajadores expuestos de las nueve empresas de gammagrafía móvil que, por el número de trabajadores, se han considerado representativas de este sector. Se han despreciado los valores de dosis anuales inferiores a 2 mSv, estimándose así que el análisis efectuado no se ve afectado por otro tipo de actividades que desarrollan algunas de estas empresas y que suelen suponer valores de dosis anuales en ese rango, tales como la medida de densidad y humedad de suelos.

Los datos se han distribuido considerando los siguientes inter-

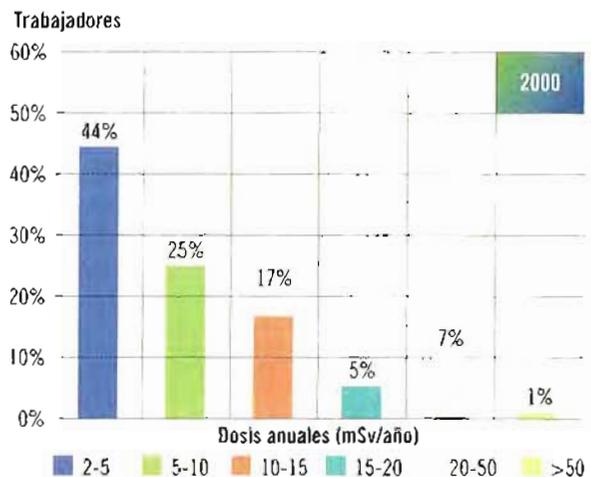
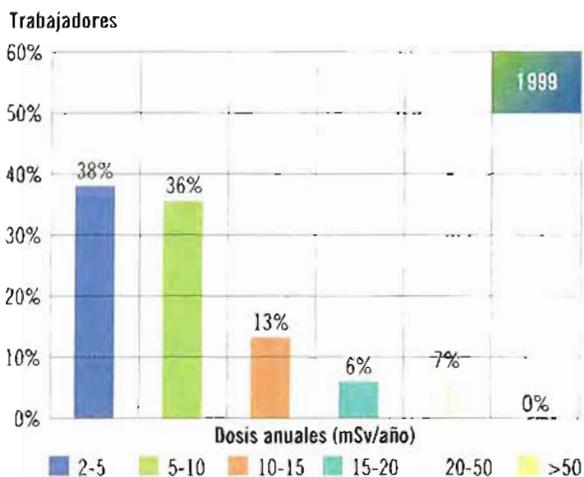
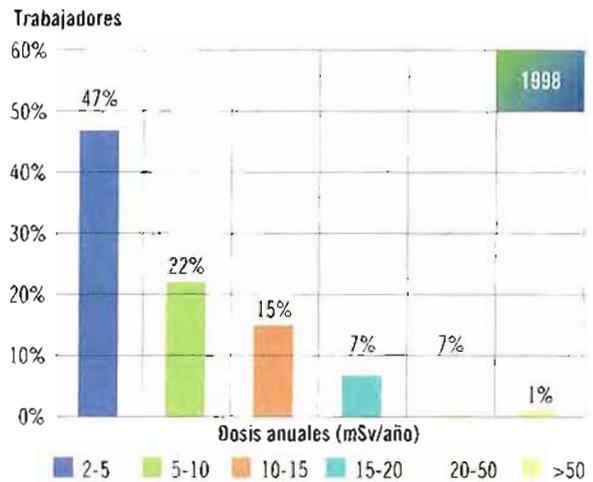
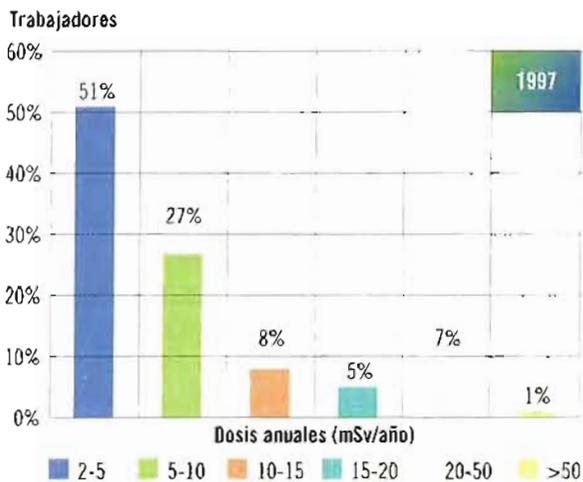
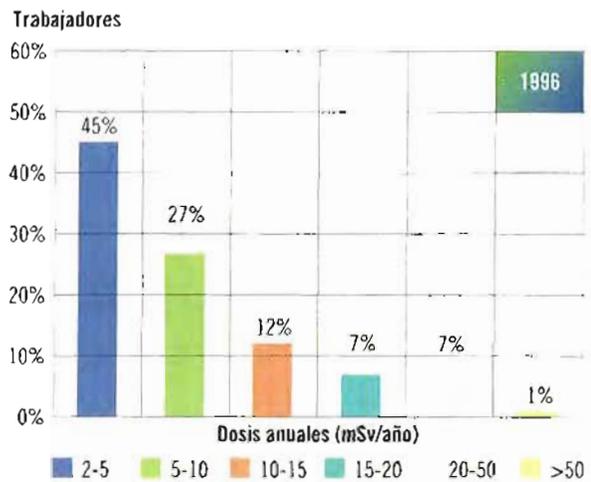
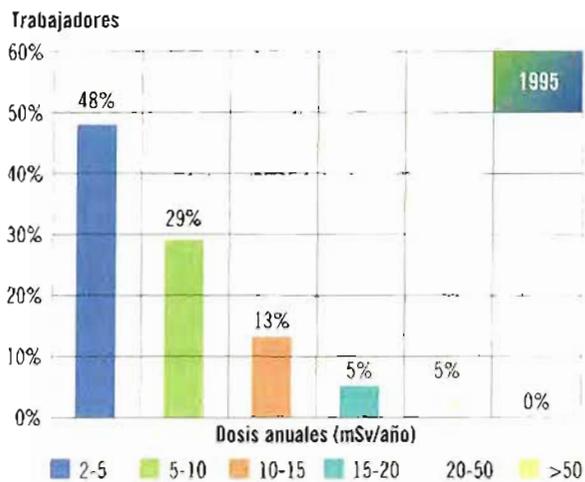
valos de dosis anuales, en mSv: 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-50, y más de 50.

Como se observa en las figuras 4 a 9, el porcentaje de trabajadores que superaron el valor de dosis de 10 mSv/año fue del 23% durante el año 1995, del 27% durante el año 1996, del 21% durante el año 1997, del 30% durante el año 1998, del 26% durante el año 1999 y del 30% durante el año 2000.

Es decir, que, pese a los esfuerzos efectuados durante estos años en lo concerniente a una mejor dotación de medios de protección radiológica de que disponen los operadores, a la mejora de los documentos reglamento de funcionamiento y al plan de emergencia de las instalaciones radiactivas, el porcentaje de trabajadores con dosis superiores a 10 mSv/año no sólo no ha disminuido, sino que han experimentado una pequeña tendencia al alza. También se ha mantenido sin cambios significativos el porcentaje de trabajadores con valores de dosis anuales superiores a los límites establecidos en la reglamentación.

La nueva edición del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, puesta en vigor recientemente, establece una limitación de dosis más restrictiva que el anterior reglamento: "El límite de dosis efectiva para trabajadores expuestos será de 100 mSv durante un período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial". Para el cumplimiento de estos nuevos límites, como media no deben superarse los 20 mSv/año.

Si analizamos las gráficas anteriores podemos observar que en el año 1995 un 5% de los trabajadores superaron los 20 mSv/año, mientras que en los años 1996, 1997, 1998 y 2000 se elevó a un 8%, disminuyendo de forma no significativa en el año 1999 a un 7%. Es decir, no hay cambios significativos en el porcentaje de trabajadores



► Figuras 4 a 9. Evolución de la dosimetría de los trabajadores expuestos en la actividad de gammagrafía industrial.

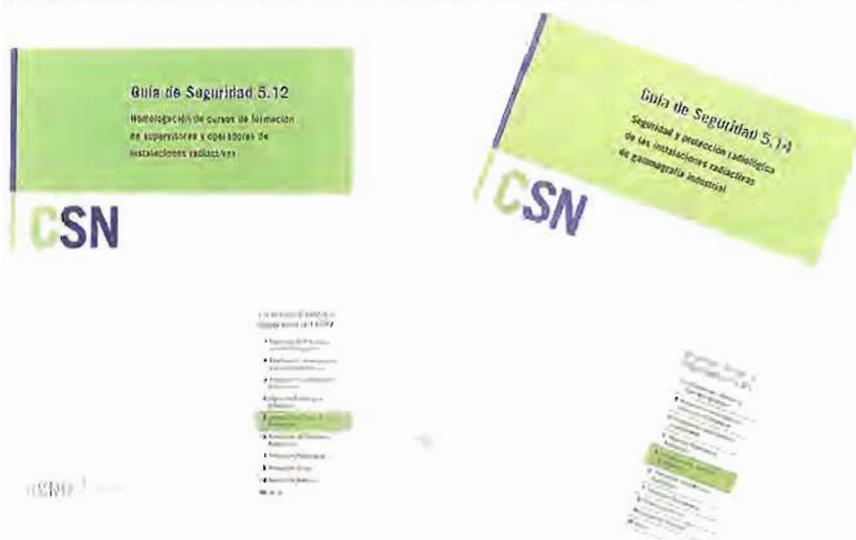
que en la actualidad superarían los límites establecidos.

A fin de analizar cómo varía la distribución de datos dosimétricos de los trabajadores expuestos en las distintas empresas, se han agrupado éstas en tres grupos en fun-

ción del número de trabajadores de que disponen, observándose que las empresas con un número de trabajadores menor de 20 o aquellas que, a pesar de superar esa cifra, disponen de una organización de protección radiológica muy estruc-

turada, reciben mayoritariamente dosis inferiores a 10 mSv/año, sin que aparezcan dosis superiores a 20 mSv/año.

De lo anteriormente expuesto se deduce que los nuevos límites de dosis son perfectamente asumibles



► Figura 10. Guías de Seguridad 5.12 y 5.14 publicadas por el CSN.

por el campo de la gammagrafía móvil, pero que requerirán grandes esfuerzos por parte de las empresas y sus trabajadores en la implementación de una cultura de seguridad que encamine todas las acciones del titular y del personal implicado hacia una reducción progresiva de las dosis.

5. Segundo plan para la mejora de la protección radiológica

El análisis de la evolución de la dosimetría de los trabajadores profesionalmente expuestos de la actividad gammagrafía móvil ha puesto de manifiesto que en este sector el principio ALARA no se encuentra suficientemente implantado en los objetivos de las empresas ni de los trabajadores, y que, en consecuencia, es necesario seguir trabajando para conseguir una reducción de las dosis del personal de operación.

En este sentido, se ha establecido un segundo plan de acción, el cual fue aprobado por el CSN el 31 de mayo de 2001.

Los elementos utilizados en este segundo plan son los siguientes:

- Enviar a todas las instalaciones de gammagrafía unas instrucciones técnicas complementarias (ITC), acogiéndose a la posibilidad establecida en el artículo 6.4 del Reglamento de Instalaciones Nu-

cleares y Radiactivas. El objetivo fundamental de estas instrucciones complementarias es aumentar el compromiso de los titulares con el principio ALARA.

- Incrementar las actuaciones de control del CSN y las acciones coercitivas en caso de incumplimiento.

- Informar a los titulares sobre las lecciones aprendidas en los sucesos que ocurran en las instalaciones radiactivas y sobre prácticas internacionales.

- Establecer una vía de colaboración entre el CSN y el sector de la gammagrafía.

Las acciones contenidas en cada uno de estos apartados son las que se exponen a continuación.

5.1. Instrucciones técnicas complementarias

Estas ITC han sido enviadas a todas las instalaciones radiactivas que tienen autorización para el uso de gammágrafos y en ellas se le requiere al titular de las mismas, una serie de actuaciones.

En primer lugar, se requiere la elaboración de un *programa de inspecciones* con el objetivo de comprobar que las actuaciones de los operadores en la realización de su trabajo, se llevan a cabo de acuerdo a las condiciones de la autorización y a los procedimientos aprobados. Este programa deberá incluir:

- La observación, por parte del supervisor, de las operaciones de gammagrafía de cada operador, al menos cada seis meses.

- La vigilancia, por parte del supervisor, de la primera actuación de los operadores nuevos y de la de aquellos que lleven más de tres meses de inactividad.

- Un registro de las inspecciones llevadas a cabo por los supervisores.

En segundo lugar, las instrucciones requieren el desarrollo de una *planificación de tareas* con el objeto de optimizar las dosis de los operadores y que incluya los siguientes aspectos:

- Estimación de la dosis esperada por persona, para cada tipo de trabajo a realizar (tuberías, gasoductos, esferas, etcétera). Para establecer este valor de dosis se tendrá en cuenta la experiencia de operación.

- Evaluación del número necesario de operadores, el número de radiografías por operador, tiempo de trabajo, actividad de la fuente, etcétera, en función de las tareas.

- Una vez realizada la tarea, comparación de la dosis recibida por el operador en el dosímetro de lectura directa (DLD) con la dosis esperada.

- Evaluación de las desviaciones para establecer las medidas correctoras necesarias.

- Registro de las dosis recibidas por los operadores y de las acciones correctoras.

En tercer lugar, se requiere la elaboración de un *programa de formación continua* del personal de operación, orientado a la mejor aplicación de los procedimientos operacionales y de emergencia así como del principio ALARA, que incluirá:

- Cursos de formación impartidos al menos cada dos años, que podrán ser impartidos por un supervisor con experiencia.

- Registro de los cursos realizados.

- Acreditación de los cursos realizados para la renovación de la licencia de operación.

En cuarto y quinto lugar, las nuevas instrucciones requieren el establecimiento de un *compromiso titular-cliente* para facilitar los medios necesarios para garantizar la seguridad de los trabajadores y el público, y la *modificación del reglamento de funcionamiento* a fin de incorporar en el mismo los requisitos de estas ITC y su remisión al CSN para su apreciación favorable.

5.2. Aumento del control y la coerción por el CSN

El control y el seguimiento del funcionamiento de las instalaciones de gammagrafía, por parte del CSN, se incrementará de la siguiente forma:

- Se realizará una campaña de inspecciones en obra.

- Si, como consecuencia de un mal funcionamiento en una operación de gammagrafía, se derivan altas dosis de radiación a los trabajadores expuestos o al público, se iniciará la acción coercitiva que corresponda (apercibimiento, sanción).

- En casos reincidentes de mal funcionamiento, se procederá a la suspensión temporal del funcionamiento de la instalación radiactiva hasta que se disponga de una organización y medios adecuados de protección radiológica.

- Se someterá a examen para la renovación de la licencia, al personal de operación reincidente en actuaciones inadecuadas y altas dosis.

- En casos extremos de mala actuación del personal de operación, el CSN procederá a la suspensión de las licencias de estas personas.

5.3. Información de experiencia operativa y prácticas internacionales

Las acciones contenidas en este apartado se refieren a:

- Remisión a las instalaciones de gammagrafía de circulares informativas de aquellos sucesos de los que se deriven enseñanzas de protección radiológica.



► Figura 11. Imagen de uno de los equipos de gammagrafía industrial más usuales.

- El CSN, obtendrá información sobre buenas prácticas de protección radiológica utilizadas en otros países e informará de las mismas a los titulares de las instalaciones.

- El CSN participará y promoverá la participación de los titulares en grupos de trabajo nacionales e internacionales para la mejora de la protección radiológica.

5.4. Establecimiento de vías de colaboración CSN-Sector de la gammagrafía

En este campo las acciones realizadas y previstas son las siguientes:

- El CSN ha procedido al envío de las ITC a los titulares de las instalaciones de gammagrafía antes de su aplicación, con el fin de conocer su opinión sobre las mismas y tener en cuenta sus comentarios.

- Se tiene previsto el establecimiento de un foro de trabajo estable entre el CSN y este sector.

6. Aspectos de seguridad

Otro de los aspectos a considerar en la mejora de las condiciones de protección radiológica en las operaciones de gammagrafía es la seguridad inherente a los equipos, ya que muchos de los incidentes operacionales que se producen son debidos a fallos en los mismos.

Los equipos y sus accesorios deben ser sometidos a revisiones y

mantenimientos periódicos. Ya se ha mencionado en el apartado 3 de este artículo, que una de las primeras acciones llevadas a cabo por el CSN fue la de analizar y definir el programa de revisiones periódicas.

Los equipos deben ser diseñados incorporando determinados sistemas de seguridad en orden a salvaguardar a los trabajadores de la radiación gamma que emite la fuente radiactiva. La norma ISO 3999 (1977) Apparatus for industrial gamma radiography establece los requisitos de seguridad que deben ser considerados en su construcción. La edición posterior de esta norma, ISO 3999 (2000), ha incrementado los requisitos de seguridad de estos aparatos con objeto de reducir los incidentes operacionales.

En España hay unos 308 equipos de gammagrafía en uso. En las figuras 12 y 13 puede verse el porcentaje correspondiente a cada uno de los modelos existentes en el parque nacional.

Desde el punto de vista de la seguridad en el diseño de estos aparatos, los podemos clasificar en tres niveles:

- En un primer nivel están aquellos aparatos que cumplen la norma ISO 3999-1 (2000) o norma equivalente, y que, por consiguiente, cuentan con grandes requisitos de

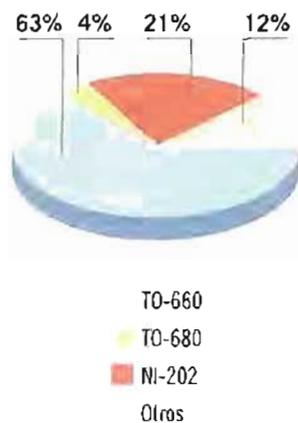


Figura 12. Equipos de gammagrafía industrial más usuales.

seguridad en su diseño. Estos aparatos representan menos del 1 % del inventario.

— En un segundo nivel están aquellos aparatos que cumplen la norma ISO 3999 (1997) o aquellos otros que incorporan un sistema de bloqueo de seguridad adicional en el anillo selector. Este bloqueo impide la salida de la fuente radiactiva del contenedor cuando se encuentra en la posición *lock*. En este grupo se encuentra un 77% del inventario.

— En un tercer nivel están aquellos aparatos que no cumplen la norma ISO 3999 y que no incorporan la posición *lock*. Estos aparatos representan un 22% del inventario.

Esta clasificación constituye el paso previo para estudiar la posibilidad de abordar una renovación progresiva del parque nacional de equipos.

7. Situación internacional

La Red ALARA Europea (European ALARA Network, EAN) es un grupo constituido por varios países de la Unión Europea y fue creada en 1996 con el objetivo de trabajar en la armonización de la optimización de todo tipo de exposición operacional, así como para facilitar la difusión de la puesta en práctica del principio ALARA en el sector de la industria y la investigación.

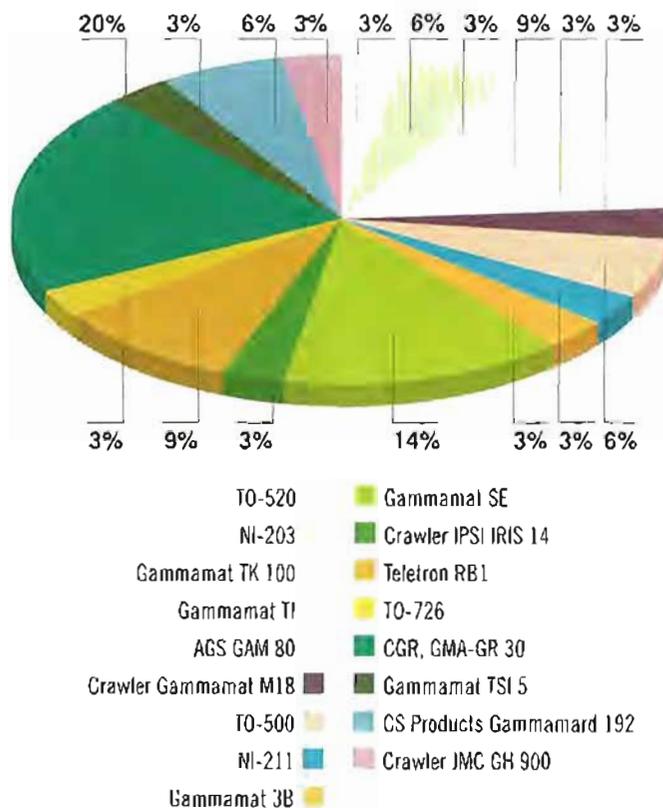


Figura 13. Otros equipos de gammagrafía industrial.

Los medios que este grupo utiliza para conseguir estos objetivos son:

— Organización de reuniones anuales en los distintos países con el fin de intercambiar experiencias e identificar los problemas que necesitan mayor investigación y desarrollo.

— Elaboración de recomendaciones a la Comisión Europea y a las autoridades reguladoras nacionales, derivadas de las reuniones anuales.

— La publicación de boletines ALARA, de amplia difusión sobre todo en Europa.

En la segunda reunión de EAN sobre buenas prácticas de protección radiológica en la industria y la investigación, celebrada en Oxford en diciembre de 1998, se puso de manifiesto que el sector de la radiografía industrial era el responsable de un significativo número de dosis anuales superiores a 15 mSv/año y que era el mayor responsable de accidentes radiológicos serios.

Esto evidenció la necesidad de una mejora en la optimización de la

protección radiológica en el sector, especialmente a través de la mejora de los equipos radiográficos, de la capacitación y formación de los trabajadores, y de la implantación de la cultura de seguridad.

Con el fin de conseguir estos objetivos, EAN decidió organizar una reunión específica para radiografía industrial (5th EAN Workshop), la cual tuvo lugar en Roma en octubre de 2001.

Esta reunión ha sido un interesante punto de encuentro de diferentes países y ha permitido obtener una visión generalizada de la situación a nivel internacional. De entre los temas tratados en ella cabe destacar los aspectos siguientes:

— La importancia que para la reducción de las dosis a valores ALARA tiene la implantación de una cultura de seguridad en el ámbito de la protección radiológica y en la que deben estar involucradas todas las partes afectadas (autoridades, empresa de gammagrafía, trabajadores y empresa cliente).

La influencia negativa que, en este aspecto, supone la presión que las empresas clientes ejercen sobre las compañías de gammagrafía y, éstas, sobre el trabajador.

La importancia que en el desarrollo de una operación segura tiene, entre otras, la responsabilidad de la empresa cliente.

La necesidad de desarrollar códigos de práctica para clientes y usuarios.

— La importancia que tiene la instrucción de los operadores en el manejo de los equipos de gammagrafía y en los procedimientos de seguridad y protección radiológica que deben seguir para la realización de su trabajo. Esto es aún más relevante en el caso de gammagrafía tipo móvil (la más utilizada). Esta formación debe continuarse de forma periódica durante la vida laboral de los operadores, por lo que es de vital importancia el establecimiento de un programa de formación que incluya tanto aspectos teóricos como prácticos.

La importancia de homogeneizar la formación de los operadores entre los diferentes países miembros de la Unión Europea, dado que cada vez es más frecuente el movimiento de empresas de un país a otro, y la utilidad de disponer de una guía internacional que incluya modelos de programas de formación adecuados.

Asimismo, se resaltó el gran interés que tendría el establecimiento con reconocimiento internacional, tanto de un sistema de aprobación de

centros para la formación de los operadores, como de una certificación de los operadores en seguridad y protección radiológica.

— La importancia que el diseño de los equipos de gammagrafía tiene en la seguridad, por lo que se destacó la necesidad de que los fabricantes establezcan contactos con los sectores involucrados con el objeto de minimizar los fallos en el mismo.

8. Conclusiones

Como resumen de todo expuesto en este artículo se puede concluir lo siguiente:

— Las instalaciones de gammagrafía móvil, por sus propias condiciones de trabajo, presentan grandes dificultades desde el punto de vista de la protección radiológica.

— Para el desarrollo de esta actividad es fundamental la formación del personal de operación, así como la disponibilidad de detallados procedimientos de operación y de emergencia.

— Los nuevos límites de dosis establecidos en la reglamentación son perfectamente asumibles por el sector de la gammagrafía industrial. No obstante, la mayoría de las instalaciones radiactivas de gammagrafía deberá hacer un gran esfuerzo para adaptarse a ellos.

— Es necesaria la implantación y mantenimiento de una cultura de seguridad a todos los niveles de la empresa, desde el director al operador, encaminada a la mejora continua.

— Es importante que la empresa cliente que contrata los servicios de una empresa de gammagrafía asuma su responsabilidad en la seguridad de los trabajadores expuestos y del público durante la realización de los trabajos.

— El principio ALARA debe ser considerado entre los objetivos de la empresa.

El CSN ha prestado un interés especial al sector de la gammagrafía industrial y ha adoptado actuaciones encaminadas a la mejora de la protección radiológica en el mismo, a la implantación del principio ALARA y a la obtención de una cultura de seguridad adecuada por los responsables de este sector.

La reciente revisión de la reglamentación sobre protección radiológica incluye una reducción considerable en los límites de dosis, al mismo tiempo que aumenta la obligación de los titulares respecto a la aplicación del principio de optimización. Con el fin de que las instalaciones de gammagrafía adapten su funcionamiento a esos cambios, el CSN ha decidido definir e implantar un plan sistemático de actuaciones que se ha descrito en el presente artículo.

Las medidas aprobadas por el CSN en este plan de acción para la mejora de la protección radiológica en las instalaciones de gammagrafía industrial están totalmente en concordancia con la postura internacional expresada en la quinta reunión de EAN. 

Referencias

— *Plan de actuación para las instalaciones de gammagrafía*. CSN/SRO/IRIN/Plan Gam/01. Sofía Suárez. Manuel Rodríguez. Consejo de Seguridad Nuclear.

— *Actions adopted by the Spanish competent authority to improve the radiological protection in industrial radiography series*. F. Zamora (2nd EAN Workshop).

— *Evolución de la dosimetría en gammagrafía industrial. Comparación con los lí-*

mítes recogidos en la Directiva 96/29 de Euratom. Belén Tamayo, Laura Urteaga. Blanca Alfonso. VIII Congreso Nacional de la SEPR.

— *Cultura de seguridad en las instalaciones de gammagrafía industrial. Objetivo ALARA*. V. Aceña, S. Suárez, F. Zamora. VIII Congreso Nacional de la SEPR.

— *Evolution of the operational doses from industrial radiography using mobile gammagraphy equipment in Spain*

(1995-2000) and Nuclear Safety Council future actions in order to reduce them. E. Rodrigo, L. Urteaga, B. Tamayo, B. Alfonso, D. Agundo, S. Suárez. (5th EAN Workshop).

— *Spanish inventory of industrial gamma radiography apparatus monitoring for radiation devices attending to their special characteristics*. L. Urteaga, B. Tamayo, B. Alfonso, E. Rodrigo, D. Aguado, S. Suárez. (5th EAN Workshop).

 Richard Meserve*

El panorama regulador en Estados Unidos

El 25 de octubre de 2001, Richard Meserve, presidente de la Nuclear Regulatory Commission (NRC), pronunció una conferencia en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear. María-Teresa Estevan Bolea, presidenta del CSN, realizó la presentación del conferenciante, quien a lo largo

de su intervención se refirió a las iniciativas reguladoras que se están llevando a cabo en Estados Unidos y a la nueva situación que vive el sector tras los atentados del 11 de septiembre. A continuación se transcribe la intervención de Richard Meserve.

Es para mí un honor y un placer, tener la oportunidad de dirigirme a ustedes esta mañana. Como podrán imaginar, en las últimas seis semanas en Washington me he dedicado intensamente a temas relacionados con el terrorismo y para mí es un placer poder hablar también de otros asuntos. Estamos todos involucrados ahora mismo en un ejercicio global de seguridad nuclear y hemos mantenido unas relaciones muy valiosas con el CSN a lo largo de los años y estoy seguro de que seguirá siendo así. Lo que me gustaría hacer esta mañana es comentar algunas de las iniciativas reguladoras que están en marcha en Estados Unidos, que estoy seguro serán de interés para ustedes, pero quisiera antes hablar un poco de los ataques del 11 de septiembre y de lo que significan para la NRC. Reconozco que el terrorismo es un tema que España conoce desde hace años; tenemos mucho que aprender de ustedes en esta área; es un aspecto de nuestra propia activi-

dad que actualmente nos preocupa muchísimo, si bien afortunadamente hasta ahora no hemos tenido que hacer frente a esta amenaza en el dominio de la energía nuclear.

Realmente, todo ha cambiado desde el 11 de septiembre. Como seguramente ustedes conocen, procedimos a activar nuestra Sala de Emergencias en un plazo aproximado de una hora después de la segunda colisión del avión maneado por los terroristas en la Torre Sur del WTC de Nueva York. Comunicamos a todas las centrales nucleares que operaran en situación de alerta.

Como todos los organismos reguladores, tenemos unos procedimientos de actuación apoyados en una base de diseños para situaciones de este tipo y las centrales conocen los requisitos que deben cumplirse en esos casos. Colaboramos con las plantas nucleares proporcionando la información precisa para operar en situación de alerta y para que adoptaran las estrategias pertinentes. Desde entonces, hemos mantenido las centrales nucleares en esa situación y les hemos facilitado

mucha información y apoyo sobre las acciones que debían acometer, muchas de ellas defensivas en términos de control de acceso, y de planificación sobre un suceso de estas características, a fin de tener preparada una previsión de actuaciones en tales circunstancias, como son la parada del reactor, cierre de la contención, activación de las brigadas contra incendios y otros pasos que había que emprender.

Tenemos también relaciones con otras instituciones gubernamentales de Estados Unidos, como por ejemplo, la Administración Federal de Aviación en cuanto a los vuelos que pasaban por encima de las plantas y que se han desviado lo suficiente para evitar ese riesgo potencial.

Hemos mantenido, igualmente, relaciones muy estrechas con Defensa para asegurar un apoyo del Departamento de Defensa en caso de un hipotético ataque terrorista.

También hemos mantenido relaciones estrechas con el FBI. Recibimos de ellos información continuamente sobre la naturaleza de las posibles amenazas y nuestra capacidad

* R. Meserve es presidente de la Nuclear Regulatory Commission de EEUU.

de evaluar las mismas. Todo un flujo de información que proporcionamos a las centrales, alguna información bastante genérica y otra específica de una determinada central, por ejemplo, que pudiera requerir también la intervención de otras instituciones gubernamentales.

Como pueden ustedes imaginar, en este periodo todo el personal de la NRC ha tenido un trabajo muy intenso, a fin de atender las severas demandas que los trágicos sucesos del 11 de septiembre nos han impuesto. Desgraciadamente estas circunstancias van a continuar en un futuro próximo y seguimos prestando toda la colaboración que las centrales precisan en esta situación de alerta, pero además estamos trabajando en otros temas de gran entidad a medio y largo plazo, como es el sistema regulador en lo que se refiere a la seguridad frente a potenciales actos terroristas, incluyendo nuestros propios procesos internos. El episodio ha revelado la necesidad de mejorar nuestra capacidad de comunicación con el personal de las centrales y la evaluación de temas relacionados con otras agencias. Hemos mejorado también en la seguridad de la NRC para atender un potencial ataque contra las instalaciones o el personal.

Es evidente que existen varios aspectos que van a requerir un debate más amplio a nivel nacional que se saldría del ámbito de la NRC y de las centrales. Tiene que haber un consenso en temas como cuál es nuestro objetivo, ¿es la mitigación del riesgo?, ¿hay riesgos para los que estamos preparados o es el objetivo el riesgo evitable? Todo lo cual significa una capacidad para aguantar un ataque de cualquier clase que pueda imaginarse. Menciono esto porque en el plano político existen determinadas presiones, sobre todo para las centrales nucleares, en el sentido de asegurar una confidencialidad absoluta en cuanto a seguridad total y pienso que esto dará lugar a un amplio debate público.



► Figura 1. Un momento de la conferencia de Richard Meserve en el CSN.

En nuestro país, la responsabilidad de la defensa o protección está compartida entre las centrales mismas, que tienen sus procedimientos específicos y sus bases de diseño y las instituciones gubernamentales que tienen capacidad y competencias para asistir a las plantas en este tipo de amenazas. Creo que sobre estas cuestiones van a producirse amplios debates, sobre todo en lo que concierne a las responsabilidades gubernamentales.

Una lección que hemos aprendido después del 11 de septiembre se refiere a las limitaciones que existen para abordar actos terroristas del tipo que hemos tenido que sufrir.

Existe otro tema que va a ser muy difícil para nosotros, del que hemos hablado esta mañana, y que tiene que ver con la relación entre la apertura y la seguridad. Todos aquellos de ustedes que han utilizado Internet para pedir información en los últimos días, habrán comprobado que nuestra página web se ha cerrado. Esto se ha producido de forma consciente como consecuencia de la preocupación sobre la información que estaba a disposición del público, información que posiblemente podría ayudar a cualquiera que estuviera contemplando la posibilidad de llevar a cabo un ataque terrorista. Por ello hemos cerrado temporal-

mente nuestra página, para realizar cambios y modificaciones antes de reabrirla. Hay otro tema de mayor importancia para nuestra agencia en este sentido, ya que una de las formas utilizadas tradicionalmente para obtener la confianza del público en cuanto a nuestra capacidad de respuesta ha sido mantener una actitud abierta en cuanto a la información proporcionada.

La restricción de la información conlleva un coste, ya que si dejamos de facilitarla, el público puede suponer que se ha decidido por una razón equivocada. Mantener una actitud más cerrada tiene un coste importante que hay que prever, tenemos que conseguir un equilibrio adecuado entre la apertura y la seguridad en un espacio y de una manera apropiada. Yo no puedo decir exactamente cómo va a salir todo esto en los meses venideros, pero como pueden imaginar, se trata de una empresa enorme puesta en marcha por el Gobierno, quien tiene que reexaminar completamente nuestras políticas relacionadas directamente con el terrorismo. Estos sucesos han desvelado vulnerabilidades que, creo todos nos damos cuenta perfectamente, estamos forzados, intelectualmente y desgraciadamente a afrontar de una manera directa y emocional, como por ejemplo los episodios de ántrax que

estamos descubriendo en estos momentos en Estados Unidos.

Permítanme ahora cambiar de tema y pasar a algo más agradable como es el entorno regulador en Estados Unidos, donde en mi opinión hay una actitud hacia lo nuclear algo diferente de la existente en Europa. Nuestra percepción a este lado del Atlántico es que la tendencia en muchos países europeos ha sido hasta ahora el aumento de las preocupaciones sobre la energía nuclear, manifestado más dramáticamente en Alemania. En Estados Unidos creo que, por el contrario, la opinión pública es bastante más favorable a la energía nuclear. Hay muchísimas razones por las que esto ocurre, una de ellas ha sido el hecho de que las centrales nucleares están proporcionando la electricidad más barata que hay en la red americana. Los resultados de las centrales, en términos económicos, han mejorado enormemente en los últimos 20 años y los factores de capacidad se sitúan en torno al 90% por término medio. Esto quiere decir que en EEUU la energía nuclear es bastante más económica que el gas natural, fuente primaria utilizada en este país, aparte del carbón. El clima financiero ha sido una de las consideraciones que ha animado el sector nuclear, con las presiones hacia la desregulación en Estados Unidos. La decisión económica ha venido definida por una completa evaluación del coste, y ha favorecido la continuación de la operación y existencia de las centrales. Con respecto a la nueva construcción, no está clara, ya que dependerá de cuál sea la cuantía de la nueva construcción, aunque en este clima de renovado interés, las compañías de generación consideran la nueva construcción de centrales nucleares.

Se ha producido un cambio muy notable. Cuando yo ocupé este puesto hace dos años, todo el mundo suponía que la NRC se ocuparía en los años venideros del cierre de reactores, pero, de hecho, estamos viendo un aumento del interés por renovar licencias de reactores y por la

construcción de nuevas centrales. Uno de los factores que ha contribuido a favorecer a las nucleares ha sido la gran volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, en particular en el caso del gas natural, que como combustible de sustitución, ha sido de interés para la comunidad nuclear. El ambiente político es algo diferente. Como seguramente ustedes conocerán, el presidente ha emitido una estrategia energética, elaborada por un grupo encabezado por el vicepresidente Cheney, uno de cuyos elementos es la energía nuclear y donde se han favorecido una serie de aspectos como la renovación de licencias y la posible nueva construcción como una parte de este proceso. Se trata realmente de un cambio importante en Estados Unidos, donde desde hace bastantes años no se había emitido ninguna declaración política a favor de la energía nuclear. Creo que el ambiente regulador ha favorecido, por lo menos, la consideración de esta posibilidad, en la que la NRC está expectante, pienso que como regulador estricto pero justo, y hemos puesto imparcialidad y todo el énfasis en la objetividad en la toma de decisiones. Muchas de nuestras centrales querían que se tomaran las decisiones oportunas cuanto antes, y hemos reconocido que tenemos que intentar llevar a cabo los trabajos precisos y disponer de tiempo suficiente para ser capaces de cerrar bien nuestras cuestiones.

Todo esto se ha ido acumulando y creo que, en general, ha favorecido bastante al ambiente nuclear en Estados Unidos, dando lugar a un cierto cambio en las actitudes públicas que ha hecho que se eleve el porcentaje de personas en Estados Unidos que conocen las ventajas medioambientales de la energía nuclear, lo que beneficia su continuación y puede ser que su expansión.

No obstante, creo que ésta es una mayoría bastante frágil, si hubiera un accidente en cualquier parte del mundo tendría lógicamente unas repercusiones inmediatas y negativas

en la actitud del público. Nuestra obligación en la NRC no es por supuesto promocional, sino la de asegurar que exista una adecuada protección y nivel de seguridad. Creo que esto, de hecho, ha reforzado los resultados favorables que hemos visto; se le reconoce a la industria nuclear de Estados Unidos el interés que pone en la seguridad, no sólo porque es su obligación fundamental, sino también porque en las presiones en pro de la seguridad y la atención a los detalles en el mantenimiento de las centrales, aumenta la seguridad y también permite mejorar los rendimientos económicos. La atención a las cuestiones de seguridad, en términos de producción de kWh proporciona ingresos, por tanto, estas presiones complementarias han hecho que sea más fácil el trabajo a realizar por la NRC.

Existen diversas iniciativas, seguramente muchas de ellas ya les son conocidas. Una de ellas es la renovación de las licencias. La Ley de Energía Atómica contempla licencias de 40 años para las centrales nucleares. Este término no se ha decidido originariamente por motivos técnicos o por razones de ingeniería; se estableció más que nada por cuestiones económicas.

Lo que sí contempló la ley era la oportunidad de renovar las licencias y, de hecho, la Comisión ha establecido reglamentos para ampliar las licencias hasta 20 años. Hemos permitido a tres centrales, con seis unidades de producción, ampliar sus licencias y tenemos en este momento siete solicitudes más, con 14 unidades, que se están considerando. Tenemos otras solicitudes también para otras 18 centrales. Creemos que prácticamente el conjunto de centrales, que son 103, va a solicitar una renovación de su licencia, de modo que puedan operar 60 años, todo lo que puedan operar en condiciones de seguridad, lógicamente van a solicitar una re-

novación de la licencia. Lo que nosotros tenemos que garantizar es que, en efecto, se pueda seguir operando en condiciones de seguridad.

Estamos evaluando con gran dedicación el cumplimiento de todos los requisitos exigibles a las centrales nucleares, sobre todo los componentes pasivos y el buen mantenimiento de los componentes activos (bombas, motores, válvulas, etcétera). Son los pasivos, sobre todo, los que nos interesan para la extensión de la vida útil de las plantas.

Lógicamente, yo no puedo decir que en estos momentos vayamos a permitir esa renovación de las licencias para el conjunto de las centrales, que en algunos casos podría suponer inversiones considerables en mejoras, pero el hecho es que existe la perspectiva de extensión de vida realizando las inversiones económicamente más razonables para conseguir nuevas licencias.

Otra cosa que ya he mencionado, que tiene que ver con la actitud hacia la energía nuclear, es que también hay mayor interés entre las centrales para aumentar su potencia, mediante una enmienda de sus licencias. Lógicamente, tenemos que estar convencidos de que los márgenes de seguridad se puedan mantener bajo las nuevas condiciones antes de permitir este aumento. Algunos de es-

tos aumentos se obtienen como resultado de una mejora en la instrumentación. Es algo asumido que los medidores de potencia del reactor que se utilizan tienen un cierto grado de imprecisión y ha habido mejoras en este sentido, así que el grado de conservadurismo que se ha tenido que aceptar hasta la fecha se puede mejorar simplemente con una mejora de la instrumentación de la central. Los códigos, por ejemplo, tienen una serie de supuestos que son esencialmente conservadores y conforme va aumentando la comprensión de estos códigos, los supuestos se hacen más realistas y tiene un aumento de la potencia. De hecho, desde los años setenta hemos aumentado nuestra producción en unos 2.000 MW sólo mediante aumentos de potencia en las centrales y, como digo, en Estados Unidos esperamos recibir alrededor de 45 solicitudes de aumento de potencia, sobre todo en los reactores BWR, con lo que podremos aumentar en 1.400 MW la potencia. Las solicitudes serán, sobre todo, para los reactores BWR.

Otra cuestión que considero será de interés y que mencioné antes brevemente, es que ahora es una realidad el serio interés existente en Estados Unidos por la nueva construcción de reactores. Hemos introducido algunos cambios regu-

ladores que, indudablemente, van a ser importantes dentro de este proceso. En lugar de pasar por el proceso de la licencia de construcción, que es la base del licenciamiento de nuestro actual conjunto de centrales, tenemos un nuevo sistema regulador que quizá se pudiera emplear. El antiguo sigue estando en vigor, pero hay una alternativa que consiste en la posibilidad de certificar un diseño previamente, antes de que exista la intención de construir una central en un lugar dado. Si, posteriormente, nosotros determináramos que la central, según el diseño, puede operar en condiciones de seguridad, podríamos emitir una licencia bajo esa premisa. De hecho, tenemos solicitudes en este sentido por parte de General Electric y Westinghouse, y no son las únicas. Esto quiere decir que si alguien quiere construir en base a un diseño certificado, puede simplificar bastante el proceso y se minimiza el riesgo para el licenciataria, puesto que el diseño en sí es intrínsecamente aceptable. Como parte de este proceso, y para resolver el problema de emplazamiento, se podría incluir también todo lo relacionado con el tema medioambiental, antes de tomarse la decisión de utilizar uno en concreto y decidir posteriormente construir la central.

Un tercer componente de nuestro nuevo proyecto, es un permiso combinado de construcción y de operación que básicamente unifica los dos procesos en uno solo, que podría llevar una referencia implícita a un diseño ya certificado, lo cual simplifica mucho el proceso. El beneficio del nuevo proceso es que permite tomar decisiones en un momento previo a la realización de inversiones sustanciales en el emplazamiento o en la construcción de las centrales, resolviendo por lo menos los riesgos jurídicos. Por consiguiente, creo que esta opción es también importante para otros agentes, quienes eliminarían la percepción de presión sobre la toma de decisiones en momentos posteriores del proceso, cuando ya la inversión ha sido importante.



► Figura 2. Richard Meserve, segundo por la derecha, en una reunión de trabajo celebrada durante su visita a la sede del Consejo de Seguridad Nuclear.

Creo que la futura construcción hará uso de una de estas herramientas.

Como mencioné anteriormente, hemos certificado tres diseños. Tenemos algún otro que está en una etapa preliminar como el AP1000. Hemos certificado el AP600 y el diseño AP1000 de Westinghouse será muy probablemente aprobado también. Tenemos la posibilidad de contemplar en alguna etapa otros reactores. Creo que este año vamos a recibir alguna solicitud para nuevos emplazamientos. Muy probablemente serán para grupos adicionales en emplazamientos ya existentes. Si va a haber nuevas construcciones en Estados Unidos, va a ser mucho más fácil que se realicen en un emplazamiento existente, que en un emplazamiento nuevo. Pero todo esto se irá revelando en el futuro, cuando recibamos las solicitudes tomaremos las decisiones para certificar otros diseños.

Cuando recibamos una solicitud para reactores de gas, creo que todos saben que nuestros reactores son refrigerados por agua ligera y tendremos que volver a pensar en serio los requisitos reguladores si vamos a contemplar la posibilidad de un reactor de gas. Tendremos que alcanzar unos niveles de seguridad por lo menos equivalente a los que tenemos actualmente. El diseño no tiene una contención, está muy centrado en la integridad intrínseca del combustible, por consiguiente, hay un amplio espectro de consideraciones que habrá que ver para contemplar la posibilidad de este nuevo reactor.

Una de las barreras que se perciben en cuanto a la energía nuclear en Estados Unidos es evidentemente el problema del combustible gastado. El combustible en estos momentos, en su mayor parte, está siendo recogido en los mismos emplazamientos de los reactores, en las piscinas o en contenedores de almacenamiento en seco. Nosotros creemos que se trata de un medio seguro de almacenar el combustible, pero evidentemente no es una solución a largo plazo. De algún

modo tenemos que contemplar la segunda parte del ciclo, sobre todo para las centrales del futuro. Desde el punto de vista técnico, no es una decisión que tengamos que tomar de forma inmediata, puesto que existen medios para manejar el combustible gastado durante décadas, además creo que la comunidad técnica opina que se trata de un problema que se puede solucionar. Cuestión aparte de si el emplazamiento de Yucca Mountain es el

Todo el mundo suponía que la NRC se ocuparía en los años venideros del cierre de reactores, pero, de hecho, estamos viendo un aumento del interés por renovar licencias de reactores y por la construcción de nuevas centrales.

apropiado o no, el almacenamiento geológico profundo es una solución al problema.

Aunque creo que hay una justificación técnica, para una mayor confianza no se puede perder de vista el entorno político. Las personas que viven en el entorno de los reactores, cada día están más preocupadas por la existencia de los emplazamientos de grandes volúmenes, grandes cantidades de combustible gastado. Por consiguiente, nuestra capacidad para resolver este problema es algo que tenemos que demostrar. Queda por ver hasta qué punto los sucesos del 11 de septiembre pueden cambiar las percepciones en cuanto al emplazamiento de Yucca Mountain. Incluso antes de esa fatídica fecha, había ya preocupación sobre el transporte y supongo que lo que ha sucedido el mes pasado va a aumentar esa preocupación relativa a los movimientos de combustible gastado. Así que creo que es un tema que tenemos que afrontar en el plano político y

existe un elevado grado de incertidumbre en estos momentos sobre cómo resolver el problema. El regulador medioambiental en Estados Unidos (EPA), quien tiene la competencia en el tema, ha promulgado los estándares generales que han incluido el emplazamiento de Yucca Mountain. En este sentido, nosotros creemos que el secretario de Energía tendrá que tomar una decisión en cuanto a la recomendación sobre la idoneidad del emplazamiento, lo cual iniciará un proceso que dará lugar con el tiempo a una aplicación de la licencia en el que en efecto nos vamos a ver involucrados. El proceso administrativo será bastante complicado, digo esto porque el Estado de Nevada está firmemente opuesto al emplazamiento. Yo creo que el proceso va a ser importante y difícil y la NRC tendrá que resolver este tema. Lógicamente no estoy en posición ahora mismo de decir cuál va a ser el resultado.

En general, creo que tenemos enfrente de nosotros un espectro de retos. Se trata de un periodo en el cual muchos habían pensado que en Estados Unidos el énfasis, el interés en lo nuclear, se estaría reduciendo, pero estamos en una situación en la cual existe mayor volumen de negocios de lo previsto hace unos años. Por lo tanto, para la NRC es un periodo complejo y muy interesante, y desde luego para mí como Comisionado, de una importante actividad.

Quisiera terminar diciendo que una de las formas en que nosotros tratamos estos asuntos es la colaboración internacional, ya que lógicamente en muchos sitios del mundo existen experiencias y conocimientos que queremos aprovechar. Nosotros intentamos beneficiarnos de lo mejor de las personas y de las mejores ideas que podamos encontrar en cualquier parte. Obtenemos un enorme provecho de estas interacciones y sé que nuestra relación con el CSN nos ha beneficiado enormemente durante años y deseo que continúe. Muchas gracias. ☺

El nuevo carné radiológico

El Boletín Oficial del Estado nº 187, de 6 de agosto de 2001, publicó la Instrucción de 31 de mayo de 2001, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-01 por la que se define el formato y

contenido del documento individual de seguimiento radiológico (carné radiológico) regulado en el Real Decreto 413/1997. A continuación se transcribe el texto de la citada instrucción.

El Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (Boletín Oficial del Estado número 91 de 16 de abril de 1997), establece la obligatoriedad en el caso de los trabajadores externos, de utilizar un documento individual de seguimiento radiológico (en adelante carné radiológico) como un instrumento para el registro de datos, donde se recogen los aspectos oportunos relativos al trabajador procedentes de la aplicación del sistema de vigilancia radiológica.

En el artículo 7 del citado Real Decreto se definen los aspectos relativos al carné radiológico y se indica que el Consejo de Seguridad Nuclear tiene la facultad para establecer el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico, así como su modificación en función de circunstancias relevantes.

Si bien la utilización del carné radiológico en España está implantada desde el año 1990, el Real Decreto establece las bases legales para su utilización así como las responsabilidades de las diferentes partes implicadas en la protección operacional de los trabajadores externos: empresa, instalación y trabajadores.

Por otra parte, el 13 de mayo de 1996 el Consejo de Ministros de la Unión Europea aprobó la Directiva

96/29 EURATOM, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes, donde se introducen los nuevos límites de dosis para los trabajadores profesionalmente expuestos, y cuya entrada en vigor en nuestro país se producirá tan pronto se apruebe la revisión del Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, que supondrá la transposición a la legislación española de dicha Directiva.

Lo anteriormente expuesto ha hecho imprescindible la revisión del actual carné radiológico y su sustitución por otro de nuevo formato y contenido que se adapte a la nueva situación legal, que surge del Real Decreto 413/1997, y de la legislación nacional que transponga la Directiva 96/29 EURATOM.

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 reunión del día 31 de mayo de 2001 ha acordado lo siguiente:

Primero. Objeto y Ámbito de Aplicación. La presente Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear tiene por objeto definir el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico (carné radiológico), establecido en el artículo 7 del Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, y será de aplicación a las empresas externas, instalaciones y trabajadores externos.

En relación con el ámbito de aplicación del carné radiológico se establece lo siguiente:

1. De conformidad con lo establecido en el artículo 1 del Real Decreto 413/97, la utilización del carné radiológico será de aplicación a los trabajadores externos con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes al intervenir en zona controlada. A estos efectos serán de aplicación las definiciones contenidas en los apartados b), d) y e) del artículo 2 del citado Real Decreto 413/97.

La aplicabilidad del carné radiológico a los trabajadores de empresas titulares de varias instalaciones nucleares o radiactivas, que puedan realizar cualquier tipo de actividad en más de una zona controlada, se determinará en cada caso en función de la organización establecida en la empresa para la aplicación del sistema de vigilancia radiológica.

2. La emisión del carné radiológico no será necesaria en el caso de que el trabajador externo disponga de un documento de seguimiento

radiológico emitido en un país perteneciente a la Unión Europea.

3. Los trabajadores externos de empresas procedentes de un país no comunitario podrán presentar en sustitución del carné radiológico la documentación y certificados que acrediten el cumplimiento de lo establecido en la legislación vigente.

Segundo. Definiciones. Las definiciones de los términos y conceptos contenidos en el carné radiológico se corresponden con los contenidos en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes y, en el caso de términos o conceptos no definidos en el Reglamento citado anteriormente, al Real Decreto sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

Tercero. Formato y contenido del carné radiológico. De conformidad a lo dispuesto en el artículo 7, apartado 4, del Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, y teniendo en cuenta los preceptos contenidos en la Directiva 96/29 EURATOM, el formato y contenido del carné radiológico será el establecido en el Anexo I. El formato y contenido de la ficha de control de distribución del carné radiológico será la establecida en el Anexo II.

Cuarto. Obligaciones de la empresa externa y de la instalación.

4.1. Obligaciones de la empresa externa,

a) Registrar en el carné radiológico las dosis asignadas por el sistema dosimétrico oficial.

b) Solicitar del Consejo de Seguridad Nuclear y asignar a cada trabajador el carné radiológico y garantizar que dicho documento esté continuamente actualizado a los efectos oportunos.

c) Cumplimentar los siguientes apartados del carné radiológico:

— Datos de emisión del carné.

— Identificación personal del trabajador.

— Apartado 1 "Información a cumplimentar por la empresa externa en la apertura del carné".

— Apartado 2 "Información relativa a los cambios de empresa a cumplimentar por la empresa externa".

— Apartado 6.3 "Ficha dosimétrica a cumplimentar por el responsable de la empresa externa o persona delegada".

d) Garantizar la cumplimentación, por las entidades correspondientes, de los siguientes apartados del carné radiológico:

— Apartado 4 "Resultados de la vigilancia médica a cumplimentar por el servicio de prevención".

— Apartado 5.1 "Formación básica en protección radiológica".

— Apartado 6.1 "Dosis por contaminación interna (mSv) a cumplimentar por el servicio de dosimetría", cuando el servicio técnico que haya efectuado la determinación de dosis sea independiente del titular de la instalación.

4.2. Obligaciones del titular de la instalación.

a) Cumplimentar los siguientes apartados del carné radiológico:

— Apartado 3 "Información relativa a instalaciones nucleares o radiactivas en las que ha prestado o presta servicio el trabajador".

— Apartado 6.2 "Ficha dosimétrica a cumplimentar por el titular de la instalación o persona delegada".

b) Garantizar la cumplimentación, por las entidades correspondientes, de los siguientes apartados del carné radiológico:

— Apartado 5.2 "Formación específica en protección radiológica".

— Apartado 6.1 "Dosis por contaminación interna (mSv) a cumplimentar por el servicio de dosimetría", cuando el servicio técnico que haya efectuado la determinación de dosis sea dependiente del mismo.

Quinto. Condiciones de uso.

5.1. El carné radiológico es un documento público, personal e in-

transferible, que será conservado en adecuadas condiciones.

5.2. El propietario del carné radiológico deberá colaborar con su empresa y con el titular de la instalación en la que efectúe la actividad para la correcta cumplimentación, custodia y conservación de este documento.

Sexto. Vigencia o validez. El carné radiológico tendrá una validez de tres años desde su emisión o renovación. Una vez transcurrido este periodo se procederá a su renovación, independientemente del estado de cumplimentación del mismo. Es responsabilidad del titular del carné (trabajador) el mantenimiento en condiciones adecuadas de los carnés radiológicos caducados.

Séptimo. Condiciones de emisión/renovación.

7.1. El carné radiológico lo emitirá única y exclusivamente la empresa con la cual el trabajador tenga establecido el contrato laboral (independiente de que la gestión administrativa asociada se realice a través de medios propios o contratados), tanto si se trata de la primera emisión del citado carné como de una renovación.

7.2. El responsable de la empresa externa en relación con la gestión de este documento será aquel que figure como tal en el Registro de Empresas Externas del Consejo de Seguridad Nuclear o persona delegada.

7.3. Para la emisión/renovación del carné la empresa externa solicitará al Consejo de Seguridad Nuclear las unidades que necesite especificando si se trata de la primera emisión o de su renovación.

7.4. En los casos de primera emisión del carné radiológico el Consejo de Seguridad Nuclear proporcionará a la empresa externa la ficha de control de distribución del carné radiológico, cuyo formato se incluye como Anexo II de la presente Instrucción. Una vez emitido



► Figura 1. Carné radiológico.

el carné radiológico y cumplimentada la ficha de control asociada deberá remitirse al Consejo de Seguridad Nuclear la parte correspondiente de la citada ficha.

7.5. El número de identificación del carné será el número del Documento Nacional de Identidad del titular del carné tanto si se trata de la primera emisión como de una renovación. En el caso de trabajadores extranjeros que no dispongan de un documento de identificación nacional, se utilizará el número relacionado con la prestación sanitaria o cualquier otro que identifique de forma permanente al individuo.

7.6. En el apartado "número de edición/renovación" de la contratada del carné, la empresa externa especificará el orden de renovación, siendo este el "01" en el caso de la primera emisión del carné.

Octavo. Pérdida/deterioro del carné. La empresa externa deberá llevar a cabo las siguientes acciones:

a) Enviar al CSN una declaración firmada por el titular del carné especificando las circunstancias acaecidas en relación con el extravío/deterioro del mismo.

b) Emitir un nuevo carné con el mismo número que el anterior. En el apartado "observaciones" de la contratada del carné se hará constar la frase "sustituye, por extravío/deterioro, al emitido en fecha".

c) Cumplimentar los datos dosimétricos previos a la emisión del carné sobre la base de los datos recopilados en el historial dosimétrico del titular del mismo.

d) Gestionar la cumplimentación de los apartados de vigilancia médica, formación y dosimetría interna. En caso necesario se realizará un nuevo reconocimiento médico, curso de formación o control de dosimetría interna.

e) Archivar la documentación justificativa de la emisión del nuevo carné.

Noveno. Infracciones y sanciones. Sin perjuicio de las responsabilidades civiles, penales o de otro orden en que se pueda incurrir, los hechos que constituyan infracción de las disposiciones de esta Instrucción General, serán sancionables de conformidad con lo establecido en el Capítulo XIV de la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear, en la redacción

dada al mismo por la Disposición adicional quinta de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, siéndole asimismo de aplicación lo dispuesto en el vigente artículo 94.2 de la citada Ley 25/1964.

Disposición transitoria primera

Se mantiene el formato y contenido del carné radiológico en uso, hasta la fecha de entrada en vigor de la presente disposición.

Disposición transitoria segunda

A partir del día 1 de septiembre de 2001, podrán solicitarse al Consejo de Seguridad Nuclear los carnés radiológicos cuyo formato y contenido estará adaptado a lo establecido en el Anexo I.

Disposición derogatoria única

Queda derogada cualquier norma de igual o inferior rango que se oponga a la presente Instrucción.

Disposición final única

La presente instrucción entrará en vigor el día 1 de enero de 2002.

Madrid, 31 de mayo de 2001. El Presidente, Juan Manuel Kindelán y Gómez de Bonilla. S

El incidente de Siderúrgica Sevillana S.A.

De manera resumida y con la información disponible a la fecha de la edición de la revista, se recoge en este artículo una descripción del suceso ocurrido en la factoría que la empresa Siderúrgica Sevillana S.A. tiene en la localidad de Alcalá de Guadaira

(Sevilla), en el que se fundió una fuente radiactiva de cesio 137. También, se describen las medidas adoptadas por iniciativa del CSN y su grado de ejecución. Por último, se realiza una valoración inicial de las consecuencias radiológicas del incidente.

Las acerías eléctricas utilizan como materia prima chatarra metálica, que funden en sus hornos y que, en su mayor parte, procede de importaciones. Entre esta chatarra metálica, empieza a ser frecuente en todo el mundo la presencia de las denominadas "fuentes huérfanas radiactivas", es decir, fuentes no identificadas ni bien conocida su procedencia. La fusión accidental de este tipo de fuentes ha dado lugar a distintos incidentes en otros países, semejantes a los sucedidos en España en la factoría de Acerinox, situada en Los Barrios (Cádiz) el 30 de mayo de 1998 y en la planta de Siderúrgica Sevillana S.A. de Alcalá de Guadaira (Sevilla), ocurrido recientemente y que se describe a continuación.

Con el fin de controlar la presencia de fuentes radiactivas en los suministros de chatarra, se han adoptado una serie de medidas, entre las que cabe destacar el Protocolo de Colaboración sobre Vigilancia Radiológica de los Productos Metálicos, firmado el 2 de noviembre de 1999 por el Ministerio de Economía, el Ministerio de Fomento, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Empresa

Nacional de residuos Radiactivos S.A. (Enresa), la Unión de Empresas Siderúrgicas (Unesid), la Federación Española de Recuperación (FER), y las secciones metalúrgicas de las centrales sindicales Comisiones Obreras (CCOO) y Unión General de Trabajadores (UGT).

De manera resumida, el Protocolo es un acuerdo entre las empresas del sector metalúrgico y la Administración, que tiene por objeto prevenir los riesgos radiológicos que se derivan de la presencia de fuentes radiactivas entre los materiales metálicos objeto de reciclaje, como consecuencia de su abandono, pérdida o robo. El Protocolo se pone en práctica en una instalación concreta cuando su propietario, de forma voluntaria, se inscribe en un registro creado al efecto en el Ministerio de Economía.

La acería de Siderúrgica de Sevillana S.A. de Alcalá de Guadaira (Sevilla) puso en marcha un sistema de detección de la radiación tipo pórtico en su entrada en febrero de 1999 y se inscribió en el registro del Protocolo en abril de 2000. Dispone de un sistema de detección de la radiación muy completo, con equipos que incluyen, además

del pórtico, un analizador multicanal para analizar la prueba de colada: detectores manuales y un detector tipo baliza instalado en la línea de evacuación de polvo de humo. Este último que se encuentra instalado de manera voluntaria, en un número muy reducido de acerías, fue el que se activó en este suceso descrito.

Como dato indicativo de la proliferación de fuentes huérfanas, cabe señalar, que desde que se puso en servicio el sistema de detección automática a la entrada de esta acería, se han detectado cantidades significativas de material radiactivo en 11 ocasiones, habiéndose identificado la presencia de cinco fuentes de cesio 137 y varias piezas metálicas contaminadas con radionucleidos de origen natural.

A continuación, se recoge la descripción preliminar del suceso ocurrido en esta acería, en el que se fundió una fuente radiactiva de cesio 137, cuya magnitud y origen aún no han sido determinados con exactitud, aunque se estima que podría contener una actividad entre 40 y 4.000 gigabequerelios (equivalentes a 1 y 10 curios aproximadamente).



► Figura 1. Descarga en El Cabril de un transporte con residuos procedentes de Alcalá de Guadaíra.

El pasado día 7 de diciembre de 2001, cuando se estaba procesando la colada 87197 en el horno 1 de la acería, se activó la alarma del detector tipo baliza situado en el camino de evacuación de polvo de humo previo al silo de recogida. Siendo la tasa de radiación medida entre 50 y 60 microsievert/hora (mSv/h). De acuerdo con los procedimientos establecidos, los responsables de la planta ordenaron la parada paulatina de los procesos de la acería y adoptaron una serie de actuaciones encaminadas a localizar las causas que originaron la contaminación radiactiva y sus consecuencias.

Entre ellas, de acuerdo con las recomendaciones del Servicio de Prevención, la Dirección Técnica de la acería ordenó desalojar y aislar la zona e iniciar una investigación que incluía el análisis de la muestra de la colada, la medida de la tasa de radiación con detectores portátiles en el camino de humos, en la zona de filtros previa a la chimenea, en el silo de recogida y en el foso de escoria. Tras la realización de estas medidas, decidieron volver a poner en marcha el horno y retirar el polvo de humo contaminado del silo, al-

macenándolo en un foso situado en el parque de chatarra. La cantidad de polvo retirado se estimó en unas 4 ó 5 toneladas.

También se recogieron las ropas, los trajes y las mascarillas de los operarios que habían intervenido en estas actividades, que fueron comprobadas y no presentaban contaminación.

Los días 8, 9 y 10 la acería siguió en funcionamiento, realizando averiguaciones sobre el estado radiológico de la misma y de los materiales contaminados. Ahora bien, ante las dudas que surgen a la hora de interpretar los resultados de los análisis realizados, los técnicos de la acería deciden solicitar la asistencia técnica de Enresa, empresa que envió a dos de sus técnicos a la factoría el día 11 de diciembre. Este mismo día, Siderúrgica Sevillana S.A. comunica al CSN que están investigando una señal de alarma ocurrida el día 7 de ese mismo mes.

La primera información de que dispone el CSN, algo más detallada que la anterior, se recibe el día 12 de diciembre y permite valorar de manera indicativa la existencia de una contaminación significativa de cesio 137 (2.700 Bq/g) en el

polvo de humo y que, probablemente, exista contaminación en el sistema de extracción. Inmediatamente, el CSN desplazó a la planta a un inspector e informó a la Presidencia del Gobierno, al Ministerio de Economía, a la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Andalucía, a la Subdelegación del Gobierno de Sevilla, al Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra y emitió una nota de prensa. Asimismo requirió a la acería un informe sobre el suceso y sobre la situación radiológica, activó el Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Sevilla, que forma parte de la red de estaciones de muestreo del CSN y dispone de capacidad técnica para hacer mediciones ambientales de alta sensibilidad y, por último, comprobó los niveles de radiación medidos por las redes automáticas del propio CSN y de la Dirección General de Protección Civil ubicadas en el entorno de Sevilla.

Posteriormente a esta primera información, el día 18, el Consejo de Seguridad Nuclear tiene conocimiento a través del inspector destacado en el emplazamiento

que polvo de humo que se había generado con posterioridad al incidente y que posiblemente estaba contaminado había sido inertizado y enviado al vertedero de la Mancomunidad de Servicios de La Vega, situado en Alcalá del Río (Sevilla). De manera inmediata se realizó una inspección detallada del mismo, en la que se comprobó que efectivamente estaba contaminado. A este vertedero se enviaron 135 toneladas de polvo contaminado inertizado, que posteriormente fueron retiradas y reenviadas a la acería. Asimismo, se procedió a descontaminar el vertedero de Alcalá del Río, quedando libre de material contaminado el día 27 de diciembre.

La tasa de radiación medida, en contacto con el inertizado contaminado, era baja y estaba comprendida entre 12 y 20 mSv/h.

Asimismo, el día 19, Siderúrgica Sevillana S.A. informa al CSN de que un camión que salió de la acería en los días posteriores al suceso con polvo de humo había ido al vertedero del Complejo Medioambiental de Andalucía situado en Nerva (Huelva). Confirmado este hecho e inspeccionado por el CSN el vertedero, se comprobó que el camión enviado no contenía polvo contaminado.

Por su parte, en cuanto a las actividades planificadas y realizadas con el objetivo de recuperar la planta y de controlar y minimizar las posibles consecuencias radiológicas del suceso, cabe señalar que, la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Economía emitió una Resolución el día 13 de diciembre, previo informe del CSN, requiriendo a Siderúrgica Sevillana, S.A. un Plan de Actuación para recuperar la planta, en el que se deberían contemplar las distintas actividades propuestas por el CSN, de acuerdo con las especificaciones técnicas siguientes: alcanzar un grado de limpieza que garantizase que las dosis máxi-

mas residuales fuesen inferiores a 1 mSv/a, que es el límite anual de dosis fijado por la normativa española, comunitaria e internacional para el público; establecer niveles derivados de contaminación superficial que garantizaran el cumplimiento del objetivo de dosis fijado; especificar las zonas de acopio de materiales contaminados y adoptar las medidas de protección radiológica adecuadas; disponer de un plan de gestión de residuos; y realizar un inventario final de los mismos, debidamente caracterizados.

Las actividades puestas en marcha de acuerdo con el Plan y el estado de ejecución de las mismas se resumen seguidamente:

1. *Disponer de los apoyos técnicos adecuados para llevarlas a cabo, en particular con el de una Unidad Técnica de Protección Radiológica que disponga de autorización del CSN.* Siderúrgica Sevillana contrató a la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Proinsa.

2. *Adoptar las medidas necesarias, parando el proceso de la acería si fuera preciso.* La planta paró el mismo día 13 de diciembre.

3. *Caracterizar radiológicamente.* La Unidad Técnica de Protección Radiológica llevó a cabo los trabajos de caracterización radiológica de la zona, quedando identificadas las áreas, equipos y sistemas contaminados y los niveles de contaminación existentes en ellos.

4. *Controlar radiológicamente a los trabajadores potencialmente afectados, mediante medida de la carga radiológica corporal.* Este control se llevó a cabo en Madrid. Los resultados fueron negativos para los 24 trabajadores analizados, por lo que se puede afirmar que no se ha producido contaminación interna de ningún trabajador.

5. *Elaborar un plan de limpieza y descontaminación de las secciones de la acería que hubieran*

resultado contaminadas. Actualmente continúan los trabajos de limpieza y descontaminación de la planta.

6. *Segregar, aislar y caracterizar radiológicamente todos los materiales generados.*

El acero y las escorias producidos en la colada en la que se fundió la fuente no resultaron contaminados.

En las operaciones de recuperación de la acería se han generado hasta la fecha unas 100 toneladas de polvo procedentes del sistema de evacuación de humos que se ha limpiado, del silo de humos y del silo de la planta de inertización. A esta cantidad hay que añadir los polvos que se están extrayendo del resto del sistema de evacuación de humos y que aún no se han podido cuantificar de forma definitiva.

Una determinación más precisa de la concentración de cesio contenido en el polvo retirado del silo, ha dado como resultado 6.500 Bq/g. Las determinaciones de concentraciones de cesio en muestras de diferentes partidas de polvo retiradas en el proceso de limpieza oscilan entre 0 y 150 Bq/g. Se trata de concentraciones muy bajas, por lo que parte de ellos podrán ser gestionados como residuos convencionales, ya que tienen esta consideración los residuos con actividad igual o inferior a 10 Bq/g.

El material retirado del vertedero de Alcalá del Río resultó una cantidad de 283 toneladas.

Todos los materiales generados que pudieran estar potencialmente contaminados han sido almacenados temporalmente en el interior de la acería y todas las áreas de almacenamiento se encuentran señalizadas, aisladas y dotadas de medidas de protección radiológica adecuadas.

7. *Acordar con la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (Enresa) un plan de gestión de los residuos generados.* El día 21 de diciembre la empresa

acordó con Enresa los términos de la gestión de los residuos radiactivos generados en el proceso de recuperación de la planta. El pasado día 22 de enero se ha procedido a la primera retirada de residuos radiactivos hacia la instalación de almacenamiento de El Cabril.

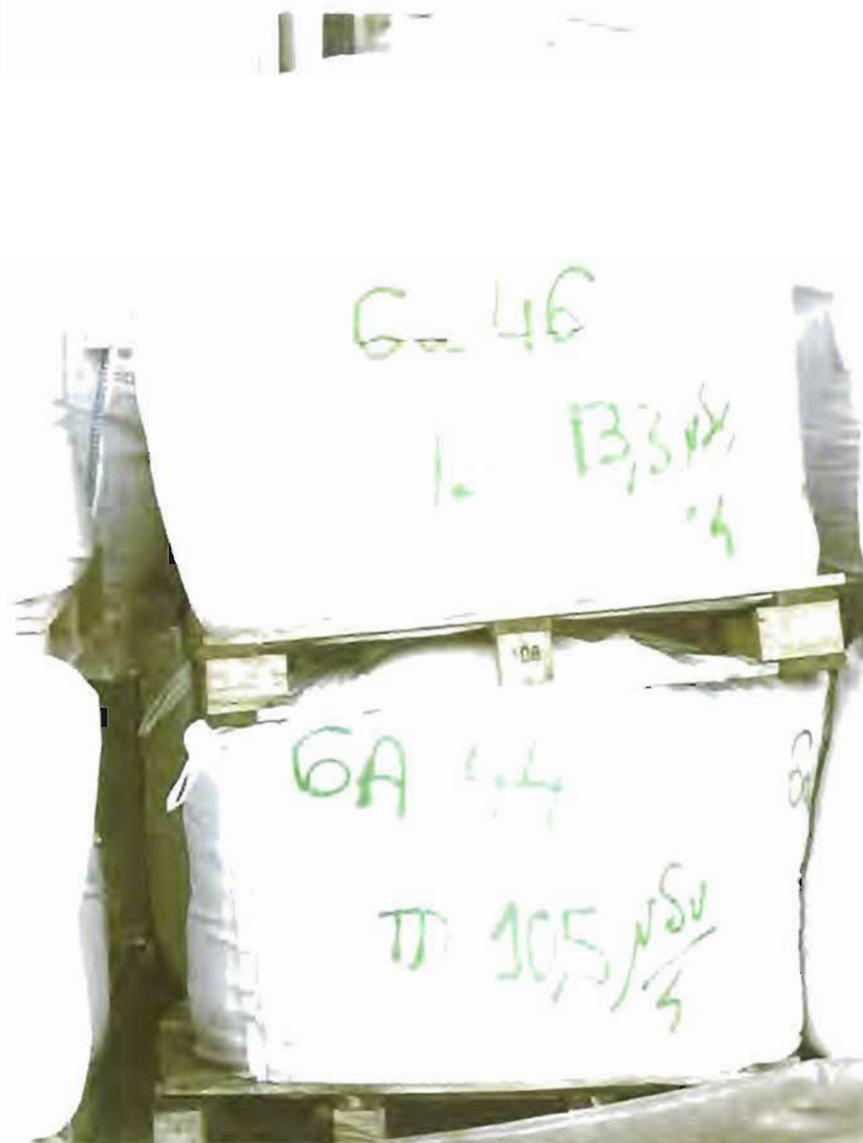
8. *Remitir al CSN información de todas las actuaciones.* Esta información se ha venido produciendo de manera continua desde que se ha tenido conocimiento del suceso.

En cuanto a las consecuencias radiológicas del suceso, se han dividido en tres grupos: sobre los trabajadores, sobre el entorno de la acería y dentro de la misma.

En cuanto a las primeras, es decir las consecuencias radiológicas sobre los trabajadores, el Servicio de Dosimetría Interna que ha realizado los controles de contaminación a los 24 trabajadores potencialmente afectados, ha certificado que todos ellos han recibido una dosis interna nula. Por su parte, de las estimaciones realizadas de las posibles dosis externas que hubieran podido recibir, teniendo en cuenta que tienen carácter preliminar pues aún no se han concluido todas las operaciones planificadas, se considera que todos ellos han recibido dosis inferiores al límite anual de dosis establecido para el público en Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

Por su parte, respecto a las consecuencias radiológicas del suceso sobre el entorno de la acería, se puede afirmar que, de acuerdo con los resultados de todas las medidas y análisis de las muestras tomadas, no ha habido contaminación fuera de la misma, con excepción del vertedero de Alcalá del Río, que ha sido descontaminado.

En el interior de la acería, la situación desde el punto de vista radiológico es la siguiente: el incidente causó una importante contaminación tanto en los sistemas



► **Figura 2.** Sacas con polvo de humo y polvo inertizado procedentes de la acería de Siderúrgica Sevillana.

de evacuación del horno y del silo de recogida como de la planta de inertizado. Los niveles de radiación oscilan entre el fondo de la zona (0,25 $\mu\text{Sv/h}$ aproximadamente) y 10 $\mu\text{Sv/h}$, alcanzando 150 $\mu\text{Sv/h}$ en un punto concreto. Asimismo, resultó contaminado el vertedero de Alcalá del Río. Al día de hoy, y tras los procesos de limpieza y descontaminación, sólo quedaba por descontaminar el intercambiador de calor, proceso ya finalizado.

Los residuos generados en el suceso, así como los generados en las operaciones de limpieza y descontaminación, están siendo gestionados por Enresa.

Como lección aprendida de este suceso, cabe señalar la gran importancia que tiene la adopción rápida de las acciones previstas en el Protocolo para este tipo de situaciones, que son: parar el proceso, suspender los envíos de material fuera de la instalación, requerir los servicios de una unidad técnica de protección radiológica y avisar al Consejo de Seguridad Nuclear. Acciones básicas para evitar la dispersión de la contaminación y minimizar la cantidad de residuos generados.

Por último, el CSN realizará un informe final del suceso, que será remitido a las instituciones y organismos pertinentes. 

Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923)

Iniciamos este recuerdo y homenaje a las grandes figuras de la ciencia que marcaron el desarrollo de los usos pacíficos de la energía nuclear y de la

radiactividad con Roentgen, que además fue la primera persona a quien se concedió el Premio Nobel de Física, en 1901.

La ciencia del siglo XX ha tenido como uno de sus pilares el electrón. A finales del siglo XIX, tres grandes descubrimientos científicos sentaron las bases de la física del siglo XX con la denominada física de partículas. Entre 1895 y 1897, Roentgen descubrió los rayos X, Becquerel encontró la radiactividad y Thompson aisló el electrón. Los tres fueron premios Nobel en 1901, 1903 y 1906, respectivamente. Cincuenta años más tarde, Crick y Watson utilizaron también los rayos X para definir la estructura del ADN, base, a su vez, de la revolución científica de la genética en la que ahora estamos.

Roentgen nació el 27 de marzo de 1845 en Lennep, Alemania, comarca del bajo Rin y fue hijo único de un comerciante. Cuando tenía tres años su familia se trasladó a vivir a Apeldoorn, en los Países Bajos. Allí fue a la escuela, en donde no destacó precisamente como un brillante alumno. En 1862 ingresó en la Escuela Técnica de Utrecht, de donde fue expulsado al achacársele haber hecho una caricatura de un profesor, aunque no fue él el autor de la misma sino otro alumno. Por ello ingresó en la Universidad de Utrecht en 1865 para estudiar Físicas. Tampoco allí fueron brillantes sus estudios, por lo que se desplazó a la Politécnica de Zurich, en don-



Figura 1. Wilhelm Konrad Roentgen.

de estudió ingeniería mecánica pero, sobre todo, convivió con Clausius y con Kundt. En 1869 se graduó como doctor en la Universidad de Zurich en donde trabajó con Kundt, después en Würzburg y más tarde en Estrasburgo, Wurtemberg y otras universidades.

Roentgen se casó con Anna Bertha Ludwig en 1872 y no tuvo hijos, aunque en 1887 adoptaron una sobrina, hija de un hermano de su mujer.

El primer trabajo publicado, en 1870, por Roentgen se refería al calor específico de los gases. Trabajó en otros muchos campos, pero su nombre va unido al descubrimiento de los rayos X, en el año

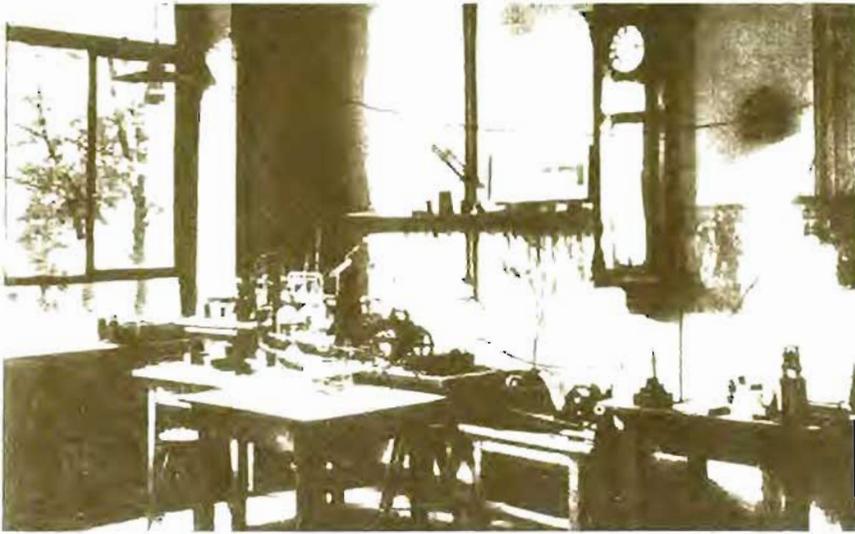
1895, en su laboratorio de la Universidad de Würzburg, en Baviera (Alemania).

El descubrimiento, atribuido al azar, se produjo cuando Roentgen se hallaba estudiando el fenómeno de la descarga eléctrica de gases enrarecidos. Pero estos descubrimientos que se atribuyen a la casualidad no lo son tanto, sino más bien fruto del esfuerzo y constancia.

Este fenómeno del tubo de descarga debemos situarlo en el mundo de la física del siglo XIX con los experimentos de Faraday (1791-1867), que estudió la conducción de líquidos, descubrió la electrólisis y también estudió la conducción eléctrica en gases. En todos los laboratorios de física de prestigio se estudiaba la conducción en los gases. Se producían descargas de alta tensión por máquinas electrostáticas y también corrientes continuas a través de baterías y pilas.

Estos experimentos, que inicialmente fueron exclusivamente el paso de chispas entre ánodo y cátodo, fueron dando paso con el descenso de la presión a una descarga luminosa, encontrada por Hittorf y Crookes.

Este tubo de descarga fue el origen de un gran número de descubrimientos de acuerdo con la teoría de Maxwell, cambiando las tensiones eléctricas y las presiones. Uno



► Figura 2. Laboratorio de Roentgen, en el Instituto de Física de Würzburg, en donde descubrió los rayos X, 1923.



► Figura 3. Radiografía de una mano de Lord Kelvin.

de ellos fue la existencia de una radiación oscura que salía perpendicularmente de la superficie del cátodo y producía una fluorescencia en la pared opuesta al chocar contra el vidrio en ella. Esta radiación se denominó rayos catódicos y fue estudiado por Thompson para descubrir los electrones en 1897.

Roentgen en la noche del 8 de noviembre de 1895 se hallaba estudiando el fenómeno de los gases enrarecidos en un tubo de Lenard. Utilizó un tubo de Hittorf recubierto de una cartulina negra que no dejaba pasar las radiaciones visibles, lo que indicaba que Roentgen buscaba radiaciones invisibles. Para sorpresa de Roentgen el tubo producía fluorescencia en uno de los detectores de ultravioleta que había sobre la mesa a poco más de un metro de distancia. Pensando que se había equivocado repitió la prueba a diferentes distancias y diferentes blindajes, comprobando su descubrimiento, por lo que dedujo que estas radiaciones no eran rayos catódicos ni luz visible y con toda meticulosidad siguió estudiando las propiedades de los nuevos rayos, cuya desconocida naturaleza recibiría el nombre de rayos X.

El 28 de diciembre de 1895 presentó en la sociedad Físico-Médica de Würzburg su primera comunicación sobre los rayos X, *Ueber ei-*

ne neue Art von Strahlen (Un nuevo tipo de rayos). El 1 de enero de 1896, Roentgen envió una copia del trabajo a un amigo, el profesor Exner de Viena, y a otros colegas.

Rápidamente se publicaron muchos artículos.

El 23 de enero de 1896 Roentgen pronuncia su primera conferencia pública sobre los rayos X en la Universidad de Würzburg, donde mostró la radiografía del famoso profesor de Anatomía Albert von Kölliker. Éste propone bautizar los rayos X con el nombre de Roentgen, pero él lo rechaza.

El descubrimiento llega a España en 1896, en época de la regencia de la reina María Cristina, cuando el rey Alfonso XII tenía nueve años.

En España se obtuvieron las primeras radiografías -que fueron realizadas por Fontserè y Lozano en Barcelona en 1896. Se presentaron en la Academia de Ciencias de Barcelona en una conferencia el día 10 de febrero de 1896. Estas radiografías eran de un monedero de cuero, una mano y un pez.

En Barcelona César Comas, que era un fotógrafo experto y estudiante del último curso de Medicina, realizaba una primera placa el 24 de febrero de 1896. César Comas y su primo Agustín Prió son los verdaderos padres de la radiografía con rayos X española, junto

con Espina y Capo. Sus trabajos contribuyeron a la difusión de la radiología, comenzando una tarea de divulgación.

La evolución de los acontecimientos y la publicación en los medios de comunicación españoles fueron muy rápidos. En Madrid, en 1896, el doctor Espina y Capo adquiere el primer equipo particular de rayos X.

Después del descubrimiento y con un prestigio científico reconocido internacionalmente, Roentgen se trasladó a Munich en 1900. En 1901 obtuvo el Premio Nobel de Física pero se negó a pronunciar el discurso en Estocolmo y destinó el importe del premio a la Universidad de Würzburg.

Roentgen tenía cincuenta años cuando descubrió los rayos X. En 1923 muere en Munich a la edad de 78 años, a causa de un cáncer de intestino que él mismo se autodiagnosticó en 1922 y que fue confirmado por los médicos.

Su situación económica era de casi pobreza, pero la Universidad de Munich pagó sus exequias y le rindió un gran homenaje.

Mozart ni siquiera encontró "una universidad o academia" que pagara sus exequias, por lo que al morir, en la más absoluta pobreza, fue enterrado en una fosa común. Son realmente lecciones de la historia. ☹

Noticias

- Consejo de Seguridad Nuclear 52
- Información general 53
- Centrales nucleares 56
- Protección radiológica 58

● CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Nuevo director técnico de Seguridad Nuclear del CSN

José Ignacio Villadóniga ha sido nombrado nuevo director técnico de Seguridad Nuclear del Consejo de Seguridad Nuclear. El nombramiento fue publicado en el BOE número 308, de fecha 25 de diciembre de 2001. Ingeniero industrial, especialidad de técnicas energéticas, por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, ha trabajado en la Junta de Energía Nuclear (hoy Ciemat), en la US Nuclear Regulatory Commission de Estados Unidos y en el CSN, donde previamente a su nombramiento ocupaba el puesto de subdirector general de Tecnología Nuclear. Executive MBA por el Instituto de Empresa, ha



Toma de posesión de José Ignacio Villadóniga.

colaborado activamente en temas relacionados con la seguridad nuclear, con organismos reguladores de diversos países y con organizaciones internacionales como la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Comisión de la Unión Europea.

Por otra parte, Agustín Cerdá, ingeniero industrial, ha sido nombrado nuevo subdirector general de Personal y Administración del Consejo de Seguridad Nuclear. El nombramiento fue publicado en el BOE número 284, de fecha 27 de noviembre de 2001. Titulado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, inició su trayectoria profesional en General Eléctrica

Española y posteriormente se incorporó a Renfe. Opositó al Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado, obteniendo plaza en el Ministerio de Industria, donde ha desempeñado diferentes cargos. Entre otros puestos desempeñados ha sido consejero en varias sociedades en representación del INI. Desde 1998 es vicedecano del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid y vocal del Pleno del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de España.

Medidas tomadas ante los atentados del 11 de septiembre

Tras los atentados terroristas sufridos por EEUU el pasado 11 de septiembre, el CSN inició un plan de actuaciones tendentes a reforzar los sistemas de protección física de las instalaciones nucleares y radiactivas. Todas las actuaciones del CSN se enmarcaron en el contexto internacional, en el que se participó en los principales foros de debate del tema, y fueron coordinadas con otras instituciones nacionales con responsabilidades en la seguridad pública y en la protección de las instalaciones y bienes estratégicos, como los Ministerios de Economía y del Interior.

Las actuaciones se iniciaron el propio 11 de septiembre. Esa tarde se declaró el modo 1 de respuesta de la organización de emergencias del CSN, mediante el cual se reforzó el personal del turno de la Salem con un responsable en funciones de director de Operaciones de Emergencia. Para ello se estableció un turno rotativo, en el que participaron el director técnico de Protección Radiológica y varios subdirectores generales de las dos direcciones técnicas. Este modo de emergencia se mantuvo hasta el final del día siguiente.

También esa tarde se solicitó desde la Salem a las centrales nucleares e instalaciones del ciclo el establecimiento de refuerzos en los sistemas habituales de protección física. Posteriormente, se enviaron escritos a los titulares para formalizar las mencionadas peticiones de refuerzo y solicitar algunas actuaciones complementarias relacionadas con la protección de la información sensible. Además, se remitieron escritos similares, solicitando refuerzos de protección física, a las instalaciones radiactivas de primera categoría y a algunas de segunda categoría que se seleccionaron mediante criterios de análisis genéricos de riesgos.

Las medidas adoptadas fueron comunicadas al Gobierno a través del Departamento de Infraestructura para Seguimiento de Situaciones de Crisis y de la Dirección General de Política Energética y Minas.

Además, siguiendo recomendaciones internacionales, se ha procedido a reestructurar, con criterios de seguridad, la información de la página web del CSN. Por último, el organismo mantiene su participación en los foros nacionales e internacionales de interés en materia de protección física.

Prórroga del acuerdo de colaboración entre el CSN y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte



Centro de Información del CSN.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha adoptado el acuerdo, en su reunión del pasado día 14 de noviembre de 2001, de prorrogar durante el año 2002 el acuerdo de colaboración con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Este acuerdo es un instrumento eficaz para llevar a cabo algunas de las funciones encomendadas al CSN en su Ley de Creación, especialmente las relativas al conocimiento de la protección radiológica por parte de la población a través de los escolares, los universitarios y el profesorado.

Subvenciones

El Programa de Solicitud de Subvenciones del Consejo de Seguridad Nuclear se regirá el próximo año por la misma resolución de fecha 20 de marzo de 2001 (BOE número 68). El presupuesto que el CSN ha dedicado durante el año 2001 a diversas subvenciones ha sido de 16.825.000 pesetas, destinadas a financiar actividades en diferentes universidades, instituciones sin ánimo de lucro, organismos autónomos y diferentes fundaciones y colegios profesionales.

Participación del CSN en la Semana de la Ciencia

Los días 6 y 7 de noviembre, el Centro de Información del CSN participó en la Semana de la Ciencia organizada por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. Durante estos días, que fue-

ron de *puertas abiertas*, se recibieron un total de 166 visitantes de distintos colectivos, como alumnos de secundaria, de primero y segundo de bachiller, universitarios, profesionales del sector y particulares.

● INFORMACIÓN GENERAL

Curso del OIEA sobre análisis de la seguridad de la gestión de residuos

Del 12 al 23 de noviembre se ha celebrado en el Instituto de Estudios de la Energía del Ciemat la tercera edición del *Curso de entrenamiento para la evaluación de la seguridad de los almacenes de residuos en superficie*, organizado, como en ediciones anteriores, por el CSN, el Ciemat y Enresa, en colaboración con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

El curso permite conocer los aspectos teóricos relacionados con la gestión y almacenamiento de residuos y dispone también de una parte práctica. En ésta, aplicando la metodología recomendada por el OIEA a través de los últimos desarrollos del programa ISAM, se realiza la ejecución de un caso concreto que resume las características y aspectos más relevantes de un análisis de seguridad de este tipo de instalaciones.

Al curso, impartido por profesores de España, Reino Unido, Hungría, Sudáfrica, la Comisión Europea y el OIEA, han asistido una veintena de responsables de la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos en 12 países del este europeo y del Cáucaso y cuatro especialistas españoles procedentes de empresas de ingeniería y del CSN.

Iniciativa de la presidencia española de la UE sobre prevención de riesgos radiológicos

El Ministerio de Industria y Energía, el Ministerio de Fomento, el Consejo de Seguridad Nuclear, la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), la Unión de Empresas Siderúrgicas (Unesid), la Federación Española de la Recuperación (FER), la Unión General de Trabajadores y Comisiones Obreras suscribieron, el 2 de noviembre de 1999, el Protocolo de Colaboración sobre Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos.

El protocolo forma parte de una serie de medidas adoptadas en España, como consecuencia del suceso ocurrido en mayo de 1998 en la acería de Acerinox, para prevenir los riesgos radiológicos en los productos metálicos destinados al reciclado. Además de este protocolo, el secretario de Estado de Energía envió dos cartas a los comisarios europeos de Industria y de Medio Ambiente, para que, en el ámbito comunitario, se adopten medidas para reducir la probabilidad de que se repitan sucesos como el ocurrido en Acerinox.

PRINCIPALES ACUERDOS DEL CSN

Los acuerdos específicos sobre cada central se resumen en el apartado de centrales nucleares

Segundo Informe Nacional de la Convención sobre Seguridad Nuclear

En su reunión del 26 de septiembre, el Consejo aprobó el Segundo Informe Nacional de la Convención sobre Seguridad Nuclear que da cumplimiento a las obligaciones derivadas de la Convención sobre Seguridad Nuclear de Viena, de 1994.

Reglamento de funcionamiento de la Planta Elefante

El desmantelamiento de la Planta Elefante, de fabricación de concentrados de uranio, fue aprobado por Resolución de la Dirección General de la Energía de fecha 16 de enero de 2001, previo informe favorable del Consejo. Con motivo del inicio de las operaciones de desmantelamiento, se hace preciso modificar el Reglamento de Funcionamiento. El Consejo, en su reunión del 10 de octubre, ha informado favorable-

mente la revisión 1 de dicho reglamento, tras haber comprobado su compatibilidad con el de la Planta Quercus, de mismo titular y ubicada en el mismo emplazamiento, que sigue en funcionamiento.

Mejora de los procesos de trabajo del CSN

El Consejo considera conveniente simplificar y modernizar los procedimientos administrativos y los procesos técnicos de trabajo, así como mejorar la coordinación y el acceso a los diferentes programas informáticos por parte de los servicios del CSN. Para ello contará con el apoyo de una consultora externa y se establecerá un plan para la mejora del uso de los recursos del organismo.

Verificación y calibración de monitores de radiación

El Consejo ha acordado emitir las instrucciones técnicas complementarias sobre verificación y calibración de monitores de radiación, que serán remitidas a los titulares de las instalaciones

radiactivas, unidades técnicas de protección radiológica, servicios de protección radiológica y entidades de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X médicos.

Plan de acción para protección de la población contra la radiación natural

El Consejo, en su reunión del 17 de octubre, ha aprobado un plan de actuación para hacer efectivas las medidas de protección radiológica de la población contra los efectos de las radiaciones ionizantes de origen natural, que están previstas en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

Proyecto de I+D

En su reunión del 31 de octubre, el Consejo ha aprobado la iniciación de los trámites para la firma de un acuerdo específico CSN-Unesa para la colaboración en el proyecto de aplicación de la metodología de la curva patrón a la integridad de la vasija del reactor (Proyecto Cupriva).

El protocolo español, a la vez sencillo y eficaz, ha llamado la atención de varias organizaciones internacionales. La Oficina Internacional del Reciclado, en las conclusiones de su convención de primavera de mayo de 2001, la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas y el OIEA, en las resoluciones de la Conferencia Internacional de Buenos Aires aprobadas por la Junta de Gobernadores de febrero de 2001, han manifestado que lo consideran un instrumento útil para la prevención de riesgos radiológicos en el reciclado de metales.

Por todo ello, el Gobierno español ha incluido en la lista de iniciativas de la Presidencia de la Unión Europea la propuesta de una Resolución del Consejo de Ministros por la que se invita a los Estados miembros a adoptar medidas de prevención de riesgos radiológicos en la industria del reciclado de metales.

Simulacro general de emergencia exterior del Penca

Los días 21 y 22 de noviembre se realizó un simulacro general de emergencia exterior del Plan de Emergencia Nuclear de Cáceres (Penca), en el en-



Dos momentos del desarrollo del simulacro del Plan de Emergencia Nuclear de Cáceres (Penca).

Modernización y remodelación de la Sala de Emergencias del CSN

El 31 de octubre, el Consejo aprobó las bases de diseño para la modernización y remodelación de la Sala de Emergencias (Salem) del CSN cuya configuración era de 1992. Se prevé que la modificación esté implantada antes de finales del año 2003. Durante la remodelación se mantendrá la operatividad al cien por cien de la sala. Esta modernización se incardina con la implantación del Plan de Sistemas Informáticos y de Telecomunicaciones de la Sala de Emergencias, que ya fue aprobado por el CSN.

Criterios radiológicos en puertos y bases militares navales

Se han aprobado los criterios radiológicos aplicables a los planes de emergencia nuclear en los puertos o bases militares navales autorizados por el Gobierno para la visita de buques de propulsión nuclear. Estos criterios extienden el ámbito de aplicación del Plan de Emergencia de la Armada, elaborado por el Ministerio de Defensa, para incluir la protección de la población civil

fuera de la zona bajo jurisdicción militar. Estos criterios serán transmitidos al Ministerio de Defensa y a la Dirección General de Protección Civil del Ministerio del Interior.

Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas

En las reuniones celebradas entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2001, el CSN ha adoptado las siguientes resoluciones relativas a instalaciones radiactivas y entidades de servicios: 16 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones y 66 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas; 18 informes para la declaración de clausura; 2 propuestas de apertura de expedientes sancionadores; 11 informes para la autorización de retirada de material radiactivo; 5 informes para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico; 11 informes para autorización de servicios médicos especializados; 2 informes de autorizaciones de servicios y unidades técnicas

de protección radiológica; 2 sobre aprobación de tipo de equipos radiactivos; y 22 homologaciones de cursos de formación para la obtención de licencias de personal.

Instrucciones técnicas complementarias para las instalaciones radiactivas autorizadas

Durante el trimestre se han aprobado instrucciones técnicas complementarias para las instalaciones radiactivas autorizadas en relación con diversas cuestiones, como la señalización de las zonas de trabajo de los equipos móviles de medida de densidad y humedad de suelos para evitar su atropello por vehículos en las obras, o diversas actuaciones para que en las instalaciones de gammagrafía industrial se mejore la gestión de la protección radiológica y la aplicación del criterio ALARA. También se aclaran los requisitos incluidos en la reglamentación para la notificación de sucesos en instalaciones radiactivas y los criterios para establecer la frecuencia de calibración de equipos de detección y medida de la radiación y la contaminación.

tomo de la central nuclear de Almaraz. En él se pusieron en práctica algunas de las principales medidas de protección en emergencia: confinamiento, profilaxis radiológica y evacuación. También se activaron los principales elementos de decisión y actuación, como el Centro de Coordinación Operativa Provincial (Cecop), Sala de Emergencias (Salem) del CSN, el Centro Estatal de Coordinación (Ceco) de la Dirección General de Protección Civil, así como los CECOPALES de las poblaciones afectadas, los controles de accesos y dos estaciones de clasificación y descontaminación (ECD).

El simulacro forma parte del programa de la Dirección General de Protección Civil, en el que colabora el Consejo de Seguridad Nuclear, que participó en su diseño, preparación y ejecución en los puntos de actuaciones relacionados con las funcio-

nes del Grupo Radiológico del Plan Provincial.

Como el objetivo principal era el Plan de Emergencia Exterior, se diseñó una secuencia técnico-operativa del accidente simplificada. Durante las 13 horas de duración se pusieron en práctica las medidas de protección correspondientes a un accidente tipo IV, como control de accesos, confinamiento, distribución de yodo estable y evacuación de la población. Se activaron los controles de accesos a la zona afectada y las estaciones de clasificación y descontaminación de Naval Moral de la Mata y Plasencia, para efectuar el control radiológico de los grupos de población evacuados.

Observadores del CSN, destacados en los principales puestos de actuación, elaborarán un detallado informe para hacer posible que las experiencias y lecciones aprendidas contribuyan a la mejora de los planes de emergencia

50 aniversario del Ciemat

La antigua Junta de Energía Nuclear, actualmente Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), está celebrando el 50 aniversario de su creación. Por ello ha recibido múltiples visitas, entre las que cabe destacar las de Loyola del Palacio, vicepresidente de la Comisión Europea, y Anna Birulés, ministra de Ciencia y Tecnología, además de las de académicos y otras personalidades. Con este motivo se han firmado convenios de colaboración con el Hospital Universitario de Getafe, la Fundación Marcelino Botín y el Centro Comunitario de Transfusión del Principado de Asturias.

También se han realizado varios seminarios, que corrieron a cargo de Luciano Mainani (*La física de altas energías*); Manfred Becker (*Developments for Solar Thermal Power*); Massimo Salvatore (*Role of Partitioning and Transmutation*); Juan Pérez Mercader (*Búsqueda de la vida en el universo*); Robert Aymer (*The Future International Burning Plasma Experiments*); Hans Joergen Koch (*Energy Technologies for the 21st Century*); Luis Echevarría (*La energía nuclear y el desarrollo sostenido en la OCDE*); Juan Antonio Rubio (*Física de partículas*); Antonio Luque (*La electricidad fotovoltaica en el umbral de su despliegue global*) y Carlo Rubbia (*The Future of Energy*).

Reunión de la Sociedad Nuclear Española



Desarrollo de una de las sesiones de la reunión anual que la Sociedad Nuclear Española celebró en Valencia.

La Sociedad Nuclear Española ha celebrado en Valencia, entre los días 24 y 26 de octubre y en el Museo Príncipe Felipe de la Ciudad de las Artes y las Ciencias, su 27 reunión anual. El CSN ha contribuido a las sesiones técnicas con una serie de ponencias.

Nombramientos

Carol Kessler ha sido nombrada directora general ejecutiva de la Nuclear Energy Agency (NEA) en sustitución de Samuel Thompson. Desde 1965, Kessler ha desempeñado diferentes puestos de responsabilidad en el Departamento de Estado de Estados Unidos. En

1997 dirigió el Grupo de Trabajo de Seguridad Nuclear del G7.

Judith Melin, que hasta ahora había desempeñado diferentes responsabilidades en el área de protección radiológica del ministerio sueco de Medio Ambiente, ha sido nombrada nueva presidenta de la International Nuclear Regulators Association (INRA).

El secretario general del Foratom, Peter Haug, ha sido nombrado secretario general de la Sociedad Nuclear Europea. Haug ha sido director ejecutivo del Forum Atómico Alemán y de la Sociedad Nuclear Alemana.

● CENTRALES NUCLEARES

La información se refiere a los meses de septiembre, octubre y noviembre

José Cabrera

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

Comenzó el mes de septiembre en parada de recarga e inició el ciclo de operación número 26 el día 10 del mismo mes.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha propuesto el apercibimiento al titular por el incumplimiento de la especificación de funcionamiento 3/4.6.3.1, sobre válvulas de aislamiento de contención.

Durante este periodo se han efectuado ocho inspecciones a la central.

Santa María de Garoña

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha informado favorablemente la autorización para almacenar combustible de diseño GE-14 en la región II de la piscina de combustible irradiado, y la correspondiente revisión 21 del estudio de seguridad asociado a este cambio.

Durante este periodo se han efectuado once inspecciones a la central.

Almaraz

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

La unidad II inició el día 12 de octubre la parada de recarga, que se prolongó hasta el día 3 de noviembre. El día 2 de noviembre, con la unidad en modo 2 de operación al 1% de potencia nuclear, en el proceso de arranque tras la parada de recarga, se produjo una parada automática del reactor por pérdida de tensión en el canal de rango intermedio N-35. Se verificó que no había tensión de control de 118 V de corriente alterna. Se recuperó la misma y se incrementó la vigilancia de la alimentación eléctrica a las cabinas de instrumentación nuclear.

El CSN ha informado favorablemente la revisión número 61 (unidad I) y 56 (unidad II) de las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF) de la central, cuyo objetivo era incorporar una nueva especificación relativa a la refrigeración de la piscina de combustible gastado.

Durante los días 21 y 22 de noviembre se desarrolló el simulacro correspondiente al plan de emergencia de Cáceres (Penca), de la central.

El CSN ha remitido al titular de la central unas nuevas instrucciones técnicas complementarias a la autorización de explotación, desarrollando algunos aspectos de las que se remitieron con fecha 12 de junio de 2000, como resultado de la evaluación del Consejo de la citada autorización y de la revisión periódica de seguridad. En concreto, con estas nuevas instrucciones, se amplía el plazo para realizar la prueba de idoneidad de la línea de Mérida y la introducción de algunas modificaciones en los sistemas eléctricos que se llevarán a cabo durante los años 2002 y 2003.

Durante ese periodo se han efectuado 15 inspecciones a la central.

Ascó

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

La unidad I inició el día 8 de septiembre la parada de recarga, que se prolongó hasta el 6 de octubre.

En esta fecha, una vez realizadas las pruebas previas a la sincronización a la red eléctrica, aproximándose a la subcriticidad, en modo 3, se produjo una parada automática del reactor por actuación de la instrumentación nuclear de rango fuente, debido a que no se habían introducido correctamente unos fusibles en su posición. Esto hizo que se activase la lógica de actuación, por disparo de los biestables, y al desaparecer el permisivo P-6, provocó el disparo del reactor por rango fuente.

El día 25 de octubre se realizó una parada no programada del reactor, llevándolo hasta modo 3, para sustituir un transformador averiado correspondiente al centro de potencia 9B3 de 400 V.

El día 16 de noviembre se produjo el arranque del generador diesel B por señal de mínima tensión en la barra 9A, sin llegar a acoplar, por disturbios en la red de 110 kV durante el transcurso de una tormenta.

El día 28 de noviembre se desarrolló el simulacro anual de emergencia en la unidad II.

Se ha remitido, con relación a la unidad I, una instrucción técnica sobre la aplicación del análisis probabilista de seguridad a la inspección en servicio de las tuberías de clase I.

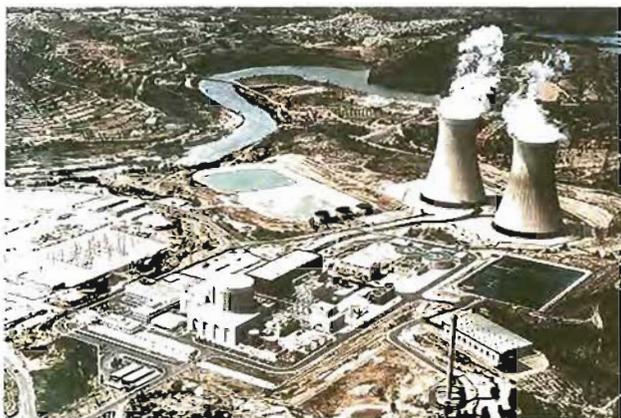
El CSN ha informado favorablemente la revisión número 62 de las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF) de la unidad I. El cambio aprobado consiste en pasar de las ETF al informe de límites de operación del núcleo (ILON) la dependencia de los

parámetros del ciclo relacionados con la ventana de temperatura media licenciada, teniendo en cuenta que los cambios de la miniventana de operación varían para cada ciclo evaluado.

El CSN ha propuesto apereibir al titular de la central por cambiar la titularidad de la misma sin la correspondiente autorización.

Durante este periodo se han efectuado cinco inspecciones a la central.

Cofrentes



Central nuclear de Cofrentes.

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

El CSN ha informado favorablemente el almacenamiento de combustible fresco con un enriquecimiento medio ligeramente superior al actualmente autorizado, así como la revisión del estudio de seguridad asociada. Este nuevo tipo de combustible está previsto que sea utilizado en el próximo ciclo de operación.

El CSN ha informado favorablemente la revisión 32 de las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF), que contempla una modificación en las pruebas de la función de seguridad de las válvulas de alivio/seguridad, modificaciones documentales y una actualización del valor de la capacidad máxima de almacenamiento de las piscinas de combustible gastado.

El día 24 de septiembre, estando la central al 100% de la potencia térmica ampliada y con todos los sistemas de seguridad operables, se produjo un disparo automático del generador diesel de la división I durante la prueba semestral para demostrar su operabilidad según las ETF. Se volvió a arrancar el mismo y tras varias oscilaciones erráticas de su potencia, el generador volvió a sufrir disparo por la protección de inversión de potencia. El generador diesel se declaró inoperable, aplicándose las ETF correspondientes, concluyendo que la causa del problema podía ser el regulador eléctrico o la parte eléctrica del regulador mecánico del generador diesel. Se recuperó la operabilidad del mismo el día 26 de septiembre.

El día 7 de octubre, estando la central en fase de recuperación de potencia tras una bajada de carga para reestructuración de las barras de control, se detectó un incremento en la conductividad del agua del reactor, que hizo que se llevase la central a parada caliente. Las causas de este incremento de conductividad se debieron a la entrada de aceite del cierre de la bomba de agua de alimentación B, que se dirigía, junto con el agua de cierre de dicha bomba, a través del depósito de desagües de condensado, al condensador principal. El aceite sufrió una descomposición térmica y radiolítica, que generó productos de descomposición volátiles, provocando el aumento de conductividad. El día 13 de octubre se recuperó la potencia térmica nominal.

El día 10 de octubre se produjo un disparo del generador principal por actuación del relé 86-2GT de provocado, por la protección de sobreintensidad en el neutro del transformador principal. No se produjo una parada automática del reactor por estar la potencia en ese momento por debajo del 35% de potencia.

Durante este periodo se han efectuado ocho inspecciones a la central.

Vandellós II

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

El día 20 de septiembre, durante una inspección rutinaria efectuada por personal de la central, se detectó ácido bórico cristalizado en una junta de la pared exterior del edificio de combustible. El ácido bórico procedía del agua de la tubería de aspiración del sistema de purificación de la piscina de combustible gastado, debido a una fuga a través de una fisura en un tramo de tubería embebido en la pared de hormigón del edificio. Para reparar la fuga el CSN ha concedido una exención temporal de las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF), permitiendo disminuir el nivel de la citada piscina por un periodo de 72 horas.

El CSN ha informado favorablemente la propuesta de cambio número 5 (revisión 1), del Plan de Emergencia Interior, que constituirá la revisión número 6 del mismo.

Asimismo, se ha informado favorablemente la revisión 38 de las ETF, que corrige discrepancias formales encontradas durante el proceso de revisión de las bases de diseño, modifica la especificación técnica del sistema de agua enfriada esencial, y se adaptan a la estructura organizativa de la central, plasmada en el reglamento de funcionamiento.

Durante este periodo se han efectuado cinco inspecciones a la central.

Trillo

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

El CSN ha informado favorablemente la revisión 7 de las especificaciones técnicas de funcionamiento

(ETF), por la que se modifican las correspondientes al sistema de ventilación de los edificios diesel y eléctrico.

El día 27 de septiembre, durante la prueba funcional de generación de corriente de emergencia del generador diesel de emergencia GY60, se produjo el disparo del mismo, por una anomalía en la tarjeta ASI del mando de accionamiento de la solenoide de parada. Durante la prueba de sobrepotencia del diesel, efectuada el 3 de octubre, se produjo otro disparo del mismo generador, cuando se encontraba al 110% de potencia, motivado por un mal funcionamiento del regulador de tensión. Tras la sustitución de la mencionada tarjeta y la del regulador de tensión se declaró operable el diesel.

El día 5 de noviembre, durante la realización de la prueba de funcionamiento de borado adicional, se detectó que el motor de accionamiento de la misma giraba en sentido contrario al requerido, sin que los parámetros hidráulicos de funcionamiento de la bomba se vieran alterados, al ser una bomba de desplazamiento positivo. Una vez corregido el conexionado eléctrico y tras la realización de la prueba correspondiente se declaró operable el equipo. Asimismo, se efectuó un análisis sobre las consecuencias que pudieran afectar a la bomba, su lubricación y sus funciones de seguridad.

El día 11 de noviembre se desacopló la central por alta conductividad en los generadores de vapor debido a la rotura de un tubo en el condensador. El CSN aprobó una exención temporal de las ETF, con objeto de posibilitar la limpieza química del lado secundario de los generadores de vapor, después de la aparición de alta conductividad en ellos como consecuencia de la citada rotura. La exención se ha concedido por el tiempo necesario para llevar a cabo los trabajos, estableciéndose en todo caso un plazo máximo de siete días.

Durante este periodo se han efectuado seis inspecciones a la central.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Jornada sobre el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

El día 15 de noviembre, organizada conjuntamente por la Sociedad Española de Protección Radiológica, la Sociedad Nuclear Española y la Sociedad Española de Física Médica, se celebró en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid una jornada sobre el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes aprobado en julio de 2001.

Allí se presentaron las novedades de este reglamento con respecto a la revisión anterior, y se celebró una mesa redonda en la que se trató sobre el impacto de la nueva norma en los diferentes sectores y actividades. Durante la jornada se presentó una publicación, editada conjuntamente por las sociedades organizadoras, en la que se incluye el texto comentado del nuevo reglamento.

Reunión sobre protección radiológica en instalaciones de radiografía industrial

Dedicada a la protección radiológica en instalaciones de radiografía industrial, se ha celebrado en Roma, los días 17 a 19 de octubre, la quinta reunión anual de la Red ALARA Europea.

Mediante presentaciones y pósters, durante el encuentro se discutió sobre la situación actual, los equipos de gammagrafía, dosímetros y vigilancia de la radiación, la cultura de seguridad y la organización y gestión y, por último, la formación en protección radiológica.

En cada una de las áreas se constituyó un grupo de trabajo que elaboró propuestas para mejorar la protección radiológica en estas instalaciones. Como conclusiones de la reunión se aprobaron una serie de recomendaciones para la Comisión Europea, con el objetivo de armonizar los requisitos y las prácticas en los países de la Unión.

Reunión de la ponencia de protección radiológica del Consejo Interterritorial de Salud

El día 20 de noviembre se celebró la reunión de la Ponencia de Protección Radiológica del Consejo Interterritorial de Salud del Ministerio de Sanidad, a la que asistieron representantes del Consejo de Seguridad Nuclear. Entre otros temas de interés, se abordaron aspectos relativos a los cursos de auditores de unidades asistenciales de medicina nuclear y de radioterapia, a las dosis recibidas por la población debido a las exposiciones médicas, a la justificación del uso de las radiaciones ionizantes, a las actividades emprendidas por los miembros y grupos del artículo 31, sobre exposiciones médicas, y a la vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos.

Reunión sobre prevención de riesgos radiológicos en el reciclaje de metales

Los días 23 y 24 de enero tuvo lugar en Sevilla una reunión sobre prevención de riesgos radiológicos en el reciclaje de metales en los Estados miembros de la Unión Europea para presentar una iniciativa de la Presidencia Española, que tiene por objeto que el Consejo de Ministros de la UE apruebe una resolución en la que se invite a los gobiernos nacionales a adoptar sistemas similares al implantado en España a través del Protocolo de Colaboración para la Vigilancia Radiológica de los Productos Metálicos.

La iniciativa partió del Ministerio de Economía, el Consejo de Seguridad Nuclear y Enresa, como consecuencia de los resultados de la aplicación del Protocolo que firmaron en noviembre de 1999 la Administración española y el sector del reciclado del acero, representado por las patronales de la siderurgia y la recuperación, y por los sindicatos.

A la jornada asistieron representantes de las administraciones, los organismos reguladores, las agencias



María-Teresa Estevan y Vittorio Ciani, en la sesión de clausura de la reunión celebrada en Sevilla.

de residuos radiactivos, los sectores del acero y la recuperación, los sindicatos y las empresas de servicios de los países miembros y candidatos de la Unión Europea.

La jornada fue inaugurada por el secretario de Estado de Economía, Sr. Folgado, el secretario general de Empleo y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Andalucía, Sr. López Casero, y el Director de la Comisión Europea Sr. Kaiser, entre otras personalidades.

En la primera sesión se presentó en detalle el caso español por un representante de cada una de las instituciones firmantes del Protocolo. A continuación, el Sr. Ciani, de la Comisión Europea, presentó las actividades desarrolladas por la Comisión en este campo, y finalmente, la Sra. Becerril, directora General de Política Energética y Minas, presentó la iniciativa de la Presidencia Española.

En la segunda sesión, un representante de cada sector implicado —reguladores, agencias de residuos radiactivos, acereros y recuperadores— dio su opinión sobre la iniciativa española, dando lugar a un extenso debate moderado por el vicepresidente del CSN, Sr. Azuara. En el debate se discutieron tres asuntos básicos de la propuesta española: la responsabilidad de los recicladores en relación con los daños y costes derivados de la presencia de material radiactivo en la chatarra, la financiación de un sistema de vigilancia radiológica y de gestión de los materiales radiactivos que aparezcan en el sector, y el movimiento intracomunitario y transfronterizo del material radiactivo aparecido en la chatarra.

En la tercera sesión se presentó un resumen del debate y la propuesta española revisada teniendo en cuenta las conclusiones de aquél. La propuesta recibió una acogida muy favorable por parte de todos los asistentes, que manifestaron explícitamente su interés en la existencia de una iniciativa de esta naturaleza a escala comunitaria. La propuesta fue formalmente entregada en el acto de clausura por la presidenta del CSN, María Teresa-Estevan Bolea, al representante de la Comisión Europea en la reunión, Sr. Ciani.

(Page 2)

Radioactive facilities in Spain

🔗 **Ignacio Lequerica, Manuel Rodríguez**

This article discusses the radioactive facilities authorised in Spain for the various uses of ionising radiation, and outlines the safety and radiological protection requirements applicable to them and the CSN authorisations involved in their licensing and inspection, and the checks made during their operation. It also describes other activities related to the operation of radioactive facilities, such as the control of radioactive sources, staff training, operational experience and dose monitoring of workers.

(Page 15)

Digital radiology and radiation doses to patients

🔗 **E. Vañó, J.M. Fernández, J.I. Ten, C. Pedrosa**

This article describes the use of digital technology in medical imaging at the San Carlos Hospital in Madrid, highlighting the aspects of generation, transmission and storage of radiological images. Radiological protection of patients is addressed through an online quality-control system prototype developed in the framework of the European DIMOND programme.

(Page 24)

The Regulations on Health Protection against Ionising Radiation

🔗 **Ignacio Amor, María Jesús Muñoz**

This article reviews the aspects of the new RHPIR that may be considered

Resúmenes

most significant either because they involve substantial amendments to the previous regulations or because of their practical importance. The article also analyses the further development required for the Regulations' practical implementation through the legal instruments provided to facilitate their application.

(Page 30)

Radiological protection in industrial gamma scintigraphy facilities

🔗 **Manuel Rodríguez, Sofía Suárez**

Operational experience has shown that the mobile scintigraphy sector is not only that where individual doses are highest but also where there are the greatest number of high doses, overdoses and incidents. This fact highlights the need for improvement in the optimisation of radiological protection in the sector. In this context the CSN has adopted and implemented an action plan aimed at reducing doses to operating staff.

(Page 38)

The regulatory outlook in the United States

🔗 **Richard Meserve**

On 25 October 2001 Richard Meserve, chairman of the Nuclear Regulatory Commission (NRC), gave a talk at the headquarters of the Nuclear Safety Council. After a presentation by María-Teresa Estevan Bolea, chair of the CSN, the speaker discussed the regulatory initiatives currently in process in

the United States and the sector's new situation following the September 11 attacks. Richard Meserve's talk is transcribed below.

(Page 43)

The new radiological record card

Instruction no. IS-02 of 31 May 2001, issued by the Nuclear Safety Council, defining the format and contents of the individual radiological monitoring document (radiological record card), regulated by Royal Decree 413/1997, was published in the Spanish official Journal (BOE) no. 187 of 6 August 2001. The text of the Instruction is transcribed below.

(Page 46)

The incident at Siderúrgica Sevillana S.A.

With the information available at the date of publication, this article gives a summary of the incident at the plant of the company Siderúrgica Sevillana S.A. in Alcalá de Guadaíra (province of Seville), in which a Caesium 137 source was melted down. The article also describes the measures adopted at the CSN's initiative and the extent to which they have been implemented. Lastly an initial assessment of given of the incident's radiological consequences.

(Page 50)

Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923)

We start this review and tribute to the great figures of science in the development of peaceful uses of nuclear power and radioactivity with Roentgen, who was also the first winner of the Nobel Prize for Physics, in 1901.

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.