

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN 2011



- ▲ *Control de la contaminación radiactiva superficial en el ámbito de la investigación biológica*
- ▲ *Procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos*
- ▲ *Análisis de calidad de imagen vs dosis aplicada al paciente en radiografía panorámica digital*
- ▲ *Vigilancia radiológica ambiental en instalaciones de PET-CT*

## Directora

Ángeles Sánchez

## Coordinador

Borja Bravo

## Comité de Redacción

Teresa Durán  
Cristina Garrido  
Rosa Gilarranz  
José Gutiérrez  
Sofía Luque  
Matilde Pelegrí  
Javier Pifarré  
José Ribera  
Borja Rosell  
Inmaculada Sierra  
M<sup>o</sup> Luisa Tormo  
María Ángeles Trillo  
Fernando Usera

## Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

## Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

Ignacio Hernando  
Xavier Ortega  
Teresa Ortiz  
Eduardo Sollet  
Alejandro Úbeda

## Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: info@gruposenda.net

Imprime: IMGRAF, S.L.

Depósito Legal: M-17158-1993 ISSN: 1133-1747

La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA es una publicación técnica y plural que puede coincidir con las opiniones de los que en ella colaboran, aunque no las comparta necesariamente.



# S U M A R I O

• Editorial	<b>3</b>
• La Protección Radiológica en 2011	<b>6</b>
• Colaboraciones	<b>14</b>
- Control de la contaminación radiactiva superficial en el ámbito de la investigación biológica S. Calvo, A. de la Encina, J. Gaspar, M.T. Macías, A. Sánchez y F. Usera	14
- Procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos J.A. González-González, L. Pujol, M.J. Suárez-Navarro y M. García-Galludo	20
- Análisis de calidad de imagen vs dosis aplicada al paciente en radiografía panorámica digital M. Pérez-Díaz, T. Borges-García, J. León-Santana, I. Vanderley-Brasileiro, H. Khoury e I. Miranda-Castañeda	27
- Vigilancia radiológica ambiental en instalaciones de PET-CT M.A. de la Casa, R. Gilarranz, P. Adaimi, L.C. Martínez, M.A. Ruiz, M.J. Rot, F. Clemente, A. Milanés, J.M. Delgado y M.J. Manzanar	33
• Noticias	
- de la SEPR	4
- de España	38
- del Mundo	41
• Proyectos de Investigación	<b>52</b>
• Publicaciones	<b>54</b>
• Convocatorias y Cursos	<b>56</b>

La SEPR permite la reproducción en otros medios de los resúmenes de los artículos publicados en Radioprotección, siempre que se cite al principio del texto del resumen reproducido su procedencia y se adjunte un enlace a la portada del sitio web [www.sepr.es](http://www.sepr.es), así como también el nombre del autor y la fecha de publicación. Queda prohibida cualquier reproducción o copia, distribución o publicación, de cualquier clase del contenido de la información publicada en la revista sin autorización previa y por escrito de la SEPR. La reproducción, copia, distribución, transformación, puesta a disposición del público, y cualquier otra actividad que se pueda realizar con la información contenida en la revista, así como con su diseño y la selección y forma de presentación de los materiales incluidos en la misma cualquiera que fuera su finalidad y el medio utilizado para ello, sin la autorización expresa de la SEPR o de su legítimo autor, quedan prohibidos.

# Editorial

La revista *RADIOPROTECCIÓN* debe ser el vínculo de transmisión del estado del arte de la protección radiológica en los diferentes sectores, permitiéndonos, que además de incrementar nuestros conocimientos en nuestra área de actividad específica, podamos conocer la problemática actual de la protección radiológica en sectores que aunque nos parezcan ajenos, en algún momento pueden interaccionar en nuestra actividad.

Conseguir este objetivo no es nada fácil, y debemos agradecer al Comité de Redacción y al Comité Científico el esfuerzo que vienen realizando, número tras número para lograrlo. En esta ocasión las colaboraciones son un fiel reflejo de este objetivo.

Conocer la incidencia de contaminación radiactiva en instalaciones radiactivas de investigación biológica, la problemática de la dosimetría ocupacional y del público en instalaciones de PET nos va a permitir la evaluación de nuestros resultados en esas instalaciones. Los procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos, puede permitir homogeneizar procedimientos para optimizar la protección radiológica y dar respuesta a una problemática de mucha actualidad. El análisis de la dosis versus calidad de imagen en la radiografía dental panorámica, nos permite conocer

procesos de optimización en la protección radiológica del paciente en radiodiagnóstico, inmersa en la actualidad en procesos de cambio debido a la cada vez mayor implantación de la radiología digital.

La Junta Directiva está realizando un gran esfuerzo para que la situación económica no implique una disminución de actividades, ni del nivel de actuación de la SEPR a nivel internacional. Las colaboraciones por video conferencia como en el Congreso de Cuzco, que ha sido un auténtico éxito, o la participación en el Congreso de IRPA 13 son un buen ejemplo. A nuestros compañeros que aceptaron representar a la SEPR les queremos mostrar nuestro agradecimiento.

Cada número de la revista, nuestra página web, nuestras actividades, son el resultado de la ilusión y generosidad de un puñado de compañeros que día a día trabajan para todos nosotros. Desde aquí queremos agradecer muy especialmente la dedicación de Alejandro Úbeda como coordinador del número de la revista dedicado a las radiaciones no ionizantes, que ha conseguido que sea una referencia en este tema.

Esperamos seguir con el día a día de la SEPR, y continuar ilusionándonos con los avances de la protección radiológica en las diferentes instalaciones.

MARISA ESPAÑA  
Presidenta de la SEPR



## Secretaría Técnica

Isla de Saipán, 47  
28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50  
Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: [secretaria@sepr.es](mailto:secretaria@sepr.es)

## Junta Directiva

Presidenta: M<sup>º</sup> Luisa España  
Vicepresidente: Eduardo Gallego  
Secretaria General: Beatriz Robles  
Tesorero: Alejandro Úbeda  
Vocales: Óscar González, Borja Rosell, Carmen Rueda, Pedro Ruiz y Rosario Salas

## Comisión de Actividades Científicas

Presidente: Eduardo Gallego  
Secretaria: Isabel Villanueva  
Vocales: Josep Baró, Pío Carmena, Carlos Enríquez, Rosa Gilarranz, Margarita Herranz, Carmen Rueda, Pedro Ruiz, Ángeles Sánchez y Alejandro Úbeda

## Comisión de Publicaciones

Presidente: Borja Rosell  
Secretaria: Ángeles Sánchez  
Vocales: Juan Carlos Mora, José Gutiérrez

## Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: Alejandro Úbeda  
Vicepresidente: Eduardo Gallego  
Vocales: Pío Carmena, Cristina Correa, Beatriz Robles, Rosario Salas y Carmen Vallejo

## Comisión de Asuntos Institucionales

Presidenta: M<sup>º</sup> Luisa España  
Secretario: Eduardo Gallego  
Vocales: Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Carmena, Pedro Carboneras, Manuel Fernández, José Gutiérrez, Ignacio Hernando, Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel Rodríguez, Rafael Ruiz Cruces y Eduardo Sollet

## LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva celebró reunión en el Hospital Universitario Ramón y Cajal, el día 12 de abril.

Durante la misma se aprobó el cambio de secretaría técnica. Este cambio viene motivado por el aumento de honorarios que, desde mayo, nos iban a aplicar el Grupo Saned que eran los que prestaban este servicio en la actualidad. Se aprueba por unanimidad contratar los servicios de Grupo SENDA aceptando la oferta presentada. Además Grupo SENDA era ya la empresa que se ocupaba de los servicios de la revista RADIOPROTECCIÓN, la página web y la organización de las jornadas de la Sociedad. Quedando así todo integrado en la misma empresa.

Marisa España presentó las actividades de la SEOR que está previsto celebrar en el segundo semestre del año 2012 y dio información sobre la planificación del próximo Congreso Conjunto que se celebrará en Cáceres en 2013.

Otros temas tratados fueron:

- Aprobación del alta de seis nuevos socios y baja de tres.
- Alejandro Úbeda, tesorero de la Sociedad, explicó que ya se habían justificado las subvenciones que, en el ejercicio 2011, había concedido el CSN (revista RADIOPROTECCIÓN y Congreso Conjunto de Sevilla).
- Eduardo Gallego explicó que el proyecto que se había presentado a la convocatoria de subvención del año 2012 consistía en un curso, una jornada y el libro con los textos sobre "Conocimientos actuales en radiobiología".
- Se presentó y quedaron aprobados los miembros de la Sociedad que representarán a la SEPR en la Asamblea General del IRPA que se celebrará, coincidiendo con el congreso IRPA 13, en Glasgow.
- Se debatió y se aprobaron los votos que la SEPR dará a los candidatos que las diversas asociaciones nacionales presentan para formar parte de Comité IRPA, que se elegirán en la Asamblea General, en Glasgow

*Beatriz Robles*  
*Secretaría General de la SEPR*

## Comisión de Asuntos Institucionales

La Comisión de Asuntos Institucionales (CAI) se reunió el pasado 5 de junio, con temas variados en la agenda, que reflejan la actividad desarrollada en los últimos meses y los planteamientos de cara al inmediato futuro, en el contexto de reducción de ingresos y gastos.

### Plan Estratégico 2012-2014

Se dispone ya de un borrador de actualización del Plan para el periodo 2012-2014, que se continuará desarrollando a lo largo de este año entre la propia CAI y la Junta Directiva (JD) en un proceso de comentarios que concluya en otoño con una

- versión cerrada para someterla a la aprobación de la Asamblea General del próximo otoño.

- Entre las novedades que se discutieron, se propuso la creación de un grupo de trabajo estable sobre normativa, dependiente de la CAI, al que remitir los borradores de normas que la SEPR recibe para comentarios y, que en algunas ocasiones, resulta difícil atender debidamente.

### Aspectos económicos

- En las condiciones actuales de crisis económica, se ha experimentado una reducción muy significativa en las contribuciones económicas para el sostenimiento de las actividades de la Sociedad por parte de los patrocinadores habituales de la SEPR. Por ello, en la reunión la CAI debatió la propuesta de reducir la edición de la revista RADIOPROTECCIÓN en papel a solo dos números anuales, publicando los demás exclusivamente en formato electrónico. Ello puede suponer un ahorro significativo. Además, se ha de extremar el control presupuestario del próximo Congreso, ya que por su volumen puede ser un factor que desequilibre las finanzas de la Sociedad.

- Se propuso también estudiar las posibilidades de financiación por patrocinios a la página electrónica de la SEPR, cuya visibilidad, a juzgar por el número de visitas que recibe, es muy significativa.

- También se informó a los miembros de la CAI sobre el reciente cambio de la Secretaría Técnica de la SEPR, forzado por las inaceptables condiciones económicas que la empresa responsable de la anterior secretaría propuso, y que no dejaron alternativa. La Junta Directiva ha adjudicado la Secretaría Técnica a Grupo SENDA, con quien ya se mantenían relaciones muy estrechas en la organización de actividades, el mantenimiento de la página electrónica y en la edición de la revista. Por ello, se confía en que el cambio suponga el mantenimiento del alto nivel de satisfacción que se tiene en estas colaboraciones. Así mismo se quiso resaltar la profesionalidad, amabilidad y dedicación a la SEPR por parte de Mar Pérez Villalba, durante los quince años en los que ha desempeñado su trabajo como secretaría, y a la que todos los socios, y en particular los miembros de las sucesivas juntas directivas y de las diferentes comisiones vamos a echar de menos en lo personal.

### Plan de Actividades

- La CAI valoró muy positivamente el Plan de Actividades de 2012, que está manteniendo un buen nivel y conteniendo significativamente los gastos. Se debatió la política a seguir sobre las cuotas de asistencia a cursos y jornadas, la remuneración a profesores de cursos. Se propuso crear una plantilla para las presentaciones que se realicen en actividades de la SEPR.

- Se destacó el gran impacto que algunas publicaciones electrónicas está teniendo (*Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico*; propuesta de textos a incluir en

los consentimientos informados de pruebas radiológicas relativos a riesgos por radiaciones ionizantes).

Finalmente, se hicieron algunas sugerencias para mejorar el formato de la jornada anual sobre "La Protección Radiológica en 20...", incidiendo en que se debería dar más protagonismo a la propia SEPR en dicha jornada.

Sobre la página electrónica de la SEPR, se constató su consolidación como medio de participación de los socios y como ventana a la sociedad en su conjunto. Las secciones sobre preguntas más frecuentes se van desarrollando a buen ritmo, estando ya desde hace meses publicada la referida a radiaciones no ionizantes, disponiéndose de un borrador avanzado sobre el uso médico de las radiaciones, y estando pendiente los relativos a instalaciones nucleares y a NORM. Se pretende crear una sección de ofertas de empleo para satisfacer una necesidad obvia de muchos socios y simpatizantes.

#### Próximo Congreso Conjunto SEFM-SEPR

Destacando entre las actividades para el año 2013 aparece el Congreso que se celebrará en Cáceres. Pío Carmona, como co-presidente del Comité Científico del Congreso, informó sobre el estado de avance de la organización y los aspectos del programa, pidiendo a la Junta Directiva una aprobación por correo electrónico del Primer Anuncio, cuyo borrador estará preparado en días, para ser distribuido en el mes de julio.

También se recordó que el Congreso puede ser una buena oportunidad para que los diferentes Grupos de Trabajo de la SEPR celebren reuniones.

#### Relaciones internacionales

En el contexto de las relaciones internacionales, lo más destacado ha sido el reciente Congreso IRPA 13 de Glasgow. Se destacó la buena acogida que tuvo la presentación de la base de datos de cursos y recursos de formación, como contribución de la SEPR a la IRPA. Esta herramienta permitirá una búsqueda mucho más eficaz, abierta a todos los miembros de IRPA, de actividades o material de formación y fue presentada ante el Consejo Ejecutivo y posteriormente en el Foro de Sociedades IRPA, el día 12 de mayo. También se destacaron en especial los programas para favorecer la integración de los jóvenes profesionales o científicos en las actividades de las sociedades y de la propia IRPA, así como el premio para ponencias presentadas por jóvenes.

La próxima reunión del grupo de sociedades europeas de la IRPA tendrá lugar el 22 de octubre, en Venecia, organizada por la Sociedad Italiana de Radioprotección.

En el apartado internacional también se resaltó lo exitoso de la sesión por videoconferencia con la que la presidenta y el vicepresidente de la SEPR participaron en el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica de Cuzco (Perú), celebrado del 2 al 4 de abril.

#### Grupos de trabajo

Se ha de reactivar el Grupo de Trabajo de Representantes Internacionales de la SEPR tras la incorporación de Isabel Villanueva como nueva coordinadora del mismo.

Sobre el Grupo de Trabajo sobre Cultura de Protección Radiológica, lo principal es que han trabajado de manera muy eficaz. Su coordinador, Fernando González presentó, en una reunión específica en Glasgow durante el Congreso IRPA13, los comentarios y aportaciones del Grupo al documento de "Principios de la IRPA sobre Cultura de la Protección Radiológica", que aún necesita otra revisión y ronda de comentarios.

Se procederá a establecer próximamente un Grupo de Trabajo sobre Normativa.

Eduardo Gallego

#### Gracias, Mar

La Sociedad Española de Protección Radiológica y, en especial, su Junta Directiva quieren agradecer a Mar Pérez Villalba la extraordinaria labor desarrollada en los últimos años al frente de la Secretaría de la SEPR.

Con una admirable capacidad de trabajo, Mar siempre ha demostrado su eficacia profesional y una constante disponibilidad pero, sobre todo, es su calidad humana y su integridad personal por lo que siempre la recordaremos quienes hemos tenido la suerte de trabajar con ella. ¡Muchas gracias, Mar!



Comité de redacción

#### Cambio en la Secretaría Técnica de la SEPR

La empresa Edicomplet ha comunicado a la Junta Directiva de la SEPR un incremento en los costes de la Secretaría, con efecto el día 1 de mayo, totalmente inasumibles con el presupuesto actual. Ante esta situación la Junta Directiva, después de evaluar diferentes posibilidades, ha aprobado trasladar la Secretaría Técnica a Grupo SENDA, empresa con la que desde hace tiempo la SEPR mantiene vínculos profesionales, y que siempre ha desarrollado sus compromisos con profesionalidad y eficiencia.

El cambio se hará efectivo el próximo 1 de mayo, y se adjuntan los datos de la nueva Secretaría Técnica. Pondremos todo nuestro interés en que este cambio no afecte a la actividad diaria de la SEPR, y os rogamos que, si durante esta etapa de transición, detectáis cualquier anomalía nos lo comuniquéis a la mayor brevedad posible.

Persona de contacto: Beatriz Díez

Correo electrónico: secretaria@sepr.es

Dirección postal: Isla de Saipán, 47. 28035 Madrid

Teléfono: +34 91 373 47 50

Fax: +34 91 316 91 77

Comité de redacción.

# La Protección Radiológica en 2011



*Participantes en la Jornada sobre Protección Radiológica en 2011.*

El pasado 12 de abril, la Sociedad Española de Protección Radiológica, con la colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear, el Ciemat, Unesa, Enresa y el Grupo Enusa celebró la Jornada Anual de Protección Radiológica en el Hospital Universitario Ramón y Cajal de Madrid.

El objeto de esta Jornada fue presentar al colectivo de profesionales españoles de la protección radiológica cuáles han sido las novedades, resultados, retos y logros más destacados en los diferentes sectores relacionados con esta disciplina en el año anterior y tener un conocimiento directo de las actividades más destacadas y compartir las conclusiones para que aumente la eficacia de la protección radiológica. La Jornada se configuró con una visión global de los resultados de actividades y proyectos destacados del año 2011 y de otros para 2012, por parte del Consejo de Seguridad Nuclear, y del Comité sobre Protección en Medicina de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Dada su trascendencia en 2011 y la importancia de cara a preparar la respuesta a situaciones semejantes, también se presentó un primer balance de las consecuencias radiológicas y medioambientales del accidente de Fukushima, a través de las misiones del Organismo Internacional de Ener-

gía Atómica. Por último, en el campo de las radiaciones no ionizantes, en 2011 la Organización Mundial de la Salud, a través de su Agencia Internacional para la Investigación sobre Cáncer (IARC), clasificó los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como "posiblemente cancerígenos para humanos (Grupo 2B)", por lo que se revisó la cuestión y sus implicaciones.

La Jornada fue inaugurada por Javier Maldonado, director gerente del Hospital Universitario Ramón y Cajal; Juan Carlos Lentijo, director técnico de Protección Radiológica del CSN; Leopoldo Arranz, jefe del Servicio de Protección Radiológica del Hospital Universitario Ramón y Cajal; y por Marisa España, presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

En las presentaciones se explicaron resultados de los programas reguladores en protección radiológica y aspectos científico-técnicos y de actualidad que comprendieron los siguientes temas:

- Resultados de los programas reguladores en protección radiológica en el año 2011 y los proyectos para el año 2012.
- El accidente de la central nuclear de Fukushima. La segunda misión del OIEA. Implicaciones radiológicas y sobre la planificación de emergencias.

- Trabajos en curso del Comité 3 (Protección en Medicina) de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y del Grupo de Exposiciones Médicas de Euratom.
  - Las radiaciones no ionizantes en telefonía móvil. Bases científicas para su consideración como "posiblemente cancerígenos para humanos".
- En la última intervención, el vicepresidente de la SEPR,

Eduardo Gallego presentó el Plan de Actividades de la SEPR para 2012 cuyos contenidos fueron publicados en el núm. 71 de RADIOPROTECCIÓN y que está disponible en la página web de la SEPR, así como las presentaciones de cada uno de los ponentes.

A continuación se recoge una síntesis de las presentaciones realizadas:

## RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS REGULADORES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL AÑO 2011 Y LOS PROYECTOS PARA EL AÑO 2012

### EL ACCIDENTE DE LA CENTRAL NUCLEAR DE FUKUSHIMA. LA SEGUNDA MISIÓN DEL OIEA. IMPLICACIONES RADIOLÓGICAS Y SOBRE LA PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

**JUAN CARLOS LENTIJO LENTIJO** - DIRECTOR TÉCNICO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL CSN Y COORDINADOR DEL EQUIPO ENVIADO POR EL OIEA EN SU SEGUNDA MISIÓN A JAPÓN

En la primera presentación se resumen los resultados más relevantes que han tenido lugar en 2011 en el ámbito de la protección radiológica, las emergencias y la seguridad y protección física, mencionando también los proyectos más importantes previstos para 2012.

#### ASPECTOS DESTACABLES

Se relacionan a continuación algunos de los aspectos de especial interés en 2011, tanto en el ámbito de las actuaciones reguladoras como en otras actividades de protección radiológica, identificando, en su caso, el apartado correspondiente en el que posteriormente se desarrollan.

- Accidente de la central nuclear de Tepco-Fukushima Daiichi.
- Aprobadas IBSS del OIEA y otras instituciones.
- Real Decreto de protección física en instalaciones nucleares, materiales nucleares y fuentes radiactivas.
- Aceptada la participación de España en Unsear.
- Lanzamiento, en colaboración con el Ministerio de Sanidad, de proyectos para la protección del paciente.
- Curso UIMP sobre aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes.
- IS-31. Control radiológico de materiales residuales en instalaciones nucleares.
- IS-33. Criterios radiológicos de protección frente a la radiación natural.
- Intrusión de un grupo ecologista en Cofrentes.

#### ACTUALIZACIÓN LEGISLATIVA Y REGLAMENTARIA

Un hito importante en 2011 fue la publicación del Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre sobre protección física de los materiales y las instalaciones nucleares y las fuentes radiactivas, que tiene como objeto cubrir una preocupación que existe a nivel internacional sobre la posibilidad de sabotaje a las instalaciones nucleares y los

usos ilícitos que puedan darse a los materiales nucleares y radiactivos.

Con este Real Decreto, que deroga al anterior Real Decreto 158/1995, de 3 de febrero sobre protección física de los materiales nucleares, se ha implantado la enmienda a la Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares firmada en consenso por todos los estados parte de la citada Convención, el 8 de julio de 2005, para incrementar de manera sustancial los controles sobre los materiales nucleares, incorporando la protección física de las instalaciones nucleares y reforzando la cooperación internacional en este ámbito.

Las entidades implicadas en este proceso son el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para el otorgamiento o denegación de las Autorizaciones de Protección Física que se definen en el Real Decreto y el Ministerio del Interior y el CSN quienes emitirán los informes preceptivos para el otorgamiento de las Autorizaciones, realizarán actividades de inspección y control sobre las mismas y serán responsables del desarrollo de la normativa específica sobre protección física de los materiales nucleares y fuentes radiactivas.

Deberán solicitar la Autorización Específica de Protección Física aquellas instalaciones nucleares en las que se produzcan, procesen, utilicen o se realice la disposición final de materiales nucleares de categoría I, II y III, de forma sincronizada con algunas de las autorizaciones establecidas en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

Asimismo, según lo establecido en la sección primera del capítulo III del nuevo Real Decreto, las fuentes radiactivas de categoría 1, 2 y 3 deberán disponer de un sistema de protección física que se describirá en el documento Plan de Protección Física cuya tramitación se incluirá en la Autorización de funcionamiento de la instalación radiactiva. Finalmente, el transporte de materiales nucleares de categorías I, II y III de-

berá disponer de Autorización de Protección Física siguiendo las directrices de la sección segunda de este mismo capítulo.

La finalidad de la aplicación de este Real Decreto es reforzar las medidas urgentes a tomar para localizar y recobrar material nuclear robado u objeto de contrabando, mitigar cualquier consecuencia radiológica de un sabotaje y tratar de impedir y combatir cualquier posible delito relacionado con estos materiales.

### **PARTICIPACIÓN EN UNSCEAR**

El Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones ionizantes, UNSCEAR, fue establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955. Su mandato en el sistema de las Naciones Unidas es evaluar e informar sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes.

La Asamblea General de Naciones Unidas, mediante su resolución 66/70 de 9 de diciembre de 2011, invitó a seis nuevos estados, entre ellos España, a nombrar representantes para formar parte del Comité.

Para llevar a cabo una participación efectiva en los trabajos de Unsear se ha establecido una coordinación institucional entre el CSN (que ejercerá la representación); el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; el Ciemat; y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, a fin de cubrir todos los ámbitos de interés.

### **INSTALACIONES RADIATIVAS Y DE RX AUTORIZADAS**

A finales de 2011 el número total de instalaciones radiactivas era de 1.390 (sin incluir las radiactivas del ciclo), de las cuales una era de 1ª Categoría, 1.048 de 2ª Categoría y 341 de 3ª Categoría, lo que confirma una importante estabilidad en el sistema, que ya ha venido constatándose en los últimos años. Asimismo, estaban registradas 32.595 instalaciones de radiodiagnóstico médico (R.D. 1085/2009), lo que supone un ligero crecimiento respecto a 2010 si bien es de destacar que estos crecimientos anuales se vienen produciendo de modo continuo, y han dado lugar a un incremento de 12.387 instalaciones registradas respecto a las que había en el año 2001.

### **ACTUACIONES REGULADORAS EN INSTALACIONES RADIATIVAS**

Durante el año 2011, se realizaron un total de 334 actuaciones de licenciamiento en las instalaciones (industria, medicina, investigación, docencia y comercialización), de las que 52 fueron nuevas autorizaciones de funcionamiento, 54 clausuras y 228 modificaciones. Se realizaron 1.796 inspecciones, distribuidas en 1.401 de control y 107 de puesta en marcha o clausura de instalaciones radiactivas, y 288 de control de rayos X médicos.

Como resultado de la supervisión del funcionamiento de las instalaciones, se realizaron 72 apercebimientos y tres propuestas de sanción y se emitieron tres circulares, relativas a, la gestión del inventario nacional de fuentes encapsuladas de alta actividad; a las obligaciones de los centros sanitarios con instalaciones de medicina nuclear y/o radioterapia, cuando actúen como expedidores en transporte de material radiactivo, y al uso de la escala INES de sucesos radiológicos y nucleares como sistema de clasificación/información pública de los sucesos ocurridos en instalaciones radiactivas y en el transporte en todas las instalaciones radiactivas autorizadas.

### **ACTUACIONES REGULADORAS EN ENTIDADES DE SERVICIO**

A finales de 2011 se encontraban autorizados 81 Servicios de Protección Radiológica (SPR), autorizándose cinco nuevos y modificándose tres a lo largo del año, mientras que estaban en evaluación las solicitudes de otros 20. Se constata, cada vez más, el incremento progresivo en el número de estos servicios como consecuencia de la aplicación en el campo médico de la Instrucción de Seguridad del CSN IS-08 y al compromiso de este sector con la protección radiológica. Se realizaron 18 inspecciones a SPR.

Por lo que respecta a las Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR), continúa la situación de estabilidad con 47 UTPR autorizadas. A lo largo del año se efectuaron doce procesos de autorización y 20 inspecciones.

Asimismo, continúan autorizados 21 Servicios de Dosimetría Personal Externa (SDPE) y nueve Servicios de Dosimetría Personal Interna (SDPI), sobre los que, en 2011, se realizaron nueve inspecciones.

En 2011 se emitió una instrucción técnica sobre el contenido de los informes anuales de los Servicios de Protección Radiológica. La instrucción requiere que dichos informes anuales se ajusten a las modificaciones introducidas por la publicación del RD 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de radiodiagnóstico médico, actualizando el contenido de los informes anuales de los SPR previamente establecido mediante la Instrucción Técnica ITC/01/05 de 2005, que queda anulada.

También se emitió una circular relativa al contenido de los informes anuales de actividades que la Unidades Técnicas de Protección Radiológica deben remitir al CSN en el primer trimestre de cada año natural.

### **DOSIMETRÍA**

A finales de 2011, el número de trabajadores clasificados como expuestos era de 109.741, de los cuales 12.183 en centrales nucleares; 1.103 en instalaciones del ciclo de

combustible, residuos y Ciemat; 82.315 en instalaciones radiactivas médicas; 7.850 en industriales; 5.799 en instalaciones de investigación; 356 en instalaciones en desmantelamiento y clausura y 135 en transporte. El número total de trabajadores controlados ha aumentado ligeramente respecto a 2010.

La dosis media anual de los trabajadores expuestos estuvo muy por debajo de los límites reglamentarios, siendo de 1,30 mSv en centrales nucleares; 0,62 mSv en instalaciones del ciclo de combustible, residuos y Ciemat; 0,59 mSv en instalaciones radiactivas médicas; 1,29 mSv en industriales; 0,36 mSv en instalaciones de investigación; 1,35 en instalaciones en desmantelamiento y clausura y 2,18 en transporte. Como es habitual, el CSN emitirá el informe de análisis sectorial de dosis correspondiente a 2011 donde se analizarán en detalle los resultados dosimétricos en los distintos sectores, así como su evolución.

### **LICENCIAS Y FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

El CSN considera este ámbito de actividades un pilar esencial de la protección radiológica en nuestro país, valorando de forma especial la red de conocimiento que configuran los profesionales que operan en los diferentes sectores implicados.

En 2011 se renovaron 1.225 licencias de operadores y 613 de supervisores de IIRR y se concedieron 861 y 351 nuevas licencias respectivamente. En total, a finales de año, existían 8.465 licencias de operadores y 3.423 de supervisores de estas instalaciones. Además existen 61.856 acreditaciones para operar instalaciones rayos X de uso médico y 43.928 para dirigirlos. Se homologó un curso para licencias de personal de IIRR y 11 para rayos X médicos.

En 2011 continuó la actualización de los materiales didácticos para cursos de licencias de IIRR y acreditaciones para radiodiagnóstico médico, disponibles en la web del CSN ([www.csn.es](http://www.csn.es)).

A finales de 2011 existían 29 diplomas vigentes de jefe de Servicio de Protección Radiológica de instalaciones nucleares y del ciclo y 156 de instalaciones radiactivas, habiéndose incrementando estos últimos en paralelo con la autorización de nuevos servicios, principalmente en el sector sanitario. A lo largo del año se concedieron tres nuevos diplomas para instalaciones nucleares y del ciclo y cuatro para instalaciones radiactivas.

### **FOROS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

Las principales actividades que continúa desarrollando el Foro de PR en medio hospitalario, a través de sus grupos técnicos, contemplan criterios de alta y medidas de PR del público en tratamientos con radiofármacos; definición de medios

humanos y técnicos para los SPR y asignación administrativas de dosis. En 2012 se ha iniciado el proyecto Domnes cuya finalidad es realizar una prospección nacional de procedimientos de diagnóstico en medicina nuclear utilizados en los centros sanitarios españoles y una estimación de dosis recibidas por los pacientes y la población, en colaboración con la Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular SEMNIM. Igualmente se está llevando a cabo en colaboración con la Sociedad Española de Oncología Radioterápica (SEOR) un proyecto sobre la aplicación de la metodología de matrices de riesgo en los servicios de radioterapia.

El Foro en el sector industrial, continuó las actividades de sus grupos de trabajo en la radiografía industrial, en proyectos relacionados con los procedimientos de trabajo y la planificación en radiografía móvil, así como en el Diario de Operación en soporte electrónico.

En el ámbito del Foro de PR en el sector de las UTPR, han continuado las actividades correspondientes a la definición de medios humanos y técnicos para las UTPR y los modelos de contrato entre estas entidades y sus clientes. Se está elaborando un modelo de certificado de conformidad de instalaciones de diagnóstico médico y un modelo de programa de protección radiológica para instalaciones de radiodiagnóstico dental.

Por otra parte y en lo que respecta al sector nuclear, han continuado las reuniones y actividades en el grupo mixto CSN Unesa de Protección Radiológica para la coordinación de temas relativos a licenciamiento y control.

### **PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL EN EL ÁMBITO DE LAS CENTRALES NUCLEARES E INSTALACIONES DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR**

A lo largo de 2011 se llevaron a cabo inspecciones, de acuerdo con los procedimientos del SISC, durante las recargas de las centrales nucleares de Vandellós 2, Ascó 1, Santa María de Garoña, Trillo, Almaraz 1, Ascó 2, y Cofrentes, encontrándose hallazgos de inspección que se clasificaron como verdes en las centrales de Trillo y Cofrentes.

Se ha llevado a cabo el seguimiento de las dosis ocupacionales de Cofrentes y los planes de mejora y optimización.

Asimismo, se efectuaron inspecciones de control sobre la aplicación de los correspondientes manuales de Protección Radiológica en C.A. El Cabil, C.N. José Cabrera, y Ciemat.

Durante el año se dedicó un especial esfuerzo a las pruebas de resistencia de las centrales nucleares en cuyo contexto se han definido niveles de referencia de dosis para el personal de intervención.

Es también de destacar la emisión de una Instrucción Técnica Complementaria sobre sucesos con pérdida potencial de grandes áreas en centrales nucleares.

### **PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE**

En 2011 se firmó un Acuerdo Marco de Colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, con objeto de establecer una plataforma de coordinación en materia de protección radiológica en sanidad y otros ámbitos.

En esta materia se encuentra en curso un proyecto con la Universidad de Málaga para la realización de una prospección de los procedimientos de radiodiagnóstico en los centros sanitarios españoles, su frecuencia y las dosis recibidas por los pacientes y la población (Proyecto Dopoes). Por otra parte también se está desarrollando otro proyecto con el Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental CREAL para la realización de un estudio de los efectos de la exposición médica diagnóstica a radiaciones ionizantes en niños y adolescentes (Proyecto EPI-TC). El MSSSI facilitará la realización de ambos proyectos y contribuirá a la difusión y utilización de sus resultados.

En el ámbito del Foro CSN-SEPR, están en curso los dos proyectos ya mencionados, uno con la SEMNIM y otro con la SEOR.

En julio de 2011 se celebró, en el ámbito de los cursos de verano de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, el Encuentro "Protección Radiológica y Salud" en colaboración entre el CSN, Enresa, MSSSI y el IS Carlos III. El encuentro contó con un excelente nivel de ponentes y una buena asistencia de profesionales del sector sanitario.

### **PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO Y DEL MEDIOAMBIENTE. NORMATIVA**

En materia de residuos radiactivos y desmantelamiento se ha publicado la elaboración de una Instrucción del Consejo (IS-31) sobre el control radiológico de materiales residuales en instalaciones nucleares.

En 2011 continuó desarrollándose el programa para completar la normativa de los residuos radiactivos y el desmantelamiento, manteniendo la participación activa en el grupo de trabajo de la asociación Wenra, para armonización de normativa de seguridad en este ámbito: se están llevando a cabo los trabajos destinados al establecimiento de niveles de referencia para el almacenamiento temporal y definitivo de residuos radiactivos.

En lo relativo al desarrollo de la normativa sobre control de exposiciones debidas a radiación natural, el CSN ha continuado con su Plan de actuación en la materia para desarrollar el Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes que fue modificado en 2010.

Se ha publicado la Instrucción del Consejo IS-33 sobre criterios radiológicos para la protección frente a la radiación natural y la Guía 11.02 sobre el control de las exposiciones debidas a fuentes naturales de radiación.

En 2012 está previsto finalizar una propuesta de Orden Ministerial sobre gestión de residuos NORM, en la que han trabajado el Minetur, el CSN y Enresa. Asimismo, está previsto ampliar el mapa de radón, así como el mapa de radiación Marna en relación con las Islas Canarias y llevar a cabo una intercomparación de medidas de radiación natural en condiciones de campo. Finalmente, se pretende concluir las guías de metodología de evaluación del impacto radiológico en industrias NORM y de exposición a Radón en lugares de trabajo.

### **IMPACTO RADIOLÓGICO DE INSTALACIONES Y RESIDUOS**

Los programas de control de efluentes en 2011 mostraron una situación de normalidad, sin que se identificara ninguna incidencia de interés.

Se ha implantado la recomendación de la UE 2004/2/Euratom "Normalización de información relativa a descargas de centrales nucleares", y ha finalizado la adaptación de la base de datos ELGA del CSN.

A lo largo del año ha continuado la participación en el proyecto PRISM del OIEA para desarrollo metodológico de evaluación de seguridad a largo plazo en almacenamientos de residuos radiactivos de media y baja actividad.

### **VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL**

Como en años anteriores, los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) en 2011 en el entorno de las instalaciones y en el ámbito nacional dieron resultados de normalidad, confirmando la calidad radiológica del medio ambiente en España.

La calidad en la medida de radiactividad ambiental se ha continuado fomentando a través del foro de laboratorios de medida, y la realización de un ejercicio de intercomparación.

En relación con la vigilancia radiológica de materiales metálicos, han continuado las actividades del grupo técnico del protocolo y se han celebrado reuniones del grupo de trabajo en la materia, que se constituyó en 2009 en el marco del Foro Iberoamericano. En 2011 se produjeron en dos acerías, sucesos de fusión de sendas fuentes radiactivas de Cs-137. La contaminación radiactiva quedó retenida en los filtros de polvo de humo y se verificó que los sucesos no tuvieron consecuencias radiológicas para los trabajadores de ambas instalaciones. Se analizaron las lecciones aprendidas de dichos sucesos.

Por lo que se refiere a los programas especiales de vigilancia, se debe mencionar que tras la apreciación favorable del CSN al proyecto preliminar de rehabilitación de la zona de Palomares, se han mantenido contactos entre los Gobiernos de España y EEUU en relación con la gestión de los residuos procedentes de dicho proceso.



Juan Carlos Lentijo y Marisa España.

Asimismo, finalizaron y se evaluaron los programas especiales de vigilancia radiológica de emplazamientos de Ascó y Juzbado que habían sido requeridos por el CSN. Dichas evaluaciones se llevaron a cabo tanto desde el punto de vista de la PR ambiental, como de la PR ocupacional.

Otros programas que continuaron requiriendo atención fueron los relativos a las balsas de fosfoyesos y el CRI en Huelva. En relación con los mismos, que se caracterizan por el gran impacto social en la zona, ha habido diversas actuaciones reguladoras, tanto por parte del CSN, en cuanto a la evaluación de las medidas de refuerzo para el confinamiento del CRI, verificando la idoneidad del confinamiento de la barrera piloto que se ha construido, como por la Dirección General de Costas respecto al proyecto para la regeneración de las balsas.

Finalmente en 2011 se estableció un programa especial de vigilancia radiológica ambiental, para seguimiento de la posible incidencia del accidente de Tepco-Fukushima.

### **ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO**

A lo largo de 2011 se llevaron a cabo diversas actuaciones conducentes a la difusión y divulgación del estudio y sus resultados, de acuerdo con la Resolución del Congreso de los Diputados instando a reforzar dicha difusión. Estas actuaciones se han dirigido tanto a entornos locales como nacionales e internacionales. Son de destacar las presentaciones internacionales realizadas en Herca, la NRC y las Academias nacionales de EEUU.

### **PLANES DE EMERGENCIA**

El accidente de Tepco-Fukushima supuso un elevado grado de dedicación y actuaciones:

Durante la fase urgente, se llevó a cabo desde la Salem del CSN el seguimiento y evaluación del accidente y sus potenciales consecuencias, así como el asesoramiento a nuestro gobierno. Se recomendaron acciones de protección a los ciudadanos españoles en Japón basadas en la evaluación de la situación y se participó en el dispositivo de repatriación de ciudadanos españoles organizado por el Gobierno, llevando a cabo el control radiológico de los mismos y emitiendo recomendaciones de protección radiológica a su llegada. Igualmente, se emitieron criterios y se coordinaron aspectos de vigilancia radiológica en alimentos y bienes de consumo y se reforzó la vigilancia radiológica en territorio nacional.

Es de destacar el esfuerzo adicional y prolongado del CSN en aspectos de comunicación dada la alta demanda de información por parte de los medios.

Finalizada la fase urgente, se ha participado en las dos misiones del OIEA a Japón así como en grupos de trabajo nacionales e internacionales sobre lecciones aprendidas.

En el ámbito de las pruebas de resistencia en centrales nucleares, llevadas a cabo tras el accidente, se ha considerado, tanto el impacto de diversos aspectos de protección radiológica, como la gestión de las emergencias.

Por lo que respecta a ejercicios y simulacros, en 2011, se realizó el seguimiento en la Salem de todos los simulacros de los planes de emergencia interiores de las instalaciones nucleares y se participó en los ejercicios Ecurie/UE y Convex/OIEA. Asimismo, se llevó a cabo la evaluación del ejercicio internacional INEX-4, que había sido llevado a cabo en 2010.

Se atendieron desde la Salem los diversos incidentes y situaciones de emergencia reales: una prealerta en Ascó como consecuencia de un error de medida en situación de altos vientos; el suceso de intrusión de un grupo ecologista en Cofrentes y la fusión de las dos fuentes radiactivas antes mencionadas.

En cuanto al programa de implantación de la Directriz Básica de Protección Civil ante Riesgos Radiológicos, se ha elaborado por el CSN el catálogo nacional de actividades e instalaciones con riesgos radiológicos; se han firmado acuerdos de colaboración con diversas comunidades autónomas y, en 2012, se ha aprobado la Guía técnica del CSN para el desarrollo e implantación de los criterios radiológicos de la Directriz.

Por último, en 2011, continuó implantándose el Plan de mejora de las capacidades de emergencia del CSN, entre las que se pueden destacar la implantación del Código Rascal 4.1 (que también se ha implantado en las centrales nucleares) el cual sustituye al código Irdam; el desarrollo del proyecto de la sala de respaldo de la Salem en la sede de la Unidad Militar de Emergencias (UME) que está



Panorámica de la Jornada.

casi finalizado; la colaboración con la UME en formación, comunicaciones y equipo radiométrico, entre otros, y el inicio de los estudios previos a la revisión del Plaben, como consecuencia de las nuevas BSS del OIEA y el accidente de Fukushima.

### SEGURIDAD FÍSICA

Como ya se ha indicado, en septiembre de 2011 se publicó el Real Decreto sobre "Seguridad Física de las Instalaciones, los Materiales Nucleares y de las Fuentes Radiactivas" a fin de adaptar el Real Decreto 158/1995 a la nueva versión de la Convención de Seguridad Física de Instalaciones y Materiales Nucleares.

Asimismo se encuentran en curso diversas instrucciones del Consejo sobre: notificación de seguridad física en centrales nucleares; protección de información clasificada relativa a instalaciones nucleares; ciberseguridad y seguridad física de fuentes radiactivas. Igualmente se está revisando la Instrucción IS-09 sobre requisitos de seguridad física para instalaciones nucleares.

Entre las acciones encaminadas a la mejora del Sistema Nacional de Seguridad Física, continúan las actividades del grupo de trabajo coordinado por el Ministerio del Interior, para la definición de la Amenaza Base de Diseño. Por otra parte, la revisión del Modelo Nacional de Seguridad Física de instalaciones nucleares conlleva una mejor respuesta, con mayor implicación de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y el refuerzo de los servicios de seguridad de las instalaciones, así como actividades de formación, mejora de atribuciones a los vigilantes de seguridad, etc.

En el contexto de las relaciones institucionales, destacaron las actuaciones para desarrollo del Convenio suscrito entre el CSN y el Ministerio del Interior, habiéndose establecido

grupos de trabajo sobre diversos temas. Asimismo, ha continuado la colaboración con la AEAT en el control radiológico de fronteras y tras suscribirse el "Protocolo de actuación en caso de detección de movimiento inadvertido o tráfico ilícito de materiales radiactivos en puertos de interés general", se están elaborando diversos procedimientos operativos.

En el ámbito internacional, continuaron las relaciones multilaterales con el OIEA y con el grupo europeo Ensra, y se ha participado en el grupo de la Unión Europea, constituido tras el accidente de Fukushima, para estudiar posibles mejoras en la seguridad física de las centrales nucleares. Es de destacar la importante relación bilateral con la US NRC en materia de seguridad física.

### TEMAS DE INTERÉS Y ACTUALIDAD EN CURSO

En 2011 se aprobaron las *International Basic Safety Standards*, IBSS, del OIEA, en cuya elaboración participaron otras entidades y organizaciones internacionales.

La Unión Europea está llevando a cabo la revisión de las normas básicas de Protección Radiológica incluidas en diversas directivas comunitarias, que pretende refundir en un documento único de amplio alcance.

El CSN continúa participando en diversos grupos de trabajo establecidos en el marco de la Asociación Europea de Autoridades de Control Radiológico (HERCA).

Finalmente y como consecuencia del accidente de la central nuclear de Fukushima continúa una gran actividad tanto en ámbito nacional como internacional y entre los trabajos en curso y previstos merecen especial mención las pruebas de resistencia en centrales nucleares y la revisión del Plaben y los planes exteriores de emergencia nuclear.

En la segunda presentación se indicaron los datos sobre el accidente de la central nuclear de Fukushima. La segunda misión del OIEA, las implicaciones radiológicas y sobre la planificación de emergencias. Se desarrollaron varios aspectos:

- Accidente nuclear con emisiones radiactivas
  - 1ª Misión OIEA (24/05 – 01/06)
- Conclusiones consecuencias radiológicas y gestión emergencias
  - 2ª Misión OIEA (07/10 – 15/10)
- Programa de rehabilitación de áreas afectadas
  - Datos/información actual

La presentación y los datos concretos relativos a esta conferencia están disponibles en la página web de la SEPR: <http://sepr.es/html/recursos/descargables/Fukushima-JCL-Jornada-PR-2011.pdf>

## TRABAJOS EN CURSO DEL COMITÉ 3 DE LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y DEL GRUPO DE EXPOSICIONES MÉDICAS DE EURATOM

ELISEO VAÑO CARUANA - CATEDRÁTICO DE FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
Y PRESIDENTE DEL COMITÉ 3 DE LA ICRP

En esta Conferencia se desglosaron todos los aspectos de las actividades llevadas a cabo por el Comité 3 de la ICRP –Protección en Medicina– y se presentaron las actividades realizadas en el 1<sup>er</sup> Simposio del ICRP llevado a cabo en Bethesda, en octubre de 2011.

El Comité 3 de Protección en Medicina, desarrolla recomendaciones y guías para la protección de los pacientes, los trabajadores y los miembros del público en las exposiciones médicas por lo que se presentó el plan estratégico 2011-2017 indicando los documentos publicados así como los trabajos en curso que se están llevando a cabo.

Con respecto al grupo de exposiciones médicas del Euratom (WPMED) se presentaron los temas más relevantes y los temas de investigación propuestos al plenario del Grupo del Art. 31 junto con los proyectos en curso relativas principalmente a publicaciones de guías específicas de temas específicos y de aplicabilidad de la legislación relativa a las exposiciones médicas.

La presentación completa de esta conferencia con los datos indicados está disponible en la de la SEPR <http://sepr.es/html/recursos/descargables/PR-Medica-EV-Jornada-PR-2011.pdf>

### LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EN TELEFONÍA MÓVIL. BASES CIENTÍFICAS PARA SU CONSIDERACIÓN COMO “POSIBLEMENTE CANCERÍGENOS PARA HUMANOS (GRUPO 2B)”. RECOMENDACIONES PARA UN USO PRUDENTE

ALEJANDRO ÚBEDA MAESO - INVESTIGADOR JEFE DE SECCIÓN. SERVICIO DE INVESTIGACIÓN BIO-ELECTROMAGNETISMO. HOSPITAL UNIVERSITARIO RAMÓN Y CAJAL

La Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (IARC) de la Organización Mundial para la Salud (WHO) informaba en su comunicado N. 208, del 31 de mayo de 2011, de que “la Agencia ha clasificado los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF) como posiblemente cancerígenos para humanos (Grupo 2B) sobre la base de un riesgo incrementado de glioma, un tipo de cáncer maligno, asociado con el uso de teléfonos sin hilos” (móviles, inalámbricos y otros). En efecto, los teléfonos sin hilos son hoy la principal fuente de exposición de la población general a señales RF. Diversos estudios en voluntarios han coincidido en mostrar efectos neuroestimuladores o cognitivos reversibles inducidos por exposiciones cortas a señales RF de telefonía. Por otra parte, datos epidemiológicos publicados entre 2007 y 2011 han mostrado incidencias incrementadas de tumores en la cabeza y en el cerebro de personas que habían usado teléfonos móviles media hora o más al día durante 10 años o más. Las mayores incidencias se daban para gliomas situados en el hemisferio ipsilateral al oído donde los sujetos se aplicaban el teléfono. Aunque estos datos epidemiológicos están sujetos a potenciales errores debidos a distintos tipos de sesgos, IARC los ha considerado de relevancia suficiente como incluir las citadas RF en su listado.

Considerando la información epidemiológica podemos calcular que, para un usuario frecuente del teléfono móvil, el riesgo individual añadido de desarrollar un tumor tras más de 10 años de uso sería muy bajo; de alrededor de

9/100.000 al año. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el uso del teléfono móvil tiende a universalizarse, con 56,2 millones de líneas de abonados en España (datos de diciembre de 2011) y 6.200 millones en el mundo (previsiones para 2012). Así, si la relación entre uso del teléfono y riesgo de tumor llegase a revelarse real, la materia debería ser abordada, a escala nacional o global, como una cuestión de salud pública.

Es por eso que, conocedores de la evolución reciente de la evidencia científica, las autoridades nacionales y locales de los países avanzados de los cuatro continentes llevan años manteniendo campañas de información, dirigidas especialmente a los jóvenes y enfocadas en la educación para el uso responsable de los teléfonos. Estas campañas se han intensificado notablemente a partir de la inclusión de las RF en el listado de IARC-WHO. La SEPR mantiene su compromiso de generación y diseminación de información relevante para la PR de los ciudadanos y de los trabajadores. En la materia que nos ocupa, la información es generada mediante investigaciones realizadas por científicos miembros de la Sociedad, y es diseminada a través de la revista y la web de la SEPR, y de cursos y jornadas como la que hoy celebramos.

El CSN continúa participando en diversos grupos de trabajo establecidos en el marco de la Asociación Europea de Autoridades de Control Radiológico (HERCA).

Finalmente y como consecuencia del accidente de la central nuclear de Fukushima se prevé una gran actividad tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

# Control de la contaminación radiactiva superficial en el ámbito de la investigación biológica

S. Calvo<sup>1</sup>, A. de la Encina<sup>1</sup>, J. Gaspar<sup>1</sup>, M.T. Macías<sup>2</sup>, A. Sánchez<sup>3</sup> y F. Usera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Biotecnología (CSIC)

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Biomédicas "Alberto Sols" (CSIC-UAM)

<sup>3</sup>Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)

## RESUMEN

*La manipulación de fuentes no encapsuladas en investigación biomédica implica un riesgo significativo de contaminación radiactiva. El objetivo de este trabajo ha sido analizar las contaminaciones radiactivas que se producen en el ámbito indicado, valorando la magnitud de las mismas, identificando el equipamiento que presenta mayor posibilidad de contaminación y observando la evolución en la producción de contaminaciones en relación con los radioisótopos y actividades utilizados y con el control radiológico aplicado. Los datos utilizados para este estudio corresponden a un periodo muy dilatado de tiempo y se han recogido en la instalación radiactiva del Centro Nacional de Biotecnología (CSIC), un centro de investigación biológica de gran tamaño que puede utilizarse perfectamente como referencia de este ámbito.*

*Los resultados obtenidos reflejan una disminución paulatina y significativa en la incidencia de la contaminación radiactiva debido a la optimización de las normas de protección radiológica aplicadas y a la implantación sistemática de un programa de protección radiológica operacional.*

## ABSTRACT

*The manipulation of unsealed sources in biomedical research involves significant risk of radioactive contamination. The aim of this study has been to analyze the radioactive contamination occurring in the field of biomedical research, assessing its magnitude, identifying the equipment that can be contaminated with higher probability and monitoring the evolution of the contaminations production taking into account the radioisotopes and the activities used, and the radiation protection control applied.*

*The data used for this study correspond to a very lengthy period of time and it have been collected in the radioactive facility of the Centro Nacional de Biotecnología (CSIC), a very large biological research centre that can be used perfectly as a reference for this area.*

*The results obtained show a gradual and significant decrease in the incidence of the radioactive contamination. This is due to the optimization of radiation protection standards applied and the implementation of a systematic operational radiation protection program.*

## INTRODUCCIÓN

Las técnicas radioisotópicas que se utilizan en investigación biológica implican la manipulación de fuentes no encapsuladas en forma de disolución. Estas fuentes contienen emisores beta o gamma, principalmente: <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C, <sup>35</sup>S, <sup>45</sup>Ca, <sup>32</sup>P, <sup>125</sup>I y <sup>131</sup>I. Las actividades utilizadas en cada marcaje están en el rango de kBq a MBq (μCi a mCi) [1, 2].

La manipulación de fuentes no encapsuladas conlleva el riesgo de contaminación radiactiva. Este riesgo puede llegar a ser significativo si se tienen en cuenta determinados

factores, como la existencia de fases críticas en diferentes ensayos (centrifugación, agitación, evaporación, etc.), la gran diversidad de técnicas radioisotópicas que se pueden llegar a utilizar en una misma zona radiológica y el elevado recambio del personal expuesto, encontrándose gran parte de este personal en formación.

Por tanto, el control de la contaminación radiactiva es una práctica esencial para todas las actividades que impliquen el uso de isótopos radiactivos en investigación biológica [2, 3, 4]. En general, se recomienda una adecuada gestión en protección radiológica, disponiendo de unas normas

específicas para la manipulación segura de radioisótopos. Numerosos trabajos postulan que la mejor forma de reducir la incidencia de las contaminaciones es aplicar buenas prácticas en cuanto a Protección Radiológica y procedimientos normalizados de trabajo [2]; así como implementar un programa de vigilancia radiológica operacional [4, 5]. En este sentido, la legislación vigente [6] establece la necesidad de aplicar un adecuado programa de vigilancia para controlar la incidencia de la contaminación. Este programa debe contemplar la utilización de procedimientos que permitan localizar e identificar la contaminación en superficies de trabajo, equipamiento e instrumentación para reducir los riesgos de contaminación personal.

En el análisis de la contaminación radiactiva en centros de investigación biológica es necesario examinar los posibles escenarios de contaminación en las zonas radiológicas que componen la instalación radiactiva. Para ello se han de tener en cuenta las características de los radioisótopos utilizados y las diferentes técnicas en las que se utilizan, identificando el riesgo de contaminación implícito en cada una de ellas y las normas de prevención establecidas para las mismas.

Este trabajo se basa en un estudio retrospectivo, en el que se han valorado los datos de contaminación obtenidos desde enero de 2001 hasta diciembre de 2011 en el Centro Nacional de Biotecnología (CNB), un centro de investigación perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Estos datos se han obtenido a través del programa de vigilancia radiológica operacional implantado en este centro para reducir la incidencia de las contaminaciones radiológicas. Este programa contempla los siguientes aspectos:

- Tipos de medidas que deben realizarse.
- Métodos de medida de la contaminación radiactiva.
- Periodicidad de las medidas.
- Niveles de referencia.
- Procedimientos de descontaminación.
- Gestión del registro, trazabilidad y transmisión de las medidas y de los resultados.

Este estudio ratifica los resultados preliminares obtenidos ya en estudios previos [7, 8], y en él se ha evaluado cómo influye la implantación de un programa de vigilancia radiológica operacional en la incidencia de las contaminaciones radiactivas superficiales. Para ello se han analizado las contaminaciones radiactivas producidas, valorando la magnitud de las mismas, identificando las superficies, el equipamiento y la instrumentación que presentan mayor posibilidad de contaminación y se ha observado la evolución

de la producción de las contaminaciones en relación con los radioisótopos y actividades utilizados y con el número de profesionales expuestos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Programa de vigilancia radiológica operacional***

El programa de vigilancia radiológica operacional del cual se han extraído los resultados incluye los siguientes niveles de actuación:

- Inspecciones quincenales en las zonas vigiladas: zonas radiológicas de laboratorios convencionales. Durante el estudio su número ha ido variando, encontrándose en el rango de unos 30 laboratorios.
- Inspecciones semanales en las zonas controladas: laboratorio central de radioisótopos y almacenes de residuos radiactivos.
- Inspecciones extraordinarias: en cualquier tipo de zona tras la sospecha de contaminación o tras la realización de marcajes con riesgo radiológico significativo en las zonas controladas.

Las inspecciones se llevaron a cabo exclusivamente por operadores y supervisores adscritos a la instalación radiactiva. En todos los procedimientos de inspección se utilizó una sistemática normalizada en formato de calidad para la toma de datos, el registro de los resultados y el seguimiento de desviaciones y su corrección.

El nivel de registro establecido para contaminación superficial fue de 1 Bq/cm<sup>2</sup>. Este nivel de registro es inferior al recomendado en varios documentos técnicos [4], pero permite el seguimiento de las contaminaciones de muy bajo nivel.

### ***Datos relativos a la tipología de las contaminaciones detectadas***

Los datos utilizados, correspondientes al periodo 2001 a 2011, se han obtenido de los registros de material radiactivo disponibles en las zonas vigiladas y controladas y del diario de operaciones de la instalación radiactiva del CNB. En estos registros se encuentran identificados, para cada contaminación, la magnitud de la misma en Bq/cm<sup>2</sup>, la superficie o material contaminado, el radioisótopo contaminante y la zona radiológica.

### ***Determinación de las actividades adquiridas y utilizadas***

Los valores de actividad adquirida y utilizada por radioisótopo y año se han obtenido de los registros de actividad y del diario de operaciones de la instalación radiactiva del CNB.

**Métodos de medida**

Los métodos que se exponen a continuación se basan en los indicados en diferentes documentos técnicos de referencia [4, 9].

**Monitorización directa**

Las medidas directas se realizaron a una distancia media de 1cm. entre la superficie de la sonda y las superficies examinadas. Se efectuaron lecturas de al menos un minuto o hasta la estabilización de la misma utilizando criterios conservadores.

La detección de contaminación superficial se realizó en todas las superficies, elementos e instrumentación de los laboratorios: vitrinas de radioisótopos o de extracción de gases, incubadores de cultivos, desecadores a vacío, centrifugas, agitatorios, termobloques, etc.

En el cálculo de los datos se tuvo en cuenta la extensión de la contaminación en cm<sup>2</sup>; así como la forma y simetría de la contaminación y del material contaminado. Los valores de contaminación se pudieron expresar en unidades absolutas (Bq/cm<sup>2</sup>), ya que se corrigió el fondo ambiental y se tuvo en cuenta la eficiencia de detección del detector para cada radioisótopo.

Los detectores utilizados fueron los siguientes:

- Contador proporcional marca FAG, mod. Contamat FHT-111 con sonda de xenon con superficie de 166 cm<sup>2</sup>.
- Detector marca Berthold, mod. Umo LB 123 con la sonda intercambiable tipo Contador proporcional, de xenon, mod. 6357-F. La superficie de la ventana de detección tiene 120 cm<sup>2</sup> de área.

**Detección indirecta por frotis y posterior contaje en centelleo líquido**

Este método es utilizado para posibles contaminaciones por radioisótopos β de baja y muy baja energía (<sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C y <sup>35</sup>S)

y para determinar con mayor fiabilidad las contaminaciones debidas a cualquier radioisótopo.

La superficie muestreada con torundas en cada frotis fue de aproximadamente 100 cm<sup>2</sup>, asignando una eficiencia de arrastre (contaminación desprendible) de un 10%. Los disolventes utilizados fueron: mezcla de centelleo para muestras acuosas CytoScint™ de ICN o etanol al 70% en agua. Se usaron programas de contaje con corrección de eficiencia mediante el método del estándar externo y con corrección de fondo mediante la utilización de tubos blanco. El contador de centelleo líquido utilizado fue de la marca Pharmacia, mod. Wallac 1410.

**RESULTADOS**

**Magnitud de las contaminaciones detectadas**

Durante el periodo de 2001 a 2011, se registraron 660 contaminaciones, de las cuales 637 resultaron ser desprendibles y 23 fijas.

La Figura 1 muestra la distribución de las contaminaciones detectadas según su actividad, el 68,18% de las contaminaciones tuvo un valor de 1 a 5 Bq/cm<sup>2</sup>, el 26,52% tuvo un valor de 6 a 25 Bq/cm<sup>2</sup> y solo un 5,3% tuvo un valor superior a los 25 Bq/cm<sup>2</sup>, lo que demuestra que la gran mayoría de las contaminaciones fueron de muy bajo nivel.

Teniendo en cuenta estos intervalos de actividad, la Figura 2 muestra la evolución del número de contaminaciones registradas durante el periodo de estudio 2001 a 2011. En esta figura se observa que a lo largo del periodo 2001 a 2007 se produjo una bajada muy significativa en el número de contaminaciones detectadas. En concreto, la reducción de las contaminaciones con un valor de 1 a 5 Bq/cm<sup>2</sup> fue del 91,60%, la de las contaminaciones con un valor de 6 a 25

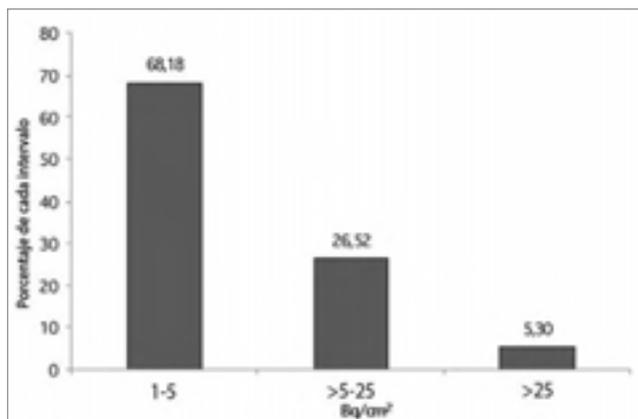


Figura 1. Magnitud de las contaminaciones radiactivas detectadas durante el periodo de 2001 a 2011.

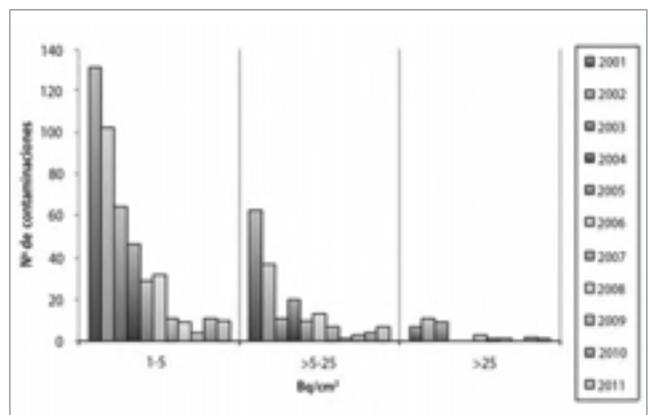
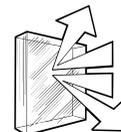


Figura 2. Evolución anual del número de contaminaciones radiactivas teniendo en cuenta su magnitud.



Bq/cm<sup>2</sup> fue del 88,71% y las contaminaciones con un valor superior a 25 Bq/cm<sup>2</sup> se redujeron un 85,71%. En cambio, durante el periodo 2008 a 2011 la reducción de las contaminaciones deja de evidenciarse, debido muy posiblemente a que el número de contaminaciones detectadas fue muy bajo en cualquier intervalo de actividades.

### Tipología de las superficies y materiales contaminados

Como se puede observar en la Figura 3, los materiales que se contaminaron con mayor frecuencia fueron los relacionados con el equipamiento de protección radiológica,

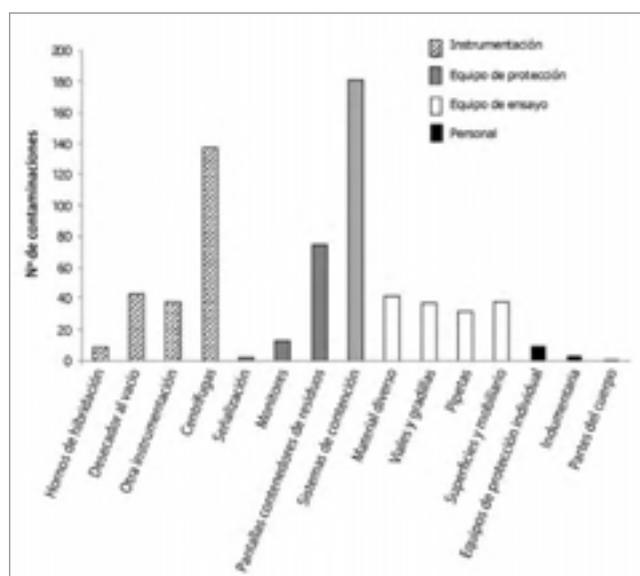


Figura 3: contaminaciones personales y tipos de superficies, instrumentación de laboratorio y materiales en los que se detectó contaminación durante el periodo 2001 a 2011.

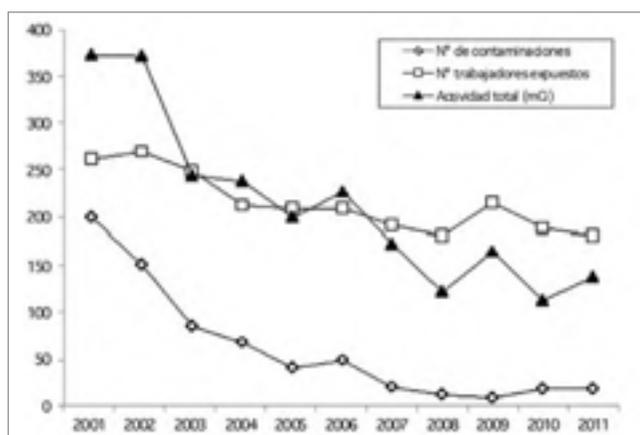


Figura 4. Evolución anual del número de contaminaciones radiactivas teniendo en cuenta su magnitud.

representando un 41,06% del total de las contaminaciones detectadas. En concreto, los materiales más contaminados fueron los medios de contención, como las tallas de papel plastificado y las bandejas, representando el 66,78% de las contaminaciones de equipos de protección, seguidos de los materiales de acondicionamiento de residuos radiactivos, principalmente los contenedores de estos materiales. En segundo lugar, con un 34,39%, se encuentra la instrumentación de laboratorio, resultando muy significativo el número de contaminaciones detectadas en centrífugas, que supusieron un 60,35% del total de las contaminaciones detectadas en la instrumentación. En tercer lugar, se encuentran las contaminaciones detectadas en medios de dispensación y ensayo, mobiliario y suelos, representando el 22,42% del total de las contaminaciones detectadas. Las contaminaciones más minoritarias fueron las personales y las detectadas en la indumentaria y los equipos de protección individual, con un 2,12% del total. En concreto, las contaminaciones personales únicamente representaron el 0,15% del total.

### Evolución de la incidencia de las contaminaciones radiactivas

Tras comprobar que se producía una reducción del número de contaminaciones durante el periodo de estudio (Figura 2), fue necesario determinar si esta reducción se estaba produciendo realmente, ya que existían evidencias de que en este periodo también se había producido una disminución en la adquisición y utilización de fuentes no encapsuladas. Para ello, se estudió con detalle la evolución de la actividad adquirida y del personal radioexpuesto a lo largo del periodo indicado, comparando estos datos con el número de contaminaciones detectadas. Como se puede observar en la Figura 4, la cantidad de material radiactivo adquirido sufrió una reducción significativa, del 63,35%, más o menos constante a lo largo del periodo de estudio. Igualmente, también descendió el volumen de personal expuesto, aunque de forma menos acusada, con un porcentaje de reducción del 30,91%. Esta gráfica también demuestra una disminución muy significativa, del número total de contaminaciones, con una reducción del 91% y, como se ha indicado anteriormente, esta bajada se produjo fundamentalmente durante el periodo de 2001 a 2007.

En la Figura 5 se compara la reducción paulatina del número de contaminaciones detectadas con la disminución de la actividad utilizada, o lo que es lo mismo, se cuantifica el número de contaminaciones por cada mCi utilizado en la instalación año tras año. Efectivamente, la gráfica

demuestra que se produjo una reducción neta muy importante del número de contaminaciones, siendo constante desde 2001 hasta 2009, detectándose una ligera subida en los años 2010 y 2011. Sin embarco, este aumento final no parece significativo, ya que el número de contaminaciones detectado en estos años es muy bajo. Contabilizando el periodo completo de estudio, la reducción indicada fue del 75,47%.

**Incidencia de la contaminación teniendo en cuenta el radioisótopo contaminante y el tipo de zona radiológica**

En la Figura 6 se han contabilizado las contaminaciones detectadas por cada mCi utilizado durante todo el periodo de estudio, pero en este caso además se ha tenido en cuenta el radioisótopo contaminante y el tipo de zona donde se detectó la contaminación. Como se puede observar, las contaminaciones se localizaron con mayor frecuencia en zona vigilada, excepto en el caso del <sup>125</sup>I, ya que este radioisótopo se utilizó casi exclusivamente en zona controlada. Por otra parte, en zona vigilada, las contaminaciones más frecuentes se produje-

ron con <sup>32</sup>P, mientras que en zona controlada las más frecuentes fueron debidas al <sup>125</sup>I y al <sup>35</sup>S.

**DISCUSIÓN**

Según los resultados obtenidos, en primer lugar se confirma que la gran mayoría de las contaminaciones que se producen en el ámbito de investigación biomédica son de muy bajo nivel, corroborando los resultados de anteriores estudios en este mismo ámbito [7, 8 y 10]. Pero quizá el resultado más notable de este trabajo sea la reducción del número total de contaminaciones durante el periodo de estudio en un 91%, la cual es debida a la aplicación sistemática un programa de vigilancia radiológica operacional.

Por otra parte, durante el periodo de estudio también se observa una disminución de la actividad adquirida y del número de profesionales expuestos. Esto se debe fundamentalmente a la sustitución de las técnicas radioisotópicas por otras que se basan en principios de detección diferentes, como la fluorescencia o la colorimetría [11]. La reducción en el uso de material radiactivo hizo pensar que ésta podría ser la causa de la disminución en el número de contaminaciones detectado. Con objeto de deslindar ambas tendencias se comparó la reducción en el número de contaminaciones frente a la reducción de la cantidad de material radiactivo utilizado, comprobándose que la incidencia de la contaminación superficial se redujo paulatinamente durante el periodo de estudio hasta un 75,47%. Por tanto se puede confirmar que, aunque ha disminuido el uso de material radiactivo, la reducción del número de contaminaciones ha sido mucho más significativa. Esta bajada se produce en el periodo 2001 a 2007, manteniéndose prácticamente estable la incidencia de contaminaciones durante el periodo 2008 a 2011. Esto es debido a que la disminución en el número de contaminaciones ha sido muy importante, lo que ha dado lugar a que la incidencia de la contaminación sea muy baja y, por tanto, muy difícil de reducirse aún más.

En cuanto al tipo de superficies contaminadas, la mayor frecuencia se detectó en los medios de contención. Esto es lógico, ya que son los elementos que se utilizan específicamente para evitar dispersiones de material radiactivo por posibles salpicaduras y derrames accidentales durante los ensayos de marcaje. En segundo lugar, cabe destacar la elevada reincidencia de la contaminación en centrifugas, ya que en estos aparatos se pueden producir muy fácilmente aerosoles radiactivos y, como consecuencia, la contaminación de sus superficies internas. Estos datos en general coinciden con los resultados obtenidos por otros autores [10] y en los primeros

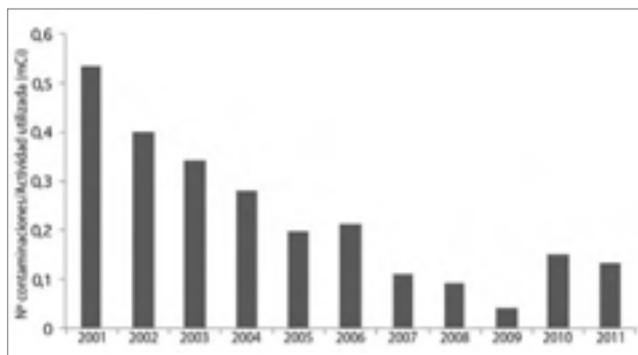


Figura 5: número de contaminaciones detectadas por cada mCi utilizado durante el periodo de estudio.

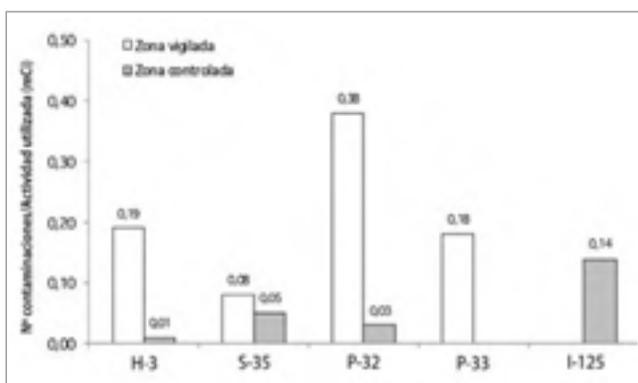
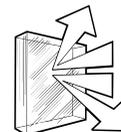


Figura 6: número de contaminaciones detectadas por cada mCi utilizado teniendo en cuenta el radioisótopo contaminante y el tipo de zona radiológica.



años de implantación del programa de protección radiológica operacional sirvieron para crear normas concebidas específicamente para reducir la frecuencia de contaminación en estos materiales. Por ejemplo, se impulsó la utilización de frascos o tubos herméticos para evitar la propagación de aerosoles y la selección de materiales que se contaminasen menos o que fueran más fácilmente descontaminables, tal como indican otros estudios [12].

Por otra parte, en este trabajo se recogen exclusivamente las contaminaciones detectadas en el programa de vigilancia radiológica operacional, sin tener en cuenta las que son detectadas y eliminadas por el propio personal expuesto. Es por ello, que se han detectado menos contaminaciones de las esperadas en la indumentaria de trabajo y en los equipos de protección individual (guantes, batas, etc.), así como en los sistemas de pipeteo como micropipetas y pipetas. Lo mismo ha ocurrido con respecto a las contaminaciones personales ya que, normalmente, estas contaminaciones representan siempre accidentes radiológicos y casi siempre son detectadas en el momento en que se producen por el propio personal expuesto.

En relación con la determinación de los escenarios donde la probabilidad de contaminación es mayor, se ha observado para todos los radioisótopos que la incidencia de la contaminación radiactiva era más alta en las zonas vigiladas, excepto para el  $^{125}\text{I}$  ya que éste se utiliza fundamentalmente en zona controlada. Este resultado puede ser debido en parte a los factores específicos de las instalaciones de investigación, ya indicados en la introducción de este trabajo: elevado número de zonas vigiladas, gran diversidad de técnicas radioisotópicas utilizadas en una misma zona y elevado recambio del personal expuesto. Además hay que tener en cuenta que, aunque en estas zonas solo se pueden llevar a cabo marcajes con bajas actividades, es donde se realiza el mayor número de marcajes y donde se consume la mayoría de material radiactivo. En consonancia con este hecho está que la gran mayoría de las contaminaciones detectadas sea de muy baja magnitud.

Por otra parte, los radioisótopos que dieron lugar a una mayor frecuencia de contaminación fueron: el  $^{125}\text{I}$ , en zona controlada, y el  $^{32}\text{P}$ , en zona vigilada. Con respecto al  $^{125}\text{I}$ , es lógico que éste produzca una elevada probabilidad de contaminación debido a la inestabilidad química del  $\text{Na}^{125}\text{I}$  que se utiliza en las radioyodaciones. Con respecto al  $^{32}\text{P}$ , el resultado es concordante con lo indicado en el párrafo anterior, ya que en la gran mayoría de las diferentes técnicas de marcaje con  $^{32}\text{P}$  se utilizan actividades muy bajas, lo que hace que por cada mCi de  $^{32}\text{P}$  adquirido se realice un elevado

número de manipulaciones, elevándose la probabilidad de contaminación.

La conclusión más importante de este trabajo es que la implantación sistemática de un programa de vigilancia radiológica operacional en la instalación radiactiva del CNB ha dado lugar a una disminución muy significativa de la incidencia de la contaminación radiactiva superficial. El personal expuesto produce menos contaminaciones y elimina más eficazmente las contaminaciones producidas durante la realización de los marcajes. Este resultado se ha potenciado mediante el establecimiento de normas adecuadas de manipulación y descontaminación y mediante la impartición de formación específica en Protección Radiológica a todo el personal expuesto, tal como indican otros autores en este mismo ámbito [13].

## REFERENCIAS

- [1] Radioisotopes in Biology. A practical approach. R. J. Slater. Ed. IRL PRESS. 1990
- [2] Organization of a Radioisotope Based Molecular Biology Laboratory. IAEA-TECDOC-1528. 2006
- [3] A.Sánchez, A. Carnero, M Cebrián, S. Durá, M.T. Macías, A. Martínez, M.J. Menéndez, M. Sánchez y F. Usera. Manual de protección radiológica en centros de investigación biológica. Sociedad Española de Protección Radiológica. 2001.
- [4] M.T. Macías, R. Gilarranz, A. Martínez, T. Navarro, R. Plaza, C. Rueda, A. Sánchez y F. Usera. Guía de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones de centros de investigación y del ámbito sanitario. Sociedad Española de Protección Radiológica. 2011.
- [5] Miller KL, Erdman MC. Radioisotope laboratory audits. Health Phys. 77(5 Suppl):S67-8. 1999
- [6] Real Decreto 783/2001. Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE nº 178, del 26 de Julio de 2001.
- [7] F. Usera, M<sup>a</sup>.T. Bartolomé, R.Ma. Hidalgo, A. Sánchez y M<sup>a</sup>.T. Macías. Análisis de la contaminación radiactiva en centros de investigación biológica. X Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Huelva. 2005.
- [8] F. Usera, T. Bartolomé, R. Hidalgo, C. Requejo, R. Pina, J. Pérez y M<sup>a</sup>. T. Macías. Analysis of surface radioactive contamination according to radioisotopic techniques used in biological research centres. 2<sup>nd</sup> European IRPA Congress on Radiation Protection, París (Francia). 2006.
- [9] Workplace Monitoring for Radiation and Contamination. Practical Radiation Technical Manual. IAEA-PRTM-1 (Rev. 1). Viena. IAEA; 2004.
- [10] R.C. Klein, E. Party y E.L. Gershey. Removable surface contamination at a biomedical research institution. Health Phys. 72(2):296-9. 1997.
- [11] F. Usera. Técnicas sustitutivas al uso de radioisótopos marcadores en investigación biológica. Radioprotección 3 (9), 7-15. 1995.
- [12] Newsome L. Selecting suitable materials to avoid radioiodine contamination. J Radiol Prot. 30(4):813-5. Epub 2010 Dec 8. 2010.
- [13] Schiager KJ, McDougall MM, Christman EA, Party E, Ring J, Carlson DE, Warfield CA, Barkley WE. Consensus radiation protection practices for academic research institutions. Health Phys. 71(6):960-5. 1996.

# Procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos

J.A. González-González<sup>1</sup>, L. Pujol<sup>1,2</sup>, M.J. Suárez-Navarro<sup>1</sup> y M. García-Galludo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

<sup>2</sup>Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CEDEX). Ministerio de Fomento.

## RESUMEN

*En este trabajo se recomienda la realización de una serie de procesos para asegurar que los pórticos de detección, instalados en las industrias de las chatarras metálicas adheridas al "Protocolo de colaboración para la vigilancia radiológica de los materiales metálicos" (en adelante, el "Protocolo"), funcionan correctamente y tienen las características de detección apropiadas. Los criterios para seleccionar estos procesos recomendados se han basado en la bibliografía internacional de ensayos realizados por diferentes organismos o empresas para los pórticos instalados en el sector del metal, y en las normas y guías relacionadas con los pórticos instalados en las fronteras.*

*Los procesos recomendados son los siguientes: 1) elaboración de un informe inicial de instalación del equipo, 2) verificaciones cualitativas y cuantitativas periódicas que aseguren el correcto funcionamiento del equipo, y 3) calibraciones estáticas y dinámicas anuales para evaluar la respuesta del equipo con muestras de cesio-137. Estos procesos recomendados se aplicaron a diecisiete pórticos seleccionados como representativos de la industria del metal adherida al "Protocolo".*

*Los ensayos definidos en estos procesos recomendados permiten obtener los parámetros físicos asociados a los pórticos aplicando la norma ISO-11929 mediante medidas estáticas y dinámicas. La ejecución de estos procesos es rápida y económica.*

## ABSTRACT

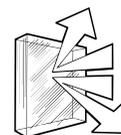
*In order to assure that the radiation portal monitors (RPM), which are installed in companies adhered to the "Protocol for the monitoring of radioactive content of the metallic materials" (hereafter "Protocol"), work correctly and that they have the appropriate detection characteristics, the procedures recommended are the following: 1) elaboration of a report of the initial installation of the equipment, 2) periodic verifications that assure the correct equipment operation and, 3) static and dynamic annual calibrations using a cesium-137 source. The criteria for selecting these procedures are based on standard related to the portals in the frontiers of ANSI-N.42-35, IEC-62244 and in the guide for IAEA, TS-1-1240.*

*These procedures are similar to those established in a quality management system. They have simple and clear definitions, in addition to rapid and economic execution. The tests defined in these procedures allow to obtain the quantitative physical parameters of the standard ISO-11929 using static and dynamic measurements.*

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, a pesar de que el uso de materiales radiactivos es sometido a estrictos controles, se han detectado diversos materiales con contenido radiactivo en las recuperadoras de metales e instalaciones siderúrgicas. El amplio número de informes relacionados con fundidos accidentales [1,2] pone de manifiesto la necesidad de un control riguroso. Por este motivo, se han desarrollado una serie de iniciativas a nivel nacional e internacional, para controlar esta presencia de material radiactivo en la chatarra [3].

Además, después del incidente de fusión de una fuente de cesio-137 en una acería de Los Barrios (Cádiz) en 1998, las partes interesadas (Administración Pública, organismos reguladores, industrias del metal y agentes sociales) tomaron conciencia de la creciente preocupación social y de la importancia para la economía y para el medioambiente de este tipo de incidentes. En consecuencia, en el año 1999, se preparó en España un protocolo que establece un sistema nacional para prevenir los riesgos derivados de la presencia de material radiactivo. Este sistema español, se puede considerar pionero y avanzado dentro de la Unión Europea [4]. Aunque



a nivel internacional no existe una legislación específica para el control de la radiactividad en materiales metálicos, en el año 2002, se publicó una recomendación de la Unión Europea sobre la vigilancia y control de los materiales radiactivos en el reciclaje del metal [5].

Las particularidades que presenta la detección de la presencia de material radiactivo en la chatarra exigen la instalación de equipos específicos y su utilización siguiendo una sistemática adecuada. Para la vigilancia radiológica de la chatarra, con carácter general, pueden utilizarse dos tipos de equipos: fijos y portátiles.

En concreto, los equipos fijos son los denominados detectores de pórtico y se utilizan para la vigilancia radiológica automática de grandes volúmenes de material. Suelen estar constituidos por un conjunto de varios detectores de centelleo, con un sistema informático asociado que permite analizar en continuo las variaciones del fondo de radiación durante el paso de los vehículos [6].

Los pórticos empleados para detectar de forma rápida y eficiente material radiactivo, mezclado con diferentes materiales, se caracterizan por su complejidad. Las variaciones que existen en la actualidad en el diseño y la operatividad de todos estos equipos y sus procesos, debidos a los cambios tecnológicos o a la formación del personal que los opera, hacen necesario analizar, definir y unificar, los parámetros que se han de pedir a la operatividad de los equipos y los que se han emplear en su ajuste y detección, para así obtener el límite de detección y la eficacia esperados.

En este estudio se analizan los diferentes tipos de ensayos internacionales de campo realizados con monitores de pórtico destinados a la detección de muestras radiactivas presentes en vehículos que transportan materiales metálicos o similares, se revisan la normativa y las guías internacionales donde se definen las características operativas de los pórticos y, finalmente, se recomiendan y se aplican unos procesos operativos en los pórticos de los sistemas de detección que hay en funcionamiento en las instalaciones de la industria del metal en España.

### **CRITERIOS PARA SELECCIONAR LOS PROCESOS ASOCIADOS AL CONTROL DE LOS PÓRTICOS**

En la actualidad no existen unos criterios homogéneos para establecer los parámetros operativos de los pórticos que hay en funcionamiento en las instalaciones de la industria del metal en España. En este trabajo, los criterios para seleccionar los procesos recomendados se han basado en los estudios: 1) de una recopilación bibliográfica de los ensayos internacionales realizados en el sector del metal por diferentes

organismos en distintos países y 2) de las normas internacionales y guías relacionadas con los pórticos instalados en las fronteras.

### **Ensayos internacionales en pórticos de la industria de la chatarra**

Para estudiar la capacidad de detección de los pórticos en condiciones reales, varios organismos de diferentes países, han realizado ensayos, cuyo análisis ha permitido verificar su evolución y su simplificación. Los resultados de estos ensayos han sido analizados en este trabajo, para definir unos nuevos ensayos sencillos, que permitan asegurar, que el pórtico instalado en una empresa, tiene una capacidad de detección cuantificada con los parámetros físicos asociados a las muestras radiactivas.

En las pruebas realizadas por la Asociación de Fabricantes de Acero (SMA), en 1996, en Estados Unidos, se emplearon camiones cargados con diferentes materiales de recuperación y se evaluó el porcentaje de las alarmas falsas y reales con varias fuentes radiactivas en sus cargas [7]. En las pruebas realizadas por el Centro de Metrología de la República Checa (CMI), en 1996, en Praga, se empleó un tren con un vagón cargado con chatarra y otro vacío, y se calculó la actividad mínima detectable con el porcentaje de las alarmas falsas y reales [8]. En estas dos pruebas, los fabricantes instalaron los pórticos alineados en una instalación especial y los equipos eran una "caja negra" que estaba bloqueada durante el ensayo y que activaba, o no, su alarma cuando pasaban por ellos todos los camiones o trenes.

En las pruebas realizadas por la Universidad Politécnica de Milán, en 1997, se empleó un contenedor cargado con chatarra y se midió la sensibilidad de los detectores con dos parámetros asociados a la distancia entre la muestra y el detector, y el espesor del blindaje [9]. En las pruebas realizadas por Exploranium, en 1997, se empleó un camión cargado con chatarra, se simplificó el proceso y se calculó la sensibilidad de los detectores solo con la tasa de recuento de cada detector, sin analizar las alarmas [10]. En estas dos pruebas, los pórticos estaban operativos en empresas del metal y no se modificaron sus parámetros. Se empleó solo un vehículo y se calcularon parámetros "técnicos", como la sección máxima de detección y el espesor máximo de detección.

En los ensayos realizados por el RIVM en Holanda, en el 2003, en pórticos del sector del metal, se verificó que su capacidad mínima de detección para el  $^{60}\text{Co}$  podía detectarlo cuando la tasa de dosis en la superficie del detector era de 20 nSv/h [11]. En los ensayos realizados en Nevada, en 2005, se verificaron varios prototipos de pórticos para instalar en las fronteras que realizaban espectrometría. Estos

pórticos tenían detectores de NaI(Tl) o GeHP, según la Norma ANSI N42.38. Aunque no se tienen los resultados de estos últimos ensayos realizados en Nevada, en ellos se indica cómo se mide la capacidad mínima de detección. Así, al pasar 50 veces con 600 kBq de  $^{137}\text{Cs}$ , por el centro de un pórtico de 5 m, a 8 km/h, la probabilidad para "activar la alarma" ha de ser superior al 90%, que equivale a 49 o más alarmas [12].

### **Normativa internacional sobre pórticos**

En la actualidad solo hay algunas normas y guías internacionales que definen las características técnicas y funcionales de los pórticos situados en las fronteras o en puntos estratégicos para la seguridad nacional [13-15]. Aunque esta normativa no se aplica directamente a los pórticos instalados en la industria del metal, algunas de sus recomendaciones sí que pueden adaptarse a los pórticos de detección instalados en el sector del metal, en particular, las siguientes recomendaciones de la norma CEI/IEC 62244:2006 [14]:

- La distancia entre los paneles de los pórticos debe ser inferior a 5 m.
- La velocidad máxima de los vehículos que transportan la chatarra metálica debe ser de 8 km/h (2,2 m/s).
- Las fuentes que se utilizan para los ensayos que deben verificar estos pórticos deben cubrir el rango gamma energético desde 60 keV hasta 1,5 MeV, utilizando americio-241, cesio-137 y cobalto-60, y con las siguientes actividades: 17 MBq de americio-241, 0,6 MBq de cesio-137 y 0,15 MBq de cobalto-60.
- Estos equipos deben ser capaces de detectar 49 alarmas sobre 50 pasadas con una fuente radiactiva.

### **PROCESOS RECOMENDADOS EN LOS PÓRTICOS DEL PROTOCOLO**

#### **Elaboración de un informe inicial de instalación del equipo**

El informe inicial de instalación del equipo debe contener los datos y características del sistema que afectan o influyan en su calidad operativa. Este informe, lo puede hacer el instalador o el usuario del equipo basándose en los datos del suministrador. El contenido mínimo del informe inicial debe ser:

1. Listado de los documentos asociados al equipo: de los componentes principales que forman parte del sistema de detección y de los accesorios más importantes entregados por el suministrador o añadidos por el usuario. También se recomienda, incluir los datos generales de la obra civil y de los sistemas de protección.
2. Los datos o parámetros que indican las características técnicas, dimensionales y operativas más importantes del

pórtico: dimensión de los detectores, altura y separación de los paneles, separación de los sistemas de protección, listado de los parámetros fijados, etc.

3. Los procesos de verificación y calibración periódica que se recomienda realizar. Se ha de indicar si se emplean los procesos de ensayo basados en las recomendaciones dadas a las empresas adheridas al Protocolo o los recomendados por el suministrador, así como las variaciones o ampliaciones que también se desean realizar sobre ellos. Para cada proceso que se defina se ha de fijar el periodo de ejecución recomendado y los condicionantes y objetivos que se han de superar.

#### **Proceso de verificación de los pórticos**

El proceso de verificación incluye los procesos cualitativos y cuantitativos que se han de realizar en los pórticos de forma periódica. Estos procesos los puede realizar el usuario del equipo. Su alcance y contenido se debería incluir en el informe inicial de instalación. Coincidiendo con la instalación del equipo, se debe realizar una verificación inicial donde se establezcan los valores de referencia de los parámetros cuantitativos que se han de verificar periódicamente.

Las verificaciones cualitativas que se recomiendan realizar cada semana son:

1. Listado de los parámetros operativos del pórtico.
2. Comprobación del funcionamiento de los sensores de paso del vehículo.
3. Comprobación del funcionamiento de las alarmas sonoras y luminosas de detección. Se utilizan muestras radiactivas exentas.
4. Medida del fondo radiactivo del equipo cuando no pasan vehículos y no hay vehículos próximos que atenúan el fondo.

Cuando se detecte que alguna de estas verificaciones cualitativas no es satisfactoria se debe avisar al responsable del equipo.

La verificación cuantitativa recomendada mensualmente consiste en (Figura 1):

1. Determinación de la eficiencia en la superficie del panel. Para ello se deben medir el fondo radiactivo y las detecciones durante 30 s. Este ensayo se puede realizar, o bien utilizando una muestra de cesio-137 de actividad conocida, o bien otro material radiactivo que sea siempre el mismo. La muestra se coloca en el centro del panel y en contacto con la superficie, tenga el sistema de medida uno o dos detectores.

Los datos obtenidos para cada panel se pueden trasladar en una hoja de cálculo para verificar que las detecciones netas (o en su caso, la eficiencia) no varía, con respecto del valor de la verificación inicial, dentro de un margen recomendado por el fabricante o en su defecto el 10%.

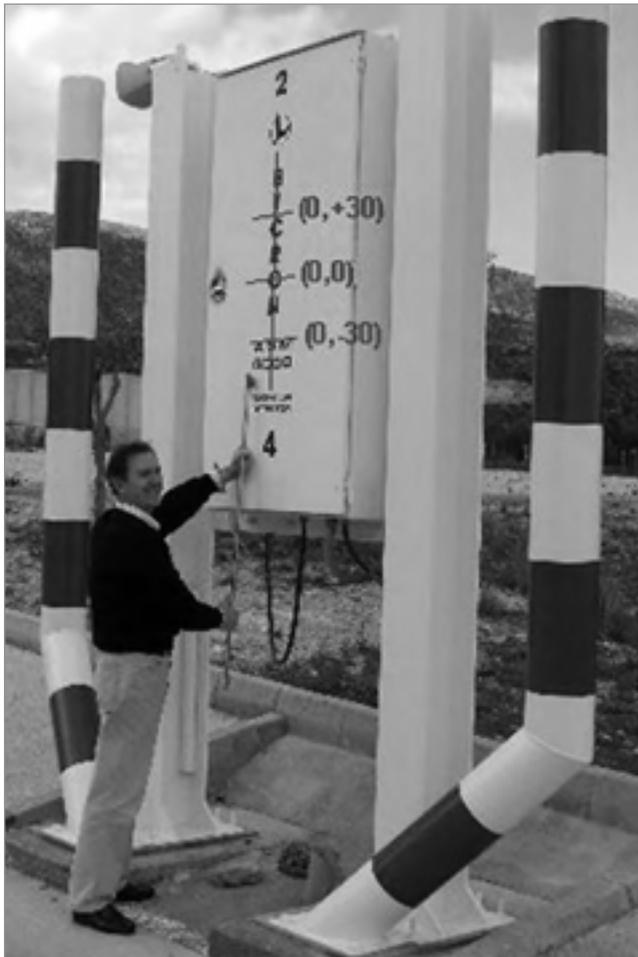
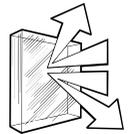


Figura 1. Medida de la eficiencia en el centro del panel y en contacto con la superficie para la verificación cuantitativa.

Este valor suele ser el recomendado por los fabricantes de los pórticos más representativos (Exploranium y Thermo). Si se supera el margen de variación, se ha de realizar una revisión del equipo y establecer un nuevo valor de referencia para la eficiencia en la superficie del panel.

### Proceso de calibración de los pórticos

El proceso de calibración permite asegurar que los detectores del pórtico funcionan dentro de unos parámetros aceptables. Estos ensayos se deben realizar por una persona capacitada y cualificada. Se recomienda utilizar una muestra radiactiva calibrada de cesio-137, con una actividad aproximada que puede variar de 300 a 800 kBq. Este proceso consiste en dos ensayos:

1. Ensayo estático, para la determinación de la eficiencia estática en el centro de la zona sensible de detección del pórtico (figura 2). Para ello se miden el fondo y las detecciones durante 30 s. utilizando la muestra calibrada.

2. Ensayo dinámico, que consiste en pasar andando con la muestra calibrada de cesio-137 por la trayectoria central de la zona sensible de detección (Figura 3). Se recomienda colocar junto a la muestra un blindaje direccional, para forzar la respuesta de uno de los paneles. Se realizan un total de 10 pasadas con la muestra, cinco para cada panel. Con estos datos se calculan los parámetros dinámicos de la respuesta del equipo: eficiencia dinámica, límite de detección dinámico (en actividad) y nivel de alarma (en actividad y en tasa de dosis).

En ambos ensayos, para asegurar que el fondo es estable, hay que verificar que no hay factores externos que puedan modificarlo como muestras radiactivas, vehículos próximos, lluvia, etc. Se recomienda realizar estos ensayos una vez al año, o si se ha producido una reparación o modificación que afecte la respuesta del equipo.

### PARÁMETROS DINÁMICOS DE LOS PÓRTICOS

En este apartado se indican como se realizan los cálculos para obtener los principales parámetros dinámicos de los pórticos utilizando la norma ISO-11929 [16]: el límite de detección dinámico y el nivel de alarma de la actividad y de la tasa de dosis.

#### Límite de detección dinámico

La norma ISO-11929 indica como se calcula el límite de detección dinámico ( $LDD$ , en kBq), cuando se conocen los valores de la tasa de detecciones del fondo ( $F$ ), el tiempo de medida del fondo ( $t_0$ ), el tiempo de medida de la muestra ( $t_m$ ), y las probabilidades de obtener una detección cuando no hay muestra activa,  $\alpha$ , o de no tener una detección cuando hay muestra activa,  $\beta$ . Para simplificar los resultados se considera  $t_0 = 30$  s,  $t_m = 1$  s, y probabilidades de falsos positivos y negativos del 0,1%, esto es,  $k = k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 3,09$ . En estas condiciones:

$$LDD(kBq) = \frac{k}{E} \cdot \left( \sqrt{\frac{F}{t_m} + \frac{F}{t_0} + \frac{k}{t_m}} \right) \cdot \frac{1}{\left( 1 - k^2 \frac{u^2(E)}{E^2} \right)} \quad (1)$$

donde  $F$  es el fondo (en cuentas por segundo),  $E$  es la eficiencia dinámica en tanto por ciento y  $u(E)$  es la incertidumbre de la eficiencia.

#### Nivel de la alarma de la actividad y de la tasa de dosis

El nivel de la alarma de detección de un pórtico es el número de detecciones que activa su alarma. Este nivel se calcula



Figura 2. Medida de la eficiencia estática en el centro de la zona sensible de detección para el proceso de calibración (ensayo estático).



Figura 3. Medida de la eficiencia dinámica del paso de la muestra por la trayectoria central para el proceso de calibración (ensayo dinámico).

con las detecciones totales mediante la siguiente expresión [17]:

$$T = F + K\sqrt{F} \quad (2)$$

donde  $T$  es el nivel de alarma (en cuentas por segundo),  $F$  es el fondo (en cuentas por segundo) y  $K$  es un factor multiplicativo, que determina el valor que está por encima del nivel del fondo, en unidades de desviación típica (número de sigmas).

A partir de la expresión anterior, se puede determinar el nivel de alarma de la actividad ( $N_A$ , en kBq) para el pórtico con las detecciones dinámicas netas utilizando la siguiente expresión:

$$N_A \text{ (kBq)} = \frac{T - F}{E(\%)} = \frac{K\sqrt{F}}{E(\%)} \cdot \frac{1}{10} \quad (3)$$

donde  $E(\%)$  es la eficiencia dinámica en tanto por ciento y el factor 1/10, se utiliza para pasar la eficiencia a tanto por uno y de Bq a kBq.

El nivel de alarma de la tasa de dosis ( $N_D$ , en nSv/h), en la superficie del detector, se calcula con la siguiente expresión:

$$N_D \text{ (nSv/h)} = N_A \frac{959,2}{d^2} \quad (4)$$

donde  $d$  es la distancia en cm, entre la trayectoria central de la zona sensible de detección y la superficie del panel, y el factor 959,2 convierte los kBq de cesio-137 en tasa de dosis.

### Criterios de capacidad de detección dinámica

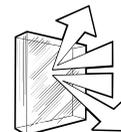
Los parámetros de capacidad de detección dinámica sirven para verificar si el límite de detección dinámico y el nivel de alarma de actividad son inferiores al valor guía recomendado de 600 kBq de cesio-137 con una probabilidad del 95%.

Se recomienda que el Nivel de Alarma de detección sea igual o ligeramente superior al Límite de Detección Dinámico. Si el Nivel de Alarma de detección es inferior al Límite de Detección Dinámico, la probabilidad de detectar una muestra es inferior al 99,9%, por lo que aumenta la probabilidad de alarmas falsas. No obstante, la instalación puede establecer el Nivel de Alarma de detección por debajo del Límite de Detección Dinámico, si considera que la dinámica de trabajo es compatible con las posibles alarmas falsas.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presentan los procesos recomendados indicando el responsable de dicho proceso, la periodicidad máxima, el tiempo estimado en su realización, así como unas observaciones. Cabe señalar, que como hay una gran variedad de modelos de pórticos, algunas de las recomendaciones de los procesos como, por ejemplo, el tiempo de recuento de las detecciones, o la distancia de la trayectoria central a la superficie del panel, se pueden variar, siempre que suponga una mejora o una simplificación del proceso, o se ajuste a las recomendaciones particulares del fabricante para esos modelos.

Los procesos recomendados se aplicaron a diecisiete pórticos seleccionados como representativos de la industria del



Proceso	Responsable	Periodicidad (máxima)	Tiempo Estimado	Observaciones
Informe inicial de instalación	Instalador del equipo /usuario del equipo	Una vez	1 día	Este informe se debe realizar o completar cuando se produzca una reparación o modificación del equipo que afecten a la medida.
Verificaciones cualitativas Listado de los parámetros operativos del pórtico Funcionamiento sensores de paso Funcionamiento alarmas Medida del fondo	Usuario del equipo	semanal	5 minutos	Debe realizarse un listado cada vez que se modifiquen los parámetros iniciales del equipo.
Verificaciones cuantitativas Eficiencia estática superficie panel	Usuario del equipo	mensual	5 minutos	El valor obtenido no debe variar en un 10% del obtenido en la verificación inicial.
Calibración de los pórticos Ensayos estáticos Ensayos dinámicos	Usuario del equipo/ personal cualificado	anual	1 hora	Este ensayo se debe realizar siempre que se produzca una reparación o modificación que pueda afectar la respuesta del equipo.

Tabla I. Procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos con pórticos.

Tipo de pórtico					Datos generales del pórtico				Eficiencia estática			Eficiencia dinámica			Parámetros dinámicos		
					2-d	Nº. Det	S <sub>Detector</sub>	K (alarma)	F <sub>detector</sub>	Efic.	2·u(E)	F <sub>panel</sub>	Efic.	2·u(E)	LDD	N <sub>A</sub>	N <sub>B</sub>
Nº	Marca	Modelo	Tipo de Detector	Industria	cm	No. por panel	m <sup>2</sup>	Nº sigmas	cps	%	%	cps	%	%	kBq	kBq	nSv/h
1	Exploranium	GR-526 4400	PVT	Siderúrgica	440	2	0,32	12	1486	0,18	0,01	2931	0,37	0,04	95	177	3,5
2		GR-526 4400	PVT	Recuperadora	470	2	0,32	13	2105	0,17	0,01	4171	0,36	0,02	116	235	4,1
3		GR-526 9000	PVT	Siderúrgica	450	2	0,50	11	2786	0,22	0,01	5388	0,55	0,06	86	201	3,8
4		AT-900 9000	PVT	Siderúrgica	450	2	0,50	11	2766	0,24	0,01	5354	0,50	0,05	94	220	4,2
5		GR-526 8800	PVT	Siderúrgica	656	2	0,32	10	1814	0,09	0,01	3692	0,18	0,02	218	337	3,0
6		GR-526 4400	PVT	Siderúrgica	496	2	0,32	12	1918	0,15	0,01	3841	0,34	0,04	118	219	3,4
7		GR-526 2200	PVT	Fundidora	438	1	0,32	12	2090	0,19	0,01	2087	0,20	0,02	152	280	5,6
8		AT-900 4400	PVT	Recuperadora	400	2	0,32	10	2120	0,23	0,01	4244	0,43	0,05	98	151	3,6
9		Thermo***	ASM-II 6000	PVT	Recuperadora	474	2	0,46	7,6	3850	0,16	0,01	3889	0,21	0,04	194	228
10	ASM-SE 3000		PVT	Recuperadora	454	2	0,46	16	2703	**	**	2600	0,28	0,14	129	295	5,6
11	FHT-1388 T 50 L		PVT	Recuperadora	410	1	0,50	3,2	1629	0,17	0,02	1616	0,13	0,03	208	101	2,1
12	ASM-II 6000 (entrada)		PVT	Siderúrgica	424	2	0,46	8,9	1881	0,17	0,01	1904	0,18	0,03	155	210	4,3
13	ASM-II 6000 (salida)	PVT	Siderúrgica	428	2	0,46	10,8	2882	0,17	0,01	2846	0,23	0,04	149	247	4,9	
14	RadComm	RC-2000 S 125 L	PVT	Recuperadora	394	1	0,72	14	2226	0,31	0,02	2297	0,30	0,04	106	224	5,3
15		RC-2069 E 125 L	PVT	Recuperadora	398	1	0,72	14	2687	0,43	0,02	2840	0,47	0,05	74	160	3,9
16	Berthold	Multiscan LB 4405	Nal(Tl)	Recuperadora	506	1	0,075	7	344	0,020	0,003	342	0,024	0,010	537	539	8,8
17	Cetto	ConRaD C-III	CsI(Tl)	Siderúrgica	440	1*	0,018	6	287	0,029	0,003	289	0,019	0,010	622	532	10,0

\* El pórtico de marca Cetto tiene 4 paneles (derecha, izquierda, arriba y en el suelo), los demás pórticos tienen 2 paneles (derecha e izquierda).

\*\* No se ha podido determinar la eficiencia estática ni su incertidumbre ya que no fue posible realizar las medidas de 30 s.

\*\*\* En los equipos Thermo la eficiencia estática corresponde con la eficiencia dinámica del panel y el Fdetector corresponde con el Fpanel. Esto explica que el Fpanel sea el doble del Fdetector y que la Eficiencia estática sea también el doble que la eficiencia dinámica en los equipos Exploranium, y no así en los Thermo.

Tabla II. Datos y resultados de la calibración estática y dinámica con muestra puntual de cesio-137 en varios pórticos de industrias del metal adheridas al Protocolo.

metal adherida al "Protocolo". En el año 2005, la marca Thermo representaban el 61% de los pórticos instalados en España, los de marca Exploranium el 35% y, otras marcas representaban el 4%. En la tabla II se indican los resultados.

### CONCLUSIONES

En este estudio se recomiendan diferentes procesos para asegurar que los monitores de radiactividad de tipo pórtico, instalados en las empresas del metal adheridas al "Protocolo", funcionan correctamente. Los procesos recomendados son los siguientes: 1) informe inicial de instalación del equipo, 2) verificación periódica cualitativa y cuantitativa del pórtico y 3) calibración anual del pórtico, realizando ensayos estáticos y dinámicos con una muestra calibrada de cesio-137. Los ensayos dinámicos permiten determinar los parámetros de capacidad de detección dinámica del pórtico como el límite de detección dinámico y el nivel de alarma de actividad. Los diecisiete pórticos seleccionados en este estudio como representativos del "Protocolo" cumplen con el valor guía recomendado por la normativa internacional de 600 kBq de cesio-137 con una probabilidad del 95%.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) y por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) con un convenio de colaboración titulado "Estudio del control de la presencia de material radiactivo en materias primas con pórticos en instalaciones". Los autores de este trabajo también quieren agradecer al personal de las distintas empresas del sector del metal adheridas al "Protocolo" su amabilidad y asistencia en los condicionantes logísticos necesarios para obtención de los datos y resultados de este trabajo. A todos ellos nuestra más sincera gratitud.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lubenau, J.O., Yusko, J.G. Radioactive materials in recycled metals – an update. *Health Physics* 74: 293-299; 1988.
- [2] O'Grady, J., C. Hone, and F.J. Turvey, Radiocesium contamination at a steel plant in Ireland. *Health Physics* 70: 568-572; 1996.
- [3] Ortiz, T. La detección de materiales radiactivos en chatarras. La experiencia de ENRESA. *Radioprotección* 55: 22-28; 2008.
- [4] Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos (Noviembre 1999, Revisado 2/11/1999).
- [5] Council Resolution on the establishment of national systems for surveillance and control of the presence of radioactive materials in the recycling of metallic materials in the Member States. C119, 22/5/2002.
- [6] Consejo de Seguridad Nuclear. Control radiológico de actividades de recuperación y reciclado de chatarras. Guía de Seguridad 10.12; 2003.
- [7] Health Physics Associates, Inc. Data analysis Steel Manufacturers Associates Test of Scrap Monitoring System. Lenhartsville. PA 19534, June 2; 1997.
- [8] Dryak, P., Suran, J, Kovar, P, Kubala, H. Evaluation of two rounds of testing of types of devices for monitoring radioactive sources in loaded vehicles. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 422: 922-925; 1999.
- [9] Campi, F., Porta A.A. Sensitivity test and risk evaluation for steelworks portal systems. *Radiation Measurements* 39: 161-173; 2005.
- [10] Cox, J.R., col. A method of assessing the performance of portal monitors to estimate the system detection capability. Exploranium G.S. Internal Report; 1997.
- [11] Blaauboer, R., col. Detectie van radioactief schroot met poortdetectoren. Verslag van een ringonderzoek. Holanda. RIVM-610100006:2004 (en holandés).
- [12] ANSI N42.38-2006. American National Standard Performance Criteria for Spectroscopy-Based Portal Monitors used for Homeland Security; 2007.
- [13] ANSI N42.35-2006. American National Standard for Evaluation and Performance of Radiation Detection Portal Monitors for Use in Homeland Security; 2007.
- [14] CEI/IEC 62244:2006. Radiation protection instrumentation – Installed radiation monitors for the detection of radioactive and special nuclear materials at national borders; 2006.
- [15] IAEA. Technical and functional specifications for border monitoring equipment. IAEA: Security Series no 1-2006.
- [16] ISO 11929:2010. Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation - Fundamentals and application; 2010.
- [17] Pujol, L., Suárez-Navarro, M.J., González-González, J.A., García-Galludo, M. Estudio comparativo de equipos fijos de pedestal y su aplicación en la detección del tráfico incontrolado de material radiactivo en aeropuertos. *Ingeniería Civil* 147: 43-56; 2010.

# Análisis de calidad de imagen vs dosis aplicada al paciente en radiografía panorámica digital

Marlen Pérez-Díaz<sup>1</sup>, Tairi Borges-García<sup>2</sup>, Jandry León-Santana<sup>1</sup>,  
Isabela Vanderley-Brasileiro<sup>3</sup>, Helen Khoury<sup>3</sup> e Iroel Miranda-Castañeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información.  
Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup>Hospital Clínico Quirúrgico "Manuel Fajardo", Santa Clara, Cuba.

<sup>3</sup>Dpto. Energía Nuclear. Universidad Federal de Pernambuco. Recife. Brasil

## RESUMEN

*La radiografía panorámica digital es una técnica de diagnóstico cuyo uso se incrementa en la actualidad a nivel mundial. Sin embargo, existe aún un relativo desconocimiento sobre la mejor relación de compromiso para esta técnica entre calidad de imagen y dosis de radiación al paciente.*

*En este trabajo se realiza un estudio sobre 21 imágenes panorámicas de un maniquí antropomórfico de cráneo y 205 imágenes panorámicas de pacientes, adquiridas con un equipo Kodak digital. Se varió la corriente de tubo, la energía del haz y el tiempo de adquisición, para encontrar las mejores condiciones de adquisición que permitan obtener una adecuada calidad de imagen con las menores dosis posibles para el paciente. Se midió el Producto la Kerma-Aire por unidad de longitud como indicador de la dosis. Se estudió la calidad de imagen mediante medidas objetivas tradicionales como la Relación Señal a Ruido SNR (en escala dB) y la Relación Contraste a Ruido (CNR), así como con un análisis subjetivo visual realizado por dos observadores expertos en este tipo de imágenes.*

*Se demuestra que es posible reducir las dosis reduciendo el mAs principalmente, sin que se afecte la calidad de la imagen sensiblemente. Se propone un protocolo de adquisición optimizado para este equipo con pacientes de peso y talla medios.*

## ABSTRACT

*Digital panoramic radiography is a diagnostic image technique which is increasing its use today all over the world. Nevertheless, there is a relative lack of knowledge about the best compromise relationship between image quality and dose to the patient for these studies.*

*Twenty one panoramic images of an anthropomorphic phantom and 205 from patients were collected using a Kodak digital equipment. Tube current, beam energy and acquisition time were changed among studies to look for the best acquisition conditions which permit good image quality at low doses for patients. Air Kerma-length Product was measured as dose index. Image quality was graded using objective metrics as Signal to Noise Ratio (SNR [dB]) and Contrast to Noise Ratio (CNR), as well as visual evaluation with two expert observers.*

*Reduction in dose was able, reducing mAs mainly, without affecting image quality in a sensitive way. An optimized protocol for this equipment was also obtained for standard height and weight patients.*

## INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de la radiografía panorámica digital se comenzó a estudiar cuáles debían ser los parámetros de adquisición más apropiados en términos de corriente de tubo (mAs), energía máxima del espectro (kVp) y tiempo de adquisición (t), que permitiesen la obtención de una imagen con buena calidad. El término buena calidad de imagen se refiere a "calidad necesaria para el diagnóstico preciso de las pato-

logías [1,2]". En este punto la referencia de los especialistas en su inicio tan solo era la procedente de las imágenes convencionales panorámicas sobre películas radiográficas.

El enfoque anterior conduce a la reducción de las dosis, ya que se busca una calidad de imagen que sea suficiente para garantizar un buen diagnóstico por parte del especialista a la menor dosis posible, por lo que permite optimizar los parámetros de adquisición que son determinantes tanto de la calidad de imagen como de la dosis que recibe el paciente.

Este tema sigue siendo hoy foco de discusión en reuniones científicas a nivel mundial, específicamente en radiología dental digital y es particularmente novedoso en el caso de América Latina, donde poco a poco se va incrementando el número de países que adquieren esta tecnología, por lo que se hace necesario entrenar al personal técnico en la utilización eficiente, efectiva y eficaz de la misma.

El presente artículo se adhiere al paradigma anterior.

## MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizó un equipo digital Kodak 8000C, en su modo panorámico de adquisición. Con este equipo se obtuvieron 21 imágenes panorámicas de un maniquí antropomórfico dental tejido equivalente, modelo 711- HN (ver Figura 1a) y 205 imágenes panorámicas de pacientes (previo consentimiento informado), en idénticas condiciones, almacenadas en matrices de 1244 por 2613 píxeles a 8 bit por píxel (bpp) de profundidad. Las imágenes se adquirieron para variaciones de kVp de 68, 76, 79 y 90 kV, de acuerdo con el criterio de anatomía de los pacientes (talla y peso) a criterio de los especialistas de la clínica y de las referencias bibliográficas [1,3]. Las variaciones de corriente de tubo fueron 6.3, 8, 10 y 12 mA para el maniquí y de 10 y 12 mA para los pacientes, siguiendo el mismo criterio. El tiempo de exposición de cada estudio fue de 13.2 o 13.9 segundos, que son las dos únicas opciones que trae implementado el equipo. Como las diferencias en los tiempos son tan pequeñas y en los análisis iniciales previos sobre las imágenes [4] no se apreciaban claramente diferencias de calidad a kVp y mA fijos, no se particularizó en el análisis de la influencia de esta variable de forma independiente.

El valor del Producto Kerma-Aire por unidad de longitud ( $P_{k,L}$  en mGy.cm) se midió con una cámara de ionización tipo lápiz, marca PTW 30009-0516, conectada a un elec-

trómetro PTW Diamentor E2. Las mediciones se efectuaron ubicando la cámara en el campo de radiación para iguales condiciones de adquisición que para el estudio con el maniquí y los pacientes (Figura 1b). El Producto Kerma-Aire por área (PK, A en mGy.cm<sup>2</sup>), se calculó, multiplicando la lectura de la cámara de ionización ( $P_{k,L}$ ) corregida por los factores de presión y temperatura, por la altura del haz de rayos X, medido con una película radiográfica como se muestra en la Figura 1b.

El análisis de calidad de cada imagen se realizó mediante evaluación subjetiva realizada por dos especialistas en cirugía máxilo-facial, con más de cinco años de experiencia. Ellos evaluaron cinco regiones de interés anatómico a ambos lados de la imagen (10 sitios fundamentales para este tipo de estudio) en cada una de las 226 imágenes incluidas en el experimento. La Figura 2 muestra las regiones analizadas.

La calidad de imagen en cada región de interés se evaluó según la escala: (1- calidad pobre, 2- calidad regular, 3- calidad buena, 4- calidad muy buena y 5- calidad excelente) en términos de solo visualización correcta de los detalles incluidos en el experimento, sin incluir diagnóstico. Estas medidas se promediaron para cada observador en cada evaluación y el valor obtenido constituyó el registro de evaluación subjetiva de cada imagen por observador.

Los especialistas realizaron el análisis subjetivo de calidad de imagen de forma independiente y bajo las mismas condiciones de visualización (habitación con una iluminación de 500 lúmenes/m<sup>2</sup> y observador a 50 cm del monitor). Se utilizó un monitor marca Flatron W 1942TQ, LG Widescreen, con una resolución de 1440 x 900 píxeles y una profundidad de 32 bit, lo cual, dadas las dimensiones de los detalles anatómicos a visualizar, es una resolución suficiente para los objetivos de este experimento. Previamente se había constatado que al pasar las imágenes del monitor de grado



Figura 1. a) Ejemplo de adquisición panorámica con: a) maniquí y paciente ubicados en el campo de radiación, b) con la cámara de ionización y película filmica ubicadas en el campo de radiación.

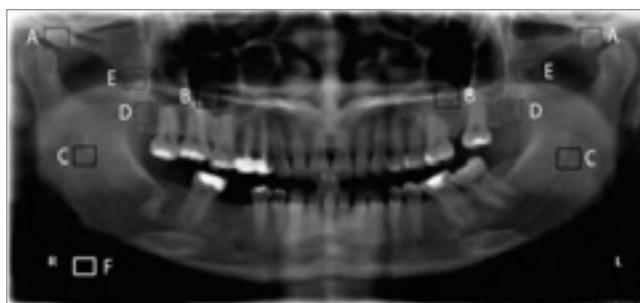
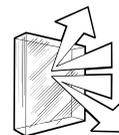


Figura 2. Ejemplo de imagen panorámica digital de un paciente con las regiones de interés situadas. (A-eminencia articular, B-senos maxilares, C-canal mandibular, D-tuberosidad maxilar, E-apófisis coronoides), F-región de fondo.

médico del hospital monitorizado (utilizado comúnmente por los especialistas para realizar diagnóstico a partir de las imágenes panorámicas digitales), al monitor común utilizado para el experimento, la disminución en la resolución espacial no afectaba de forma sensible el logro de los objetivos trazados en esta investigación.

Uno de los especialistas realizó la evaluación en dos oportunidades con un periodo de tiempo de un mes entre ambas evaluaciones. Estas evaluaciones fueron utilizadas para analizar la variabilidad intra-observador. La media de sus evaluaciones fue comparada con la del segundo especialista para evaluar la variabilidad inter-observador. Para estos cálculos se utilizó el método de Bland y Altman [5].

Para el análisis objetivo se montaron las imágenes sin procesar sobre el Sistema Matlab 7.2 y se situaron ventanas de 5 x 5 píxeles sobre las regiones de interés utilizadas para las evaluaciones subjetivas, mostradas en la Figura 1. El tamaño de ventana escogido fue lo suficientemente grande como para incluir parte de la estructura de interés a identificar y lo suficientemente pequeño como para excluir otras estructuras anatómicas y con ello atenuar, en la mayor medida posible, la influencia de las diferencias morfológicas existentes entre pacientes sobre las mediciones. En las

ventanas seleccionadas (sobre las estructuras anatómicas seleccionadas) se midieron la Relación Señal a Ruido (SNR) en escala logarítmica en Decibelios (dB) y la Relación Contraste a Ruido tradicional (CNR) [6], cuyas expresiones de cálculo fueron las siguientes:

$$SNR = \frac{m_a}{S_n} \quad (1)$$

siendo:  $m_a$  la media de los valores de intensidad de la imagen en las ventanas seleccionadas (10 regiones de interés anatómico) y  $S_n$  la desviación típica de dicha señal en las mismas ventanas.

$$CNR = \frac{(m_a - m_c)}{S_c} \quad (2)$$

siendo  $m_a$  y  $m_c$  la media de los valores de intensidad de la imagen en cada región de interés objeto (10 ventanas de señal útil seleccionadas) y la de fondo (ventana de señal de fondo) respectivamente,  $S_c$  es la desviación típica de la señal en la región de fondo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 muestra el comportamiento de las medidas objetivas en las imágenes tanto del maniquí como en las de pacientes para diversos valores de kVp y mAs.

La Relación Señal a Ruido para el rango de variación del mAs a kVp fijo en los estudios realizados al maniquí tiene una media de 40,74 dB y una desviación típica de 2,4 dB y se encuentra acotada entre 38 y 45 dB, lo cual puede considerarse como apropiado para diagnóstico en este tipo de imágenes [1,3,6]. Debe destacarse que los valores no son significativamente diferentes entre 140 y 170 mAs ( $p > 0.05$ ).

En el estudio con pacientes la SNR tiene una media de 37,74 dB y una desviación típica de 2,91 dB, acotándose

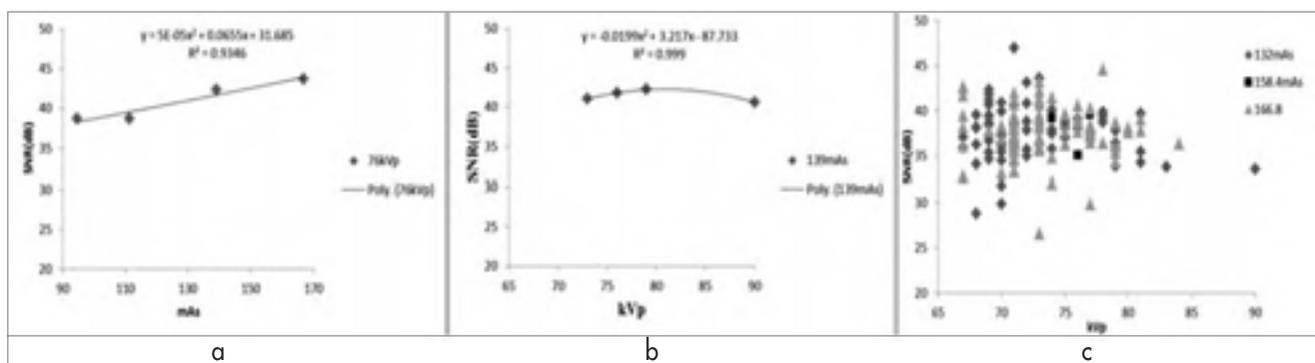


Figura 3. Relación entre SNR y los parámetros de adquisición. Los gráficos a) y b) se corresponden a mediciones en imágenes del maniquí y c) en imágenes de pacientes.

entre 30 y 45 dB para todos los valores de mAs monitoreados. El estudio incluyó 6 valores de kVp. Es notable la mayor dispersión de los resultados respecto al estudio con el maniquí, lo cual pudiese estar influenciado por la variedad morfológica incluida en la muestra y el tamaño de ventana de medición escogido [7].

La Relación Señal a Ruido no mostró una fuerte variación con el incremento del kVp a mAs fijo, para los estudios realizados al maniquí ni para los realizados con pacientes. En el caso del maniquí, la SNR tiene en ese caso una media de 41,97 dB y una desviación típica de 0,63 dB y se encuentra entre 41 y 43 dB. Nuevamente los resultados para pacientes muestran una mayor dispersión debida a las grandes diferencias morfológicas. En general SNR (dB) muestra ser más dependiente del mAs que del kVp. La selección final del kVp más adecuado debe por tanto estar en dependencia de cuánto se afecta el contraste imagen con su aumento.

La Figura 4 muestra regiones de interés procedentes de imágenes del maniquí donde se evidencia visualmente la

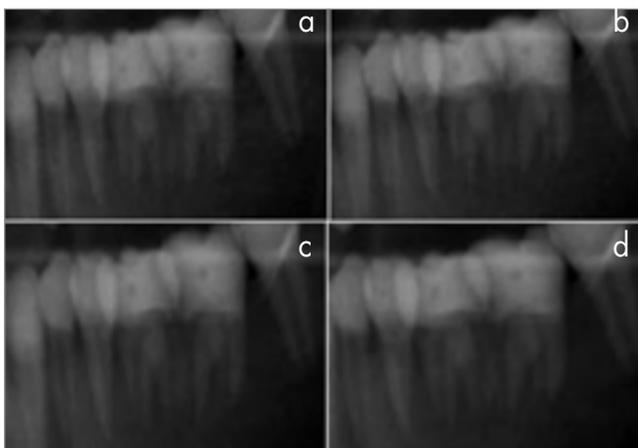


Figura 4. a) mAs=88 (SNR =38.69 dB) b) mAs=111 (SNR=38.71 dB), c) mAs=139 (SNR= 42.31 dB) , d) mAs=167 (SNR =43.71dB).

variación de los niveles de ruido sobre las imágenes con el incremento del mAs. Obsérvese como estas diferencias no son muy sensibles para el ojo humano para los valores de 140 y 170 mAs.

La Figura 5 muestra el comportamiento de la Relación Contraste a Ruido para variaciones de mAs y kVp.

La Relación Contraste a Ruido aumenta con el mAs ajustándose a un polinomio de segundo orden, como puede apreciarse del estudio realizado con el maniquí a kVp fijo. El valor medio fue de  $84,71 \pm 21,3$ .

El aumento del kVp provoca la disminución del contraste imagen, como resultado de una mayor penetración de los rayos X en el tejido y una menor deposición de energía. Consecuentemente la CNR también disminuye. Del mismo modo, en este estudio se aprecia una mayor dispersión en los resultados para pacientes. El empeoramiento del contraste imagen con el aumento del kVp puede ser apreciado visualmente en las imágenes de pacientes que se muestran en la Figura 6.

Respecto a la evaluación subjetiva, en el caso del maniquí, se aprecia que independientemente del mAs y kVp utilizados, la mayoría de las imágenes recibió la máxima evaluación (5) y solo dos fueron evaluadas de 4, que representa muy buena calidad visual, según la escala establecida y para las condiciones experimentales impuestas. Los observadores expertos en general aceptaron bien las pequeñas variaciones de contraste y ruido de las imágenes observadas en el monitor seleccionado, dadas por diferentes condiciones de adquisición, porque de todas las imágenes (aleatoriamente observadas) pudieron extraer los detalles de interés morfológico que ellos buscan. De aquí se deduce que el rango de parámetros de adquisición incluido en el estudio es apropiado para panorámicas digitales de pacientes adultos de peso y talla medios (que es lo

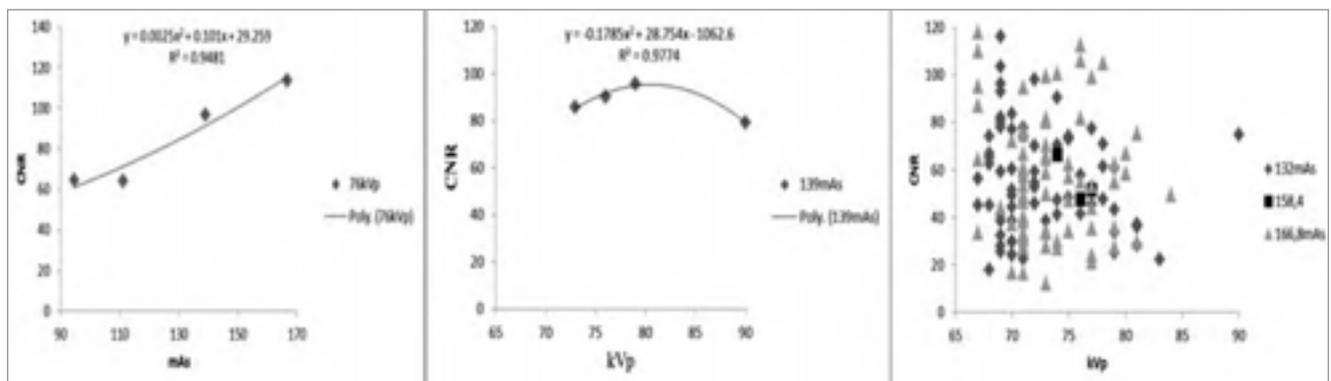


Figura 5. Relación entre CNR y los parámetros de adquisición.

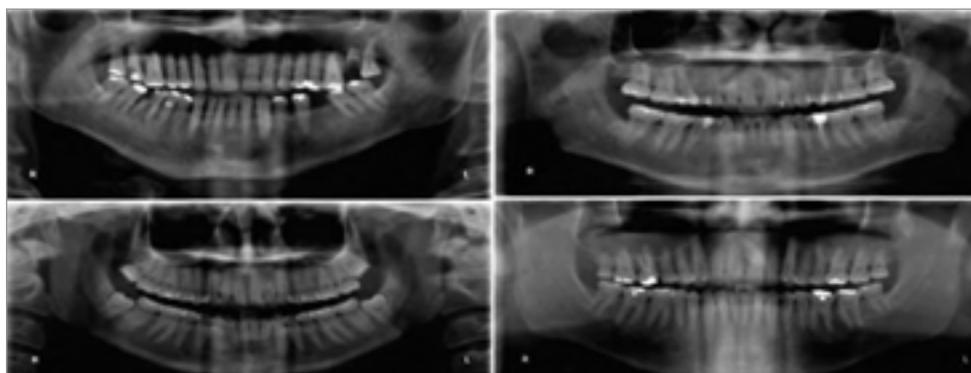
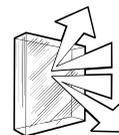


Figura 6. Imágenes de pacientes para variaciones del kVp a mAs= 132; a) kVp=67, b) kVp=73, c) kVp=76, d) kVp=90.

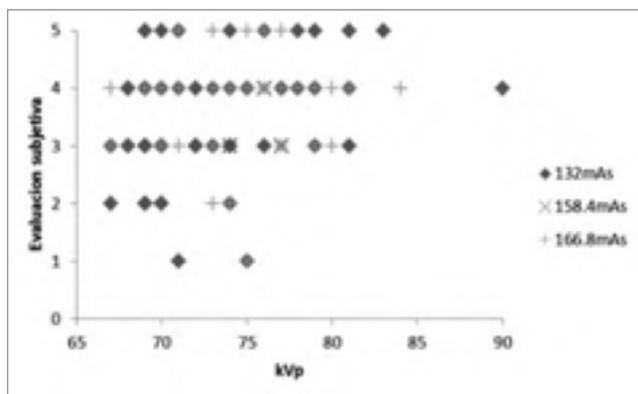


Figura 7. Relación entre la evaluación subjetiva y los parámetros de adquisición en los estudios realizados con pacientes.

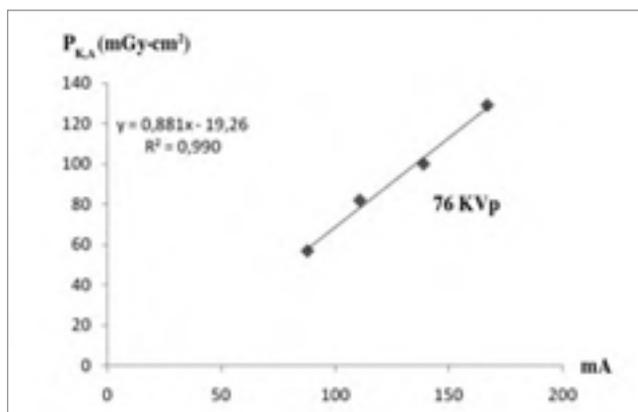


Figura 8. Relación entre el Producto Kerma-Aire por área vs. mAs a 76 kVp fijo.

que representa este maniquí) con el equipo Kodak digital utilizado.

La evaluación cualitativa en los estudios realizados con pacientes se resume en la Figura 7.

Cuando la morfología interviene, aparece una mayor dispersión en la evaluación para todos los mAs, pero aun así la mayoría de las imágenes fue evaluada de 3 (calidad buena) hacia arriba. El menor valor de mAs utilizado, resultó

ser el de peor desempeño, debido al notable incremento del ruido apreciado en algunas imágenes, por lo que se sugiere para este equipo en particular, el uso de valores de mAs que estén por encima de este valor.

Con respecto al kilovoltaje pico se hace notar que para kVp entre 75 y 80 todas las imágenes obtuvieron evaluación de 3, 4 o 5 para todos los valores de mAs. En general, la evaluación de los observadores fue más dependiente del mAs que del kVp. Valores bajos de kVp con bajo mAs produjeron imágenes de pobre calidad. Este resultado sugiere que no se utilicen valores tan bajos de kVp con este equipo en aras de aumentar el contraste imagen, a menos que se usen altos mAs, lo cual incrementaría la dosis y no sería una solución óptima, porque visualmente el resultado no es bueno con este equipo.

Se debe expresar que la variabilidad inter observador fue de 99.60 y la variabilidad intra observador fue de 99.93, de donde se deduce la consistencia de las evaluaciones y la similitud en el grado de pericia de ambos observadores participantes en el experimento.

La Figura 8 muestra el comportamiento del Producto Kerma-Aire por área con el incremento del mAs.

De los resultados obtenidos se aprecia que la relación es lineal, existiendo diferencias significativas entre todos los valores ( $p=0.005$ ). Es interesante notar que para mAs entre 140 y 170 las diferencias en la Kerma-Aire por área sean significativas, mientras que la calidad de imagen en este experimento no mejoró sensiblemente desde el punto de vista de las medidas objetivas y subjetivas implementadas.

En estos estudios en particular los órganos bastante radiosensibles para los pacientes, que están en el campo de radiación son: el cristalino, las parótidas y la tiroides, por lo que es muy importante optimizar la relación entre la calidad de imagen y la dosis que reciba el paciente desde el punto de vista de la protección radiológica del mismo [8-10].

La Tabla I y Figura 9 resume los valores de los parámetros de adquisición que proporcionaron los valores óptimos de calidad de imagen respecto al Producto Kerma-Aire por área para las condiciones bajo las cuales se realizó el presente estudio.

Si bien es cierto que el presente experimento se ha limitado a un único equipo de adquisición, la metodología desarrollada es muy sencilla y rápida de implementar

Parámetros de adquisición (kVp/mAs)	SNR(dB)	CNR	$P_{K,A}$ (mGy·cm <sup>2</sup> )
76/139	42.31	90.17	100

Tabla I. Propuesta de protocolo optimizado para el equipo monitorizado.

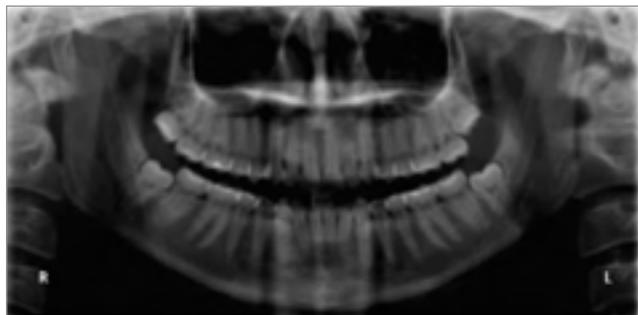


Figura 9. Imagen de un paciente, adquirida bajo los parámetros optimizados para el equipo monitorizado.

matemáticamente, por lo que puede facilitar el control de calidad de estos equipos. Sus resultados pueden constituir una referencia científica para desarrollar estudios de optimización comparativos entre este y otros modelos de equipamiento para imágenes digitales dentales panorámicas, existentes en la actualidad. Del mismo modo, por su simplicidad, el conjunto de pasos desarrollados pudiese ser analizado como base para extender su aplicación a otros equipos de radiodiagnóstico digital (DR y CR) utilizados para estudiar otras áreas del cuerpo humano y cuya proliferación en el mercado es toda una realidad hoy.

## CONCLUSIONES

Tras estudiar el efecto que provoca sobre la calidad de imagen el efectuar una variación en los parámetros de adquisición kVp y mAs con el equipo dental panorámico Kodak 8000C tanto en pacientes como en un maniquí antropomórfico concluimos que: kVp entre 75 y 80 kilovoltios y mAs mayores a 132 miliamperes por segundo son adecuados para obtener imágenes con buena calidad tanto desde el punto de vista visual como de las relaciones Señal a Ruido y Contraste a Ruido para la mayoría de los pacientes.

En particular el protocolo de kVp=76 y mAs=139 con tiempo de adquisición de 13.9 segundos permite obtener imágenes con buena calidad y reducir en un 25% el Producto Kerma-Aire por área respecto a la práctica de rutina usual con este equipo en la institución monitorizada, para un paciente de peso y talla medios.

## AGRADECIMIENTO

Al proyecto CAPES MES 44/08 por financiar parcialmente el desarrollo de este experimento y al Prof. DrC. Juan V. Lorenzo-Ginori por la revisión que realizó al manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mark B., Elizabeth A., Keith J., William K., Mark S. Digital Radiography Image Quality: Image Acquisition. *J Am Coll Radiol.* 4: 371-388, 2007.
- [2] Meryem T., Ilkay P., Güiten U., Bülent A. Clinical Evaluation of Dose Reduction on Image Quality of Panoramic Radiography. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 8. (5), 2008.
- [3] Jae-Seo L., Young-Hee K. Suk-JaY., Byung-Cheol K., Reference Dose Levels for Dental Panoramic Radiography in Gwangju, South Korea. *Radiation Protection Dosimetry*, 138: 1-7, 2010.
- [4] Brasileiro I., Khoury H.J., Andrade M.E., Perez M., Viera J.E., Nascimento J.B. Borrás C. Producto Kerma aire y Calidad de Imagen en radiología dental Panorámica digital. Código 201-026 Memorias del XVII Congreso de la Sociedad española de Física Médica, Alicante 2009. [www.sefm.es/alicante/fullpapers](http://www.sefm.es/alicante/fullpapers)
- [5] Bland J. M., Altman D. G., "Statistical methods of assessing agreement between methods of clinical measurement. *Lancet* 1: 307-310, 1986.
- [6] Boone J. M.. *The Essential Physics of Medical Imaging*, Second Edition ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- [7] Eckstein M.P., Abbey C.K. Bochud, F.O. Visual Signal Detection in structured backgrounds: IV Figure of Merit for Model performance in multiple-alternativ forced-choise detection tasks with correlated responses. *J. Opt. Soc. Am. A.* 17 (2) 206-217, 2000
- [8] Radiation safety in dental radiography. *Kodak Dental Radiography Series.* USA. Eastman Kodak Company. No 414, 1998.
- [9] UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. Vol 1: Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2000 – Report to the General Assembly). [http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000\\_1.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html)
- [10] Poppe1 B., Looe H. K., Pfaffenberger A. Chofor N. Eenboom F. Sering M., Ruhmann A. Poplawski A. , Willborn K. Dose-area product measurements in Panoramic dental radiology. *Rad Prot Dosim* 121: 1-4, 2006.

# Vigilancia radiológica ambiental en instalaciones de PET-CT

M.A. De la Casa, R. Gilarranz, P. Adaimi, L.C. Martínez, M.A. Ruiz, M.J. Rot, F. Clemente, A. Milanés, J.M. Delgado y M.J. Manzanas

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid

## RESUMEN

*Hemos realizado medidas de vigilancia radiológica en tres instalaciones de PET-CT a lo largo de trece meses. Los resultados de nuestras medidas confirman la validez de los cálculos de blindajes y estudios de seguridad realizados en cada una de dichas instalaciones.*

## ABSTRACT

*We have made radiological surveillance measures in three PET-CT facilities during thirteen months. The results of our measures confirm the validity of the shielding calculations and safety studies performed in each one of the facilities.*

## INTRODUCCIÓN

El Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid tiene encomendada la protección radiológica de tres hospitales con instalaciones de PET-CT: el Hospital Universitario 12 de Octubre (H12O), el Hospital Universitario de Getafe (HUG) y el Hospital Universitario de Fuenlabrada (HUF). Nuestro servicio realizó el cálculo de blindajes de las tres instalaciones de acuerdo a las recomendaciones de la AAPM [1], así como el estudio de seguridad de las mismas.

Tras la apertura de las instalaciones en el propio Hospital Universitario 12 de Octubre y en el Hospital Universitario de Getafe se procedió a la toma de medidas mensuales de vigilancia radiológica de ambas instalaciones durante un año, con la finalidad de comprobar la adecuación de los blindajes empleados. En la tercera instalación, la del Hospital Universitario de Fuenlabrada, no se han completado todavía estas medidas ya que no se ha empezado a trabajar con un número significativo de pacientes hasta octubre de 2011, disponiéndose de datos desde octubre de 2011 a abril de 2012.

El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados de estas medidas de vigilancia radiológica en las tres instalaciones de PET-CT antes citadas, y realizar una comparación de estos resultados con la previsión de dosis de acuerdo al cálculo de blindajes realizado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las medidas se han realizado en dos instalaciones de PET-CT equipadas con sendos Siemens Somatom Emotion (Figura 1), uno situado en el Servicio de Medicina Nuclear del

H12O, y otro en el Servicio de Medicina Nuclear del HUG, así como en la instalación del Servicio de Diagnóstico por Imagen del HUF, equipado con un General Electric Discovery 690.

En las tres instalaciones, se ha medido la dosis equivalente ambiental mensual mediante el empleo de dosímetros de termoluminiscencia, según nuestro protocolo habitual de vigilancia radiológica. En cada una de las instalaciones se definió una serie de puestos de medida preestablecidos, tanto en las salas de incorporación y de exploración como en las zonas circundantes. En todos los puestos, colocamos tres dosímetros por puesto para reducir la incertidumbre, tal y como se muestra en la Figura 2. Se colocaron también tres dosímetros en diversos puestos de control con el fin de determinar el fondo de radiación en cada una de las instalaciones, así como un conjunto de doce dosímetros que se colocaron, también mensualmente, en el Servicio de Radiofísica del H12O



Figura 1. PET-CT.

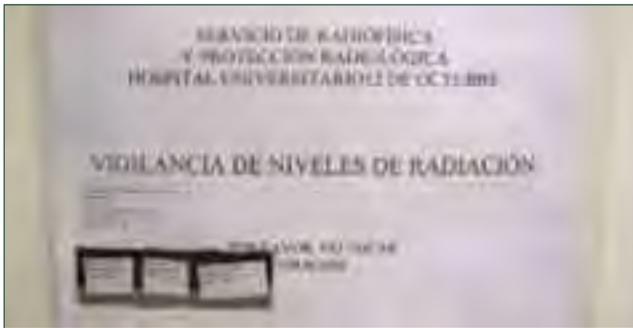


Figura 2: Fotografía de uno de nuestros puestos de vigilancia radiológica. Pueden apreciarse las bolsas negras que contienen un dosímetro cada una en la esquina inferior izquierda de la imagen.



Figura 3. Plano instalación del Hospital Universitario de Getafe.

para comprobar la constancia de los dosímetros y para fijar los niveles críticos y de detección de nuestro proceso de medida. En el caso del H12O, hemos tomado medidas todos los meses en el período que va desde marzo de 2009 a marzo de 2010, ambos inclusive. En el HUG, hemos tomado medidas mensuales desde septiembre de 2009 a septiembre



Figura 5: Plano instalación del Hospital Universitario de Fuenlabrada.



Figura 4: Plano instalación del Hospital Universitario 12 de Octubre.

de 2010. En el HUF, donde se ha empezado a trabajar con pacientes en octubre de 2011, no disponemos de la serie completa de datos, sino tan solo de los datos en el período desde octubre de 2011 a abril de 2012.

Se han utilizado dosímetros termoluminiscentes TLD-100, previamente calibrados en nuestro servicio. Los TLD se hornean a 400 °C durante una hora antes de cada nueva utilización [2]. Una vez regenerados se colocan en sus respectivos puestos. Transcurrido un mes se retiran y se obtienen las lecturas con una lectora Harshaw QS 3500.

La calibración de los dosímetros se realiza con un conjunto electrómetro/cámara de ionización calibrado en el CND (Radcal 9015/20X5-60) y un haz de RX de 80 kVp (1° CHR 3,0 mmAl), muy similar al empleado para la calibración de la cámara de ionización. Se obtiene así el coeficiente de calibración (mGy/nC) para Kerma en aire y el haz de referencia con incertidumbre 4,4% (k=2). El factor de calibración para la energía de 511 keV del F-18 se obtiene multiplicando éste por un factor 1,23, debido a la dependencia energética de los TLD (datos del fabricante).

Sin embargo, dado que las dosis que se van a medir corresponderán a diferentes calidades (radiación directa, dispersa y transmitida del F-18, radiación directa, dispersa y transmitida proveniente del CT, etc.), se ha empleado el coeficiente de calibración correspondiente al haz de referencia para todas las medidas. La falta de corrección se contempla como una incertidumbre en el coeficiente de calibración del 23% (k=2). El Kerma medido se establece multiplicando el coeficiente de calibración por la diferencia entre la



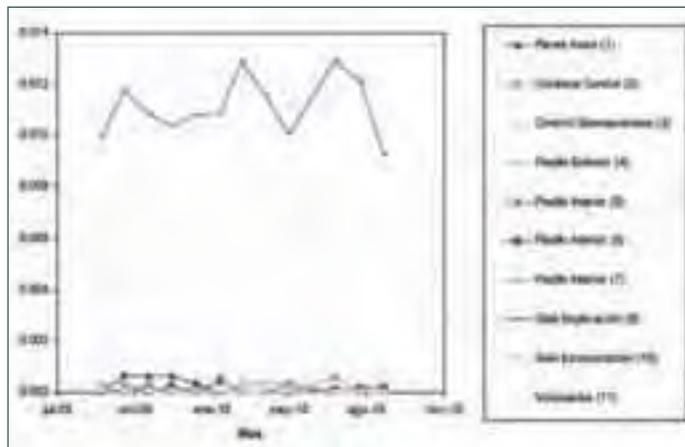


Figura 6: Dosis equivalente ambiental por paciente en función del tiempo en el Hospital Universitario de Getafe. Se ha excluido de la gráfica el dato anómalo correspondiente a junio de 2010.

una media de 0.1 (en el puesto 11) y 0.3 mSv/mes (puesto 12). Estos últimos puestos dentro de la sala de incorporación sí son más representativos para el personal profesionalmente expuesto y por lo tanto nos inducen a trasladar esta información al personal del Servicio para que permanezcan en la medida de lo posible en las inmediaciones del puesto 11 y no del puesto 12, lo cual previsiblemente permitirá que se reduzcan las dosis que reciban. En el HUG los valores correspondientes al puesto 9, que también se encuentra dentro de la sala de incorporación, son considerablemente inferiores, de 0.006 mSv/mes. Esto se debe a que se colocaron unas mamparas plomadas móviles frente a los habitáculos para los pacientes. Con estas mamparas se ha conseguido un mayor aislamiento para el paciente, con la tranquilidad de seguir correctamente atendido, y una mayor protección de los trabajadores expuestos de la instalación.

Otro resultado a destacar es el de las bajas lecturas obtenidas en los pasillos interiores de ambos servicios (puestos 5, 6 y 7 en el HUG; 7 y 8 en el H12O; y 1, 7 y 8 el HUF), por ser zonas donde los blindajes son especialmente comprometidos (espesores de 2, 4 y 12 mm de Pb; Tablas IV, V y VI). En los ocho puestos asignados a los pasillos interiores de las tres instalaciones se registran valores de 0.0 mSv/mes. En particular, estas mediciones confirman que los pasillos interiores, en los que sólo hay circulación de personal expuesto, son zonas adecuadas para el paso de público y de trabajadoras embarazadas, y que la radiación presente en ellos no es suficiente para alterar la respuesta de los equipos de diagnóstico ubicados en salas contiguas.

Como era de esperar, los datos del HUG confirman que los valores obtenidos de la dosis equivalente ambiental a lo largo de los diferentes meses son, en buena aproximación, proporcionales al número de pacientes explorados en cada

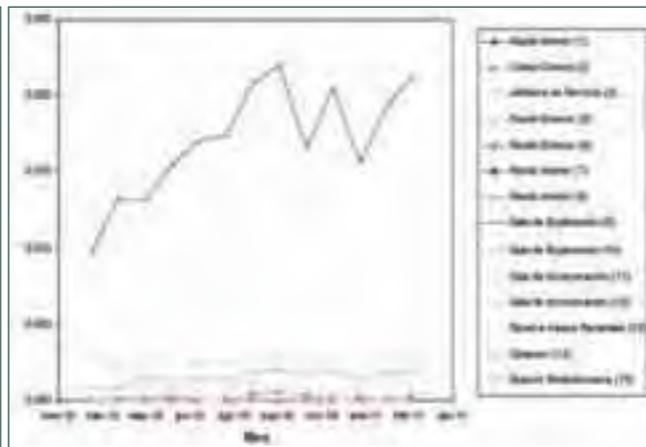


Figura 7: Dosis equivalente ambiental por paciente en función del tiempo en el Hospital 12 de Octubre.

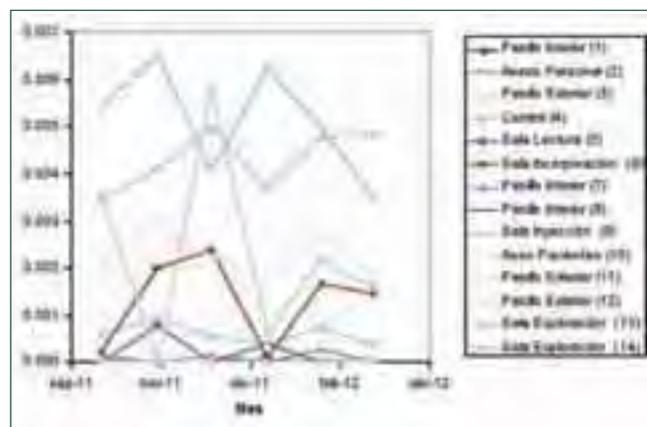
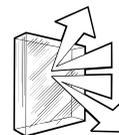


Figura 8: Dosis equivalente ambiental por paciente en función del tiempo en el Hospital Universitario de Fuenlabrada.

mes (ver Figura 6), excepto en el mes de junio en que se obtuvo una lectura anómalamente baja dentro de la sala de exploración para la que carecemos de una explicación satisfactoria. En el caso del H12O (ver Figura 7), también se observa dicha relación de proporcionalidad entre los valores medidos y el número de pacientes explorados, con la excepción de los resultados obtenidos dentro de la sala de exploración para los cuatro primeros meses, donde se observa una inesperada tendencia creciente con el tiempo. Una posterior investigación de esta anomalía nos permitió determinar que esta tendencia creciente se debe a que la colocación del puesto de medida 9 varió con el tiempo. Este puesto es el que se encuentra en la zona de mayor gradiente en el campo de radiación de la instalación, debido a dos razones: su proximidad a las dos fuentes principales de radiación: el paciente durante la exploración de PET y el propio equipo durante la exploración de TC; y a la cercanía de la sombra proyectada por el blindaje del gantry del propio equipo. Por lo tanto, un pequeño desplazamiento en la



Puesto	Temperatura	Dosis sin blindaje (mSv/semana)	Espesor blindaje	Dosis con blindaje (mSv/semana)	Letras de dosis (mSv/semana)	Dosis medida normalizada (mSv/semana)
Puesto 1	20.82	0.122	2 mm Pb	0.022	0.120	0.022
Puesto 2	19.88	0.077	2 mm Pb	0.017	0.120	0.017
Puesto 3	19.88	0.055	2 mm Pb	0.009	0.097	0.009
Puesto 4	20.82	0.083	13 mm Pb	0.013	0.090	0.013
Puesto 5	20.82	0.100	4 mm Pb	0.020	0.120	0.020
Puesto 6	20.82	0.100	2 mm Pb	0.017	0.120	0.017
Puesto 7	20.82	0.100	2 mm Pb	0.020	0.120	0.020
Puesto 8	19.88	0.078	2 mm Pb	0.014	0.120	0.014
Puesto 9	20.82	0.083	2 mm Pb	0.013	0.090	0.013

\*valor medido dentro de la sala PET-CT.

Tabla IV: Estudio de blindajes de la sala de PET-CT del H. U. de Getafe (considerando 555 MBq de actividad y 40 pacientes por semana, y una carga de trabajo para el CT de 25000 mAmin/sem).

Puesto	Temperatura	Dosis sin blindaje (mSv/semana)	Espesor blindaje	Dosis con blindaje (mSv/semana)	Letras de dosis (mSv/semana)	Dosis medida normalizada (mSv/semana)
Puesto 1	20.82	0.027	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 2	19.88	0.033	2 mm Pb	0.010	0.020	0.011
Puesto 3	19.88	0.033	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 4, 7 y 8	20.82	0.037	2 mm Pb	0.014	0.020	0.010
Puesto 5	20.82	0.047	4 mm Pb	0.013	0.020	0.010
Puesto 6	20.82	0.047	2 mm Pb	0.011	0.020	0.011
Puesto 9	20.82	0.047	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 10	20.82	0.047	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 11	20.82	0.047	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 12	19.88	0.033	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010
Puesto 13	20.82	0.033	2 mm Pb	0.010	0.020	0.010

\*valor medido dentro de la sala PET-CT.

Tabla V: Estudio de blindajes de la sala de PET-CT del H.U. 12 de Octubre (considerando 555 MBq de actividad y 40 pacientes por semana, y una carga de trabajo para el CT de 25000 mAmin/sem).

Puesto	Temperatura	Dosis sin blindaje (mSv/semana)	Espesor blindaje	Dosis con blindaje (mSv/semana)	Letras de dosis (mSv/semana)	Dosis medida normalizada (mSv/semana)
Puesto 1	20.82	2.000	2 mm de Pb	0.022	0.120	0.022
Puesto 2	19.88	10.074	2 mm de Pb	0.037	0.120	0.037
Puesto 3	20.82	1.000	2 mm de Pb	0.022	0.120	0.022
Puesto 4	20.82	10.017	2 mm de Pb	0.013	0.120	0.013
Puesto 5	20.82	1.000	2 mm de Pb	0.022	0.120	0.022
Puesto 6	19.88	0.100	4 mm de Pb	0.020	0.120	0.020
Puesto 7	20.82	0.100	12 mm de Pb	0.010	0.120	0.010
Puesto 8	20.82	0.100	12 mm de Pb	0.010	0.120	0.010
Puesto 9	20.82	0.100	4 mm de Pb	0.022	0.120	0.022
Puesto 10	20.82	0.100	4 mm de Pb	0.010	0.120	0.010
Puestos 11 y 12	20.82	0.127	12 mm de Pb	0.010	0.090	0.010

\*Valor medido dentro de la sala de inyección.

Tabla VI: Estudio de blindajes de la sala de PET-CT del H.U. de Fuenlabrada (considerando 555 MBq de actividad y 65 pacientes por semana, y una carga de trabajo para el CT de 25000 mAmin/sem)

posición de los dosímetros produce un cambio significativo en las lecturas de los mismos. En el caso del HUF, los resultados obtenidos (ver Figura 8) también presentan la misma relación de linealidad con el número de pacientes, aunque al ser el número de pacientes tan bajo no es significativa la diferencia entre la dosis medida en los distintos puestos, como ocurre en los otras instalaciones.

Se presentan en las Tablas IV, V y VI el estudio de blindajes realizados en las tres instalaciones. En la última columna de cada tabla se indica el valor de la dosis medida normalizada a 40 pacientes por semana, valor superior al número de pacientes reales por semana en cada instalación. Se observa que el valor medido de dosis que corresponde al

puesto 9 del HUF incluye todos los pacientes inyectados en el servicio, con lo que su resultado no se puede correlacionar con el del estudio de blindajes para ese punto.

Cabe destacar que la instalación en el H120 fue diseñada con menores blindajes alrededor de la sala de incorporación. Esta optimización de los blindajes es posible por el diferente diseño de las instalaciones, situándose los habitáculos de la sala de incorporación del H120 alineados en dirección transversal con respecto a la pared externa de la instalación, en vez de distribuidos a lo largo de la misma como en los casos del HUG y del HUF. Este diseño permite distribuir los blindajes principalmente entre los diferentes habitáculos sin tener que blindar tan fuertemente las paredes que dan a las zonas que circundan cada instalación. De este modo, el blindaje en la sala de incorporación del H120 es de 4 mm de plomo, frente a los 13 mm y 12 mm necesarios en el HUG y el HUF respectivamente.

## CONCLUSIONES

Nuestras mediciones de vigilancia radiológica nos han permitido constatar que se satisfacen los límites de diseño fijados para cada área. Por lo tanto, el cálculo de blindajes realizado de acuerdo al formalismo propuesto en [1] ha resultado adecuado para las tres instalaciones.

Asimismo, constatamos que no existe un aumento significativo en la dosimetría personal de los trabajadores profesionalmente expuestos debido a la incorporación del PET-CT a las instalaciones, ya que al haber también más número de trabajadores, se puede establecer una rotación adecuada del personal profesionalmente expuesto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Madsen M.T. et al. AAPM Task Group 108: PET and PET-CT Shielding Requirements. Med. Phys. 33: 4-15; 2006.
- [2] Cameron J.R. Thermoluminescent Dosimetry. Madison: The University of Wisconsin Press, 1968.
- [3] International Commission on Radiological Protection. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. Annals of the ICRP. PUBLICATION 89. Pergamon, 2003.

## Participación de Marisa España en la Real Academia de Ingeniería en la conferencia sobre: "Futuro de la Energía Nuclear"

Con la participación de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), la Sociedad Nuclear Española (SNE), y Foro de Industria Nuclear Española se ha celebrado el 29 de mayo la conferencia sobre *Futuro de la energía nuclear* en la Real Academia de Ingeniería.

Participaron en la misma, Elías Fereres, presidente de la Real Academia de Ingeniería; Antonio Colino, académico de la Real Academia de Ingeniería; Manuel Acero, expresidente del Instituto de Ingeniería de España. Las ponencias fueron presentadas por:

- Marisa España, presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica: *La energía nuclear en la vida diaria.*
- Lola Morales, presidenta de la Sociedad Nuclear Española: *La seguridad del parque nuclear español.*
- María Teresa Domínguez, presidenta de Foro de la Industria Nuclear Española: *El futuro de la industria nuclear española.*

Según Marisa España, la energía nuclear forma parte de muchos procedimientos clínicos cuya práctica exige la aplicación de normas de protección radiológica. Hay unos 80.000 profesionales que trabajan en instalaciones radiactivas en el sector sanitario, supervisadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Asimismo, subrayó que la utilización de la energía nuclear en el ámbito de la medicina sigue muy ligada al desarrollo tecnológico, con nuevos equipos dedicados a diagnóstico y terapia. En su opinión, la terapia con protones representa un reto en el futuro, y recomendó una campaña de concienciación e información dirigida a la población para que conozcan que en todas estas aplicaciones participan especialistas médicos, radiofísicos, técnicos especialistas, etc... y se realizan bajo estrictas normas de protección radiológica, establecidas en nuestra legislación.

En las otras intervenciones sobre la seguridad y el futuro de la industria nuclear del país, Domínguez indicó que, España y la Unión Europea necesitan la energía nuclear, por lo menos,



hasta 2050, de modo que –calculó– se deberán construir entre 100 y 120 centrales más, tres de ellas en España. La energía nuclear es "prácticamente imprescindible en países como España", porque no está ligada a cuestiones geopolíticas y sus costes de producción son muy estables, insistió.

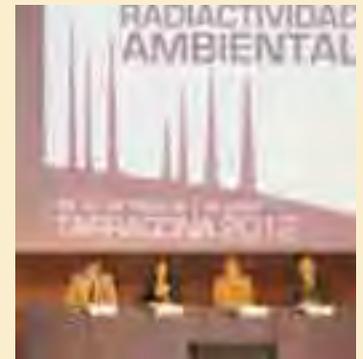
Por otro lado, Lola Morales opinó que el futuro de la energía nuclear depende

- de su aceptación y confianza por parte de la opinión pública
- y, en este sentido, propuso mejorar la comunicación de cara a la ciudadanía y aumentar la transparencia informativa. A pesar de que el sistema de fuentes energéticas español está muy diversificado, el año pasado la energía nuclear representó el 20% del total de la electricidad consumida en España y el sector nuclear emplea a 30.000 personas.

Comité de redacción.

## Clausura de las VII Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental

- Del 30 de mayo al 1 de junio se celebraron las VII Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental, en Tarragona. En el acto de clausura intervinieron Fernando M<sup>o</sup> Legarda, presidente del Comité de Seguimiento de las VII Jornadas; Rosario Velasco, consejera del CSN; Francesc Borrull, vicepresidente de las VII Jornadas y Marisa España, presidenta de la SEPR.



- Durante su intervención se señaló que las aplicaciones con radiaciones ionizantes no hubiesen sido posibles sin sistemas de detección, y su utilización en la práctica sin los laboratorios que aseguran la calidad de las medidas.

- La protección radiológica de la población y del medioambiente requiere el control de la radiactividad ambiental, y es el magnífico trabajo de los profesionales dentro de los laboratorios de control de la radiactividad ambiental lo que garantizan la calidad de las medidas y de los datos obtenidos con la revisión y mejora de los métodos de medida, procesos de control y de la normativa vigente.

- En la actualidad la información llega a la población prácticamente a la vez que algunos sucesos están ocurriendo, y los datos van apareciendo con gran rapidez, por lo que es necesario dar a conocer a la población que los datos que se aportan son el resultado del trabajo de un gran número de especialistas, y que los procedimientos se han realizado con los estándares de máxima calidad. La Sociedad Española de Protección Radiológica ofrece su colaboración para lograr este objetivo.

Comité de redacción

## Juan Carlos Lentijo se incorpora al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)

- Tras 28 años al servicio del Consejo de Seguridad Nuclear, Juan Carlos Lentijo, ex-director técnico de Protección Radiológica

gica del organismo regulador español, se incorporó el día 11 de junio al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA).

Lentijo ingresó en el CSN en 1984, desempeñando, entre otros, los puestos de jefe de Proyecto de Centrales Nucleares, inspector residente, subdirector general de Emergencias, subdirector general de Protección Radiológica Ambiental y, a partir de febrero de 2003, director técnico de Protección Radiológica. El ex-director ha representado al CSN en diversos grupos y comités nacionales e internacionales relacionados con la protección radiológica, la gestión de emergencias o la epidemiología de las radiaciones. Lentijo se despide del CSN tras una última etapa marcada por el accidente de la central nuclear de Fukushima. En el último año el director lideró una intensa labor tanto a nivel nacional como internacional en este sentido tras la que, en mayo de 2011 se trasladó a Japón como miembro del comité de expertos que el OIEA designó para analizar la crisis nuclear vivida en Japón tras el terremoto, y posterior *tsunami*. Meses después, el director regresó al país nipón como máximo responsable del equipo de expertos internacionales enviados por el OIEA en respuesta a la solicitud del gobierno nipón, con el objetivo de analizar los trabajos de recuperación de las zonas afectadas por el accidente de Fukushima.

Desde la SEPR se agradece la gran labor realizada durante su extensa etapa al cargo de la Protección Radiológica y su constante colaboración con esta Sociedad y le traslada su deseo de éxito en su nueva singladura en el Organismo Internacional de la Energía Atómica en la que dirigirá la división del ciclo de combustible nuclear y de tecnología de residuos.

*Comité de redacción*

## Cambios en el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear

El CSN acordó el 24 de mayo de 2012, designar vicepresidente al consejero Antonio Colino Martínez, sustituyendo a Luis Gámir Casares, quien dejó el organismo regulador por jubilación el pasado día 8 de mayo.

Fernando Castelló Boronat ha sido nombrado consejero del CSN, por Real Decreto 803/2012, de 11 de mayo. La toma de posesión tuvo lugar el 6 de junio de 2012, en un acto presidido por el ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria López; el secretario de Estado de Energía, Fernando Marfí Scharfhausen; y la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten.

*Comité de redacción*

## Nombramiento del nuevo presidente de Enresa

El Consejo de Administración de Enresa nombró el pasado 25 de junio, a propuesta del Ministerio de Industria, Energía y

Turismo, a Francisco Gil-Ortega Rincón presidente de esta empresa pública. El nuevo presidente de Enresa, es licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid y, actualmente, desempeñaba la función de vicepresidente de las Cortes de Castilla-La Mancha.

Gil-Ortega se convierte en el cuarto presidente de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos tras los mandatos de Juan Manuel Kindelán (1985-1994), José Alejandro Pina (1994-1996 y 2004-2012) y Antonio Colino (1996-2004).

El nuevo presidente de Enresa fue senador entre 1989 y 2004, formando parte de la Comisión de Industria y Energía de la Cámara Alta durante tres legislaturas; alcalde de Ciudad Real entre 1995 y 2007 y diputado autonómico desde el año 2007 hasta la actualidad.

*Comité de redacción*

## Conferencia sobre la Estrategia Española de Seguridad

El jefe de la Unidad Militar de Emergencias (UME), teniente general José Emilio Roldán Pascual, ofreció el pasado 25 de mayo en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear una conferencia sobre la UME y su aportación a la estrategia española de seguridad, un documento aprobado en Consejo de Ministros el 24 de junio de 2011.

El acto fue presidido por la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, quien destacó las excelentes relaciones que mantienen ambas instituciones, desde que se formalizaran en enero de 2008, con la firma de un Convenio de Colaboración sobre la actuación, preparación y respuesta ante situaciones de emergencia nuclear y radiológica.

Durante la ponencia, el general Roldán destacó que la elaboración de la estrategia española de seguridad supone un salto cualitativo importante, ya que los cambios experimentados por el mundo requerían un nuevo modelo de seguridad que superara el concepto de defensa nacional.

La nueva estrategia española de seguridad plantea, de manera global y transversal, los riesgos a los que la población se enfrenta evaluando las posibilidades de respuesta y aplicándolas con el objetivo de garantizar la defensa de los intereses vitales (garantía de derechos fundamentales de los ciudadanos), y estratégicos (referidos a la garantía de un entorno pacífico y seguro). La estrategia española de seguridad está basada en la europea, que se aprobó en



el año 2003, pero incorpora tres nuevas ideas: las migraciones, las finanzas y los riesgos nacionales.

En lo que se refiere a la relación directa con el CSN, Roldán aseguró que la UME espera tener capacidad operativa inicial para actuar en emergencias radiactivas a finales del presente año.

*Comité de redacción*

### Formación en PVRA de Enresa

Con el fin de dar cumplimiento a la formación específica para el personal implicado en la recogida de muestras de los PVRA y a una petición del CSN, en las últimas inspecciones realizadas a las instalaciones de Enresa, se propuso un plan de formación que recoge las actividades que se realizan en los PVRA.

El principal objetivo de este plan es capacitar a los técnicos responsables de la toma de muestras de los PVRA de Enresa, concretándose en la realización de acciones formativas regulares y rotativas en las distintas instalaciones de Enresa.

Por ello se confeccionó un plan de formación de acuerdo a los diferentes PVRA y a las diferentes instalaciones. Se identificaron los diferentes sistemas y dispositivos de trabajo, en base a las técnicas y herramientas de gestión que permiten llevar a cabo eficientemente los planes de vigilancia, para seleccionar la metodología más apropiada para la acción formativa dirigida al personal implicado en la recogida de muestras de los PVRA de Enresa.

El propósito de este plan pretende obtener un rendimiento presente y futuro, que aumente la capacidad a través de la mejora de sus conocimientos y se alcancen los siguientes objetivos:

- Aportar conocimientos.
- Mejorar aptitudes.
- Mejorar rendimiento.
- Superar deficiencias.
- Cambiar actitudes.
- Mejorar la calidad del trabajo.
- Aumentar la satisfacción personal.
- Fomentar la participación activa.
- Combinación de teoría y práctica.
- Comprensible y asociado al entorno de trabajo.
- Métodos variados.
- El lugar (en la empresa, fuera en campo).



*Recogida de muestras de agua superficial*



*Recogida de muestras de sedimentos de arena de playa*



*Recogida de muestras de vegetación*

El plan contempla la realización de las acciones formativas rotando periódicamente en las instalaciones de Enresa y se elabora mediante un proceso abierto y participativo. Los asistentes por cada instalación, asignados como responsables de la toma de muestras, tienen la oportunidad de conocer los distintos planes de vigilancia de las instalaciones de Enresa, refrescar y unificar las técnicas de muestreo y procedimientos, así como plantear dudas y cuestiones específicas referentes a su actividad diaria.

#### **Accion formativa**

La primera formación específica se ha realizado en la central nuclear José Cabrera, con una duración de dos días, el 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2011 en la instalación de Enresa en dicha central nuclear.

Continuando con la línea establecida, la acción formativa pretendió lograr los siguientes objetivos:

- Sensibilizar e implicar a los responsables de las tomas de muestras y técnicos sobre la importancia de su actividad para la consecución de un resultado final fiable, garantizando la representatividad de las muestras tomadas.
- Capacitar a los técnicos y responsables de la toma de muestras de los PVRA, completándose este objetivo con la realización de prácticas, intercambio y difusión de experiencias y buenas prácticas.

#### **Programa**

El programa incluía una pequeña introducción general de los PVRA de las instalaciones de Enresa, seguida de presentaciones específicas y prácticas en campo, con el siguiente orden y alcance:

##### Primer día

- Presentación general de los PVRA de Enresa, los programas y calendarios.
- Toma de muestra de sedimentos.
- Procedimientos de recogida de muestras.
- Discusión general.

##### Segundo día

- Visita a diversos puntos de muestreo del PVRA de C.N. José Cabrera
- Toma de muestras de sedimentos en campo.
- Discusión sobre la práctica.

## Conclusiones

La acción formativa se desarrolló positivamente y debe entenderse como algo integral de la empresa y que ha supuesto:

- Satisfacción de las personas participantes.
- Consecución de objetivos (competencias, conocimientos, habilidades, actitudes, satisfacción, ahorro, beneficios,...).
- Valor del curso.
- Gestión de la formación.
- Hacer que los recursos con los que se cuenta satisfagan las exigencias que el entorno le demanda para conseguir sus objetivos futuros.

A finales de 2012 se procederá a la evaluación del plan de formación y al análisis de las necesidades existentes en ese momento, determinándose así las actividades que se ejecutaran en la próxima acción formativa, de manera que la formación se oriente a las necesidades y las capacidades requeridas.

José Armando García Aparicio y Teresa Ortiz Ramis.  
Enresa.

## Ciclo de conferencias de la SNE sobre el accidente de la central de Fukushima Daiichi

Los días 2 de febrero, 28 de marzo y 26 de abril tuvo lugar en el marco del *Ciclo de Jueves Nucleares* de la Sociedad Nuclear Española, la tema de conferencias acerca del accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi organizada por la Comisión de Programas de la Sociedad Nuclear Española, el Instituto de la Ingeniería de España y la Universidad Pontificia de Comillas.

La primera de ellas tuvo lugar en el Instituto de la Ingeniería de España con título *El desarrollo del accidente: Luces, sombras y oportunidades* y fue presentada por el director de la Unidad de Investigación en Seguridad Nuclear del Ciemat, Luis Enrique Herranz Puebla. En ella se presentó la evolución genérica del accidente y se identificaron aquellos fenómenos

- que fueron determinantes tanto en los núcleos de los reactores 1-3 como en las piscinas de combustible. Además, se discutió la metodología y el estado actual de la interpretación de los escenarios individuales. Finalmente, se resumieron aquellos aspectos directamente relacionados con los accidentes severos que están suscitando mayor interés en la comunidad científica.

- La segunda conferencia se tituló *El plan de estabilización y control de la central y las consecuencias del accidente desde el punto de vista de la contaminación del medioambiente* y fue presentada por el profesor Eduardo Gallego Díaz, director del Departamento de Ingeniería Nuclear de la ETSI Industriales de la UPM, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Se describió el plan de estabilización y recuperación de la central, con los logros alcanzados hasta llegar a la parada fría de los reactores, la detención casi completa de las descargas radiactivas, la limpieza del emplazamiento y el aislamiento de la Unidad 1. También se presentaron sucintamente las etapas previstas posteriormente hasta llegar al desmantelamiento de la central. Asimismo se hizo un balance de la contaminación producida por las grandes y prolongadas descargas de productos radiactivos al medioambiente, tanto por la vía atmosférica como en forma líquida al mar, se detallaron los niveles de contaminación de las áreas del nordeste de Japón y del océano Pacífico y se comentaron las implicaciones sobre la población y la cadena alimenticia.

- La última conferencia se llevó a cabo en el Instituto de la Ingeniería de España a cargo de Juan Carlos Lentijo, director técnico de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear y versó sobre *Acciones tras el accidente: Impacto radiológico y medidas de protección de la población. Misiones del OIEA en la que el ponente expuso su experiencia en las misiones del OIEA a Japón, especialmente desde el punto de vista del impacto radiológico y las medidas para proteger a la población.*

- Las presentaciones se encuentran disponibles para su consulta en la página web de la Sociedad, [www.sne.es](http://www.sne.es).

Comité de redacción.

## NOTICIAS de I M U N D O

### El Congreso IRPA 13. Un gran éxito

Con un notable éxito se ha celebrado el 13º Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), en Glasgow, entre los días 13 y 18 de mayo. Este Congreso ha sido el mayor de la historia por número de participantes, ya que hubo 1.495 delegados científicos (incluyendo 166 inscritos para un solo día), 92 acompañantes y 197 por parte de los expositores, lo que totalizó 1.784 personas asistiendo en las diferentes categorías. La representación por países, más de 80, ha sido equivalente a la de congresos previos. El número de resúmenes recibidos fue de 1.405, si bien la participación real definitiva y su reparto por temas y sesiones científicas está aún pendiente de cuantificar, por lo que será analizada en próximos números de RADIOPROTECCIÓN. La exposición técnica reunió también una muestra muy

- representativa de los diferentes sectores: instrumentación y dosimetría, protección operacional, fuentes radiactivas, vigilancia medioambiental, formación, editoriales, etc., con un total de 70 expositores.

- El lema del Congreso *“Conviviendo con la radiación – involucrándose con la sociedad”* recordaba que, mientras que la exposición a la radiación puede ser voluntaria o involuntaria, la gestión de la protección siempre implica decisiones y elecciones sociales. La toma de dichas decisiones requiere tanto conocimientos técnicos como prudencia e inteligencia, y el Congreso se planteó lograr contribuir a ambos de cara a ayudar a los profesionales de la protección radiológica para mejor satisfacer sus responsabilidades.

- Como era de esperar, el programa científico resultó amplísimo. Éste estuvo a cargo de un comité internacional en el que España y la SEPR estuvieron representadas por Manuel Rodríguez y Pedro Carboneras. Todos los aspectos de interés para

la profesión fueron debida y ampliamente presentados y debatidos: desde los aspectos relativos al avance científico en el conocimiento de los efectos de las radiaciones, hasta los avances en los usos médicos de la radiación, que sin embargo plantean incrementos significativos en las exposiciones de los pacientes y el personal sanitario. El uso creciente de las fuentes radiactivas y sus aspectos de seguridad y protección física, así



Centro de convenciones de Glasgow en el que se celebró el Congreso IRPA 13.



Entrega de la medalla de oro de la Real Academia Sueca de Ciencias al Dr. K. Eckerman.

como la exposición a las fuentes de radiación naturales, con especial énfasis en el radón y las industrias NORM, recibieron la debida atención. Hubo espacio para tratar del debate sobre la energía nuclear y su papel en los próximos años, ya que múltiples países se plantean la construcción de nuevas centrales, no sin controversias sociales, en las que son factores relevantes aspectos tales como el impacto radiológico y su vigilancia, así como la preparación y respuesta en emergencias. Y el accidente de Fukushima fue abordado bajo las diferentes perspectivas que presenta: técnica, científica, social, medioambiental, reguladora..., siendo además el tema prioritario en una de las sesiones plenarias del Congreso, justo antes de la clausura.

El programa se basó en los cuatro pilares esenciales de la protección radiológica: las ciencias básicas necesarias, los principios que conforman el sistema de protección radiológica, la normativa internacional y nacional que lo implementa, y finalmente la práctica de la radioprotección en los diferentes sectores. A través de las sesiones plenarias, las sesiones técnicas y de póster, los simposios y las sesiones de discusión de aspectos clave se ha podido ampliar la visión sobre el estado de la profesión en sus diferentes aspectos. Actualmente se está preparando un resumen extenso de los aspectos científicos, que esperamos poder incluir en próximos números de la Revista.

Un momento estelar de la sesión inaugural del Congreso fue la entrega del premio Sievert al Dr. Richard Osborne, quien pronunció a continuación la conferencia Sievert sobre el tema *Historia del Tritio*.

También fue muy destacable la entrega de la Medalla de Oro de Protección Radiológica de la Real Academia Sueca de Ciencias, por nominación de la ICRP, al gran experto en modelos para dosimetría, el Dr. Keith Eckerman (más información en [www.icrp.org](http://www.icrp.org)).

Otro aspecto muy destacable fue el uso extensivo de las nuevas tecnologías y las redes sociales y otras plataformas que se

- hizo durante todo el Congreso, así como antes y después. Por ejemplo, en las sesiones plenarias, se utilizó el correo electrónico, además de Twitter o Facebook para realizar preguntas. Igualmente fue posible consultar el programa y los resúmenes de los trabajos mediante el uso de tabletas o de teléfonos de última generación con aplicaciones adaptadas.
- Pueden ya descargarse los resúmenes, los trabajos completos y los pósteres en la web del Congreso [www.irpa13glasgow.com](http://www.irpa13glasgow.com). Próximamente estarán también disponibles todas las presentaciones realizadas en las diferentes sesiones.

### Participación española

- Hay que destacar que la participación española en el Congreso fue realmente muy nutrida y significativa por su impacto en el programa, con 36 congresistas que aportaron la presentación de 15 ponencias orales y la coautoría de otras seis, así como 34 pósters y la coautoría de otros 10, lo cual resulta ciertamente meritorio, sobre todo en estos tiempos de crisis... En la tabla de la página siguiente se indican las sesiones y los títulos de las ponencias orales presentadas así como los autores principales de las mismas. Como se puede ver, las temáticas abarcadas son realmente variadas.
- El colectivo español, ampliado a los colegas de varios países latinoamericanos, totalizando más de 40 personas, celebró una cena de familia que sin duda quedará grabada entre los momentos más gratos para el recuerdo. Por supuesto, también habremos de recordar los actos sociales oficiales del Congreso, entre los que no faltaron muestras del folklore escocés.



Cena de gala del Congreso.

### Estímulo a la juventud

Si en algo ha destacado realmente el Congreso IRPA 13 ha sido en el gran apoyo y estímulo hacia los jóvenes profesionales y científicos, que se ha plasmado desde el comienzo con una recepción ofrecida el primer día, reuniendo a los jóvenes con un conjunto de veteranos de prestigio. Posteriormente se organizó una reunión de todos aquellos interesados en crear un foro para la participación activa de los jóvenes en la vida de la IRPA. Este foro ha de servir como germen para coordinar actividades entre las distintas sociedades de la IRPA, en muchas de las cuales existe una sección de socios jóvenes.

Por otra parte, y en el plano del programa científico, por primera vez en un Congreso IRPA global se convocó el premio al mejor trabajo presentado por jóvenes profesionales o científicos.

Sesión y Título de la ponencia oral	Autor presentador
<b>S4.2</b> <i>Symposium on Teaching RP in Schools</i> . The Project of the Spanish Nuclear Industry Forum to Elaborate a Didactic Interactive Material on Radiological Protection	A. Real
<b>F6.1.</b> <i>Forum on Worker Education and Training (IAEA/ILO/NEA)</i> . Effectiveness of International Professional Organizations (e.g. IRPA)	E. Gallego
<b>TS2a</b> <i>External Dose Assessment: Guidelines to Optimize Extremity Monitoring and to Reduce Skin Doses in Nuclear Medicine</i> . Results of the ORAMED project.	M Ginjaume
<b>TS2b</b> <i>Internal Dose Assessment: Evaluation Of The Amount Of <math>^{210}\text{Po}</math> Ingested By The Spanish Population And Its Relation To Their Diet Habits</i>	R. García-Tenorio
<b>TS2c</b> <i>Biological Dosimetry and Modelling: Assessment of Frequency of Dicentric of Ukrainian Children from Parents Exposed to Radiation Fall-out After the Chernobyl Accident</i>	A. Montoro
<b>TS2f</b> <i>Metrology and Dosimetry Standards: Characterization of an <math>^{241}\text{AmBe}</math> neutron irradiation facility by different spectrometric techniques</i>	E. Gallego
<b>TS3b</b> <i>RP System: Education and Training: Radiation And Radiological Protection. Guidelines For Primary And Secondary Schools</i>	M.D. Rueda
<b>TS6b</b> <i>Decommissioning: Radiological Protection During the Dismantling of Nuclear Facilities</i>	T. Ortiz
<b>TS6c</b> <i>NORM: Dose Assessments Uncertainties for NORM Management in Conventional Hazardous Waste Disposals</i>	J.C. Mora
<b>TS7d</b> <i>Justification of Medical Exposures: Quality Control and Patient Dosimetry on line for Computed Tomography</i>	E. Vañó
<b>TS7d</b> <i>Justification of Medical Exposures: A New Method for Dosimetry and Image Quality Assurance in Mammography and Breast Tomosynthesis</i>	G. de las Heras
<b>TS8a</b> <i>Waste Management: Policy, Standards and Pre-disposal Management : Optimization of Management of Liquid Radioactive Waste Generated in Research and Education Centers</i>	F. Usera
<b>TS9a</b> <i>Emergency Preparedness and Response: MOIRA-PLUS use in Decision Making on the Long-term Management of Contaminated Freshwater Bodies and Catchments</i>	E. Gallego
<b>TS9c</b> <i>Lessons Learned and New Threats: Nuclear Security and Emergencies in Case of Malevolent Acts Against Nuclear Power Plants</i>	R. Caro
<b>TS10c</b> <i>Radon: Recent Developments in the Regulatory Control of Radon Exposure in Spain</i>	M. García-Talavera



Jóvenes Investigadores recibiendo el Premio junto al Presidente del Jurado y organizador del Premio, Alfred Hefner. A su izquierda, la candidata presentada por la SEPR, Alegría Montoro, a quien vemos ampliada en la segunda foto.

- Optaron al premio 17 candidatos seleccionados previamente por sus sociedades. Durante el Congreso un jurado compuesto por 10 miembros evaluó los trabajos escritos y asistió a las presentaciones orales, seleccionando finalmente a los ganadores. Por parte española optaba al premio el trabajo presentado por Alegría Montoro titulado *Assessment of Frequency of Dicentric of Ukrainian Children from Parents Exposed to Radiation Fall-out After the Chernobyl Accident*. Todos los candidatos fueron reconocidos en la sesión de clausura del Congreso, recibiendo un diploma además de un merecido y caluroso aplauso.

#### Actividades de la IRPA

- Los Congresos de la IRPA son el momento principal para poder desarrollar las actividades que mantienen vivo el empuje de esta como asociación de asociaciones. Por ello, el llamado *IRPA Business Programme* es también muy importante en estas ocasiones, destacando dos actividades por encima de las demás: el Foro de Sociedades, que tuvo lugar el domingo, y la Asamblea General, que se celebró el miércoles por la tarde. También se reunió el Consejo Ejecutivo en dos ocasiones, una desde el viernes previo al Congreso, y otra ya con los nuevos

miembros electos, el viernes por la tarde tras la clausura. Tanto en el Consejo Ejecutivo como en el Foro de Sociedades, Eduardo Gallego, miembro del Consejo y Vicepresidente de la SEPR, presentó el proyecto de una base de datos de formación a nivel internacional realizado por la SEPR para la IRPA (puede comprobarse el resultado final en [http://www.sepr.es/irpa\\_directory/](http://www.sepr.es/irpa_directory/)), recibiendo una muy buena acogida, ya que la intención es que este producto sirva para potenciar la interacción entre las sociedades, que a fin de cuentas es la base de la vida de la IRPA entre congresos, además de ofrecer un servicio útil a los socios individuales.

En la Asamblea General de la IRPA, se renovaron varios car-



Presentación de la base de datos de eventos y recursos de formación en protección radiológica, realizada por la SEPR para la IRPA.

gos del Consejo Ejecutivo. Se despidieron el presidente, Ken Kase y el secretario ejecutivo, Jacques Lochard, quien tras doce años de servicio, recibió un cariñoso homenaje en la sesión de clausura. También salieron del Consejo, el director de Publicaciones, Dick Griffith, de quien dependía la página electrónica, así como los vocales Sisko Salomaa y Gary Kramer, agotado su periodo de ocho años. La Asamblea eligió a la nueva presidenta, Renate Czarwinski (Sociedad Germano-Suiza); al vicepresidente, Roger Coates (SRP, Reino Unido); al nuevo secretario ejecutivo, Bernard LeGuen (SFRP, Francia); así como al nuevo director de Publicaciones, Chris Clement (Canadá); y a los nuevos vocales, Alfred Hefner (Austria, reelegido), Sigurdur Magnusson (Sociedad Nórdica), Ana María Bombén (Sociedad Argentina de Radioprotección), y Richard Vetter (Health Physics Society, EEUU). Continúan en el Consejo el tesorero, Dick Toohey (Health Physics Society, EEUU) y los vocales Jong Kim (KARP, Corea), y Eduardo Gallego (SEPR).



Delegación española en la Asamblea General del IRPA. De izqda. a dcha. M<sup>o</sup> Teresa Macías, Fernando Usera, Juan C. Mora, Manuel Rodríguez, Pedro Carboneras y Oscar González.

- En la Asamblea se aprobó la candidatura para el Congreso IRPA14, que se celebrará del 9 al 13 de mayo de 2016 en Ciudad del Cabo (Sudáfrica), con lo que el nuevo vicepresidente para Congresos es su representante, Thiagan Pather, así como las diversas candidaturas para el Congreso IRPA15 de 2020: Brasil, Corea y Australia, eligiéndose finalmente como candidata preferente a Seúl (Rep. de Corea).
- También se presentaron los congresos regionales:
  - – Noveno Congreso Regional Sudamericano de la IRPA, Río de Janeiro, Brasil, 15-19 abril, 2013.
  - – Cuarto Congreso Regional de la IRPA de Asia y Oceanía, Kuala Lumpur, Malasia, 12-16 mayo, 2014.
  - – Cuarto Congreso Europeo Regional de la IRPA, Ginebra, Suiza, 23-27 junio, 2014.
  - – Cuarto Congreso Regional Africano de la IRPA, Rabat, Marruecos, 13-17 septiembre, 2014.

Eduardo Gallego y Juan Carlos Mora

## Simposio Internacional sobre Protección Radiológica

Cuzco, 1 al 4 de abril 2012

- Con la asistencia de 210 participantes de Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Chile, Cuba, España, Estados Unidos, México, Perú, Portugal, Puerto Rico, Uruguay y Venezuela se llevó a cabo el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica en Cuzco, Perú, el cual estuvo organizado por la Sociedad Peruana de Radioprotección (SPR) con ocasión de celebrarse los primeros 25 años de vida institucional.

El evento contó con el apoyo de la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC) y de las Sociedades de Protección Radiológica que la integran, así como de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), por lo que también fue denominado Encuentro Iberoamericano de Protección Radiológica.

La conferencia inaugural estuvo a cargo de Lucila Ramos, subdirectora de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear de España, quien ofreció el tema: *Estudio epidemiológico del posible efecto de las radiaciones ionizantes derivadas del funcionamiento de las instalaciones nucleares españolas sobre la salud de la población que reside en su entorno.*

Se presentaron 78 trabajos que fueron expuestos oralmente (17), como póster (49) y en algunas sesiones técnicas (12). Durante el Simposio se realizaron ocho cursos de actualización y se realizaron nueve sesiones técnicas cuyo resumen y conclusiones se indica a continuación:

- – **Sesión 1. Control de dosis en pacientes.** Permitió evidenciar la importancia de establecer programas que incluyan la protección del paciente, sobretodo en pediatría, así como que se realice la evaluación de sus dosis. En la sesión se presentó el impacto que las exposiciones médicas tienen en los pacientes y la implementación de protocolos especiales para pacientes pediátricos. Específicamente se señaló que:
  - – Debe haber una política de protección radiológica comprometida con la protección del paciente pediátrico, que



Participantes en el Congreso de Cuzco.

- se refleje en una especial justificación para su realización.
- Debe existir una relación apropiada entre el médico prescriptor y el médico radiólogo.
- Todo el personal debe recibir capacitación adecuada y periódica.
- Todas las instalaciones, medidas de protección y protocolos deben estar preparados para estudios radiológicos con pacientes pediátricos.
- El uso de rejilla antidifusora es inapropiado ya que no mejora significativamente la calidad de imagen, por el pequeño volumen irradiado y masa del paciente, resultando en una pequeña contribución de radiación dispersa e implicando un incremento de dosis al paciente.
- Deberían existir protocolos de control de calidad en equipos de uso pediátrico así como establecerse normas específicas para pesquisa y diagnóstico mamográfico.
- Es necesario implementar programas de aseguramiento de calidad para mamografía digital.
- La certificación de unidades de mamografía, imagen y profesionales debería hacerse por un ente multidisciplinario, externo e independiente creado específicamente para este fin.
- Todo el personal debería estar debidamente entrenado, por ejemplo, médicos radiólogos con subespecialización en mastología, así como sensibilizar a todo el personal involucrado.
- La labor del físico médico en radiodiagnóstico debería estar reglamentada.
- Debería establecerse bitácoras en el cumplimiento de las directrices de cada fabricante, las pruebas de aceptación y el cumplimiento de la norma.
- **Sesión 2. Desarrollo en la protección radiológica del paciente.** Trató de los desarrollos en la protección radiológica del paciente, se consideró recomendable implementar el código sobre control de calidad en mamografía que es determinante en el control de dosis en pacientes, asimismo como la necesidad de disponer de un físico médico en radiodiagnóstico y mejorar la comunicación del órgano regulador con los usuarios, presentándose además las opciones de ayuda que puede proporcionar la Organización Panamericana de la Salud en la mejora de los programas de protección.
- **Sesión 3. Protección radiológica ocupacional.** Se destacó la necesidad del intercambio de información y experiencias

- mediante uso de redes informáticas para lo cual cada país debería tener un representante. Asimismo se consideró necesario incrementar los laboratorios de dosimetría interna, promoviendo su trabajo en red. Para la dosimetría en tratamientos de columna es importante la selección de equipos adecuados siendo esencial su calibración apropiada para disponer de registros confiables. También se destacó que no debería considerarse como no rutinario los trabajos de fluoroscopia y la necesidad de una capacitación constante.
- **Sesión 4. Emergencias radiológicas y la revisión de casos accidentales.** Se recalcó que las emergencias radiológicas pueden afectar trabajadores, población, ambiente e infraestructura por lo que es necesario contar con un plan previamente concebido y probado, con grupos interinstitucionales para la respuesta, y con recursos apropiados para ello. En este sentido también se recalcó la importancia de las capacitaciones periódicas, los convenios de colaboración entre países latinoamericanos y apoyado por OIEA, OPS. Un aspecto señalado fue que existe calencia en gran parte de los países de planes integrales de respuesta médica a emergencias sugiriéndose crear una red de cooperación técnica en este sentido.
- **Sesión 5. Perspectivas y retos futuros en el control de fuentes de radiación.** Se destacó las ventajas que ofrecen las cooperaciones bilaterales y la necesidad de mejorar y fortalecer las autoridades reguladores que contribuyan a prevenir riesgos indebidos. Se destacó que existen diversas organizaciones que prestan apoyo y asistencia para el control de las fuentes, así como normas que el OIEA ha aprobado y que sirven como guía para establecer las reglamentaciones nacionales. Se señaló también la importante contribución de los órganos reguladores, indicando no obstante la diversidad de niveles entre países de la región y que existen algunos donde no se cuenta con una autoridad reguladora y hacia los cuales debería prestarse apoyo.
- **Sesión 6. Gestión reguladora.** Se ha recalcado la necesidad de que cada país cuente con una autoridad reguladora facultada legalmente y respaldada normativamente, de característica independiente y premunida de recursos adecuados para su actuación. Se señaló la importancia que cuente con un sistema de gestión que involucre todos sus procesos y al personal, con revisiones periódicas sobre el cumplimiento de sus objetivos. De fundamental importancia se ha recalcado ser la capacitación especializada y sostenida en el tiempo, que ayude a proveer una respuesta adecuada a las actuales demandas técnicas y académicas. Es también importante que las autoridades de la región se vinculen de manera que su trabajo sea armonizado y compartan experiencias que permitan un mejor uso de los recursos. Se hizo hincapié en las experiencias exitosas de tipo bilateral, además de la importante labor del FORO que durante 15 años ha desarrollado proyectos dirigidos a mejorar el accionar regulador, en especial sobre aspectos no abordados por otros organismos.
- **Sesión 7. Control de material radiactivo en chatarra.** Se ha presentado los antecedentes y el programa del proyecto desarrollado por el FORO, con base en la realidad regional sobre el tema, señalando que es un aspecto que se ha

convertido en muy importante por las implicaciones que tiene el hallazgo de fuentes radiactivas en chatarra. Una vez más se ha señalado a la capacitación graduada de los diversos actores, como un actor fundamental para encarar este tema. La cooperación internacional se ha señalado como importante toda vez que cada hallazgo o evento puede repercutir en otro país, lo que deberá ser considerado dentro de programa para controlar las apariciones inadvertidas de fuentes radiactivas. Se ha señalado que este es un aspecto de interés mundial actual, dado los grandes volúmenes de chatarra que se utilizan, por lo que ya existen iniciativas en el OIEA para su tratamiento.

– **Sesión 8. Proyecto Radón.** Se ha mencionado los riesgos que ocasiona el radón y como es que se encuentra presente en nuestra vida cotidiana, señalándose una concentración promedio mundial de 30 Bq/m<sup>3</sup> y una dosis de 1,2 mSv/año, lo que plantea la necesidad de conocer los niveles a los que el público está expuesto. Se señaló que en la región no existe un mapeo de radón y que sería muy importante que se realice así como mediciones de radón en agua y de emanación de radón, a fin de recomendar medidas de remedio, como mejorar la ventilación. En este sentido se ha propuesto la creación de una red latinoamericana de radiación ambiental (Laernet) que permita a todos los países intercambiar información al respecto.

– **Sesión 9. Capacitación y difusión en protección radiológica.** Se resaltó el uso de las tecnologías de información y comunicación. Se mostró la experiencia española en la capacitación en temas nucleares y de protección radiológica para alumnos de los colegios haciendo uso de Internet. Se apreció que es factible contar con una herramienta de búsqueda y suministro de datos relevantes para trabajar en protección radiológica según se pudo ver en el proyecto brasileño. Se resaltó el uso del correo electrónico y las listas de interés para mantenerse al día en los temas de protección radiológica especialmente en los países hispanoparlantes, pero también se señaló que es muy importante hacer uso de las redes sociales para tratar temas técnicos ya que contribuyen a la mejora de la protección radiológica en la región.

Gracias a la coordinación con la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) se llevó a cabo una videoconferencia, el martes 3 de abril, donde participaron M<sup>o</sup> Luisa España, presidenta de la SEPR con la conferencia *Los retos de la protección radiológica en el campo médico. Experiencia de la SEPR* y Eduardo Gallego, vicepresidente de la SEPR con la conferencia *Consecuencias radiológicas del accidente nuclear de Fukushima y medidas para la estabilización y control de la situación.*

Los asistentes pudieron disfrutar del folklore nacional tanto en la ceremonia inaugural como en la cena ofrecida por los organizadores. Igualmente, disfrutaron de los encantos de la ciudad imperial y de la maravillosa ciudad inca de Machu Picchu.

Cabe resaltar que el Simposio ha sido el escenario adecuado para que los representantes de organismos nacionales, autoridades reguladoras y profesionales de las sociedades de protección radiológica pudieran presentar un panorama de la calidad de sus acciones con miras a involucrarse en la mejora de la protección radiológica en la región y, fundamentalmente,

para efectuar recomendaciones en los siguientes aspectos considerados claves:

- – La capacitación del personal involucrado en exposiciones médicas y otras actividades con fuentes de radiaciones es fundamental para la protección.
- – La aplicación de protocolos de control de calidad en equipos médicos es un factor importante en la optimización de la dosis del paciente, en especial en pediatría y mamografía.
- – La certificación de equipos mamográficos por un ente independiente y externo, es necesaria.
- – Es necesario establecer un organismo regulador provisto de recursos adecuados para desarrollar apropiadamente sus funciones.
- – Se debe aprovechar el apoyo de organizaciones regionales como el FORO, el OIEA y la OPS para implementar y mejorar los programas de protección.
- – Deben usarse y aprovecharse las diversas tecnologías de información y redes de comunicación para intercambio de información y experiencias.
- – Debe alentarse el establecimiento y uso de acuerdos de tipo bilateral entre organismos reguladores para armonización de criterios.
- – La consideración de estrategias para control de material radiactivo en chatarra es un aspecto fundamental en el control de fuentes.
- – La realización de mapeos de radón en la región y el establecimiento de una red sobre mediciones ambientales es una necesidad actual en la región.

Comité de redacción

## Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Ionizantes, UNSCEAR

La reunión correspondiente al 59<sup>o</sup> periodo de sesiones del Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Ionizantes, UNSCEAR, tuvo lugar del 20 al 25 de mayo de 2012 en Viena.

UnscEAR, fue establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955. Su mandato en el sistema de las Naciones Unidas es evaluar e informar sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes. El programa de trabajo del Comité se aprueba por la Asamblea General.

La Asamblea General de Naciones Unidas, mediante su resolución 66/70 de 9 de diciembre de 2011, invitó a seis nuevos estados: Bielorrusia, Finlandia, Paquistán, República de Corea, Ucrania y España, a nombrar representantes para formar parte del Comité como miembros de pleno derecho.

España efectuó la siguiente designación:

Representante: María Jesús Muñoz González, jefe del Gabinete de la Dirección Técnica de Protección Radiológica. Consejo de Seguridad Nuclear.

Representante suplente: Carmen Álvarez García, jefe del Área de Instalaciones Radiactivas y Exposiciones Médicas. Consejo de Seguridad Nuclear.

Asesores: Eliseo Vañó Carruana, catedrático jefe del Servicio de Física Médica. Hospital Clínico San Carlos. Madrid.



Unsear 59.

Beatriz Robles Atienza, responsable de la Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente. Ciemat.

María Teresa Macías Domínguez, jefe del Servicio de Protección Radiológica del Instituto de Investigaciones Biomédicas "Alberto Sols". Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

En la reunión correspondiente al 59º periodo de sesiones participaron la representante M.J. Muñoz y los asesores B. Robles y E. Vañó

El presente periodo de sesiones ha estado presidido por W.Weiss (Alemania), ha ejercido como vicepresidente C.M. Larsson (Australia) y como relator M.A. Goma (Egipto), el cual no pudo asistir a la reunión y fue sustituido por L. Molberg (Suecia).

Entre los días 21 y 25 de mayo tuvo lugar el periodo de sesiones, durante las cuales, y de acuerdo con la agenda, se discutieron los documentos que a continuación se relacionan, y se fijaron las fechas y plazos para aprobación finalización y publicación.

- 1) *Ability to attribute risks and effects to radiation exposure.*
- 2) *Uncertainties in risk estimates for cancer due to exposure to ionizing radiation.*

Estos documentos están relacionados y el Comité prevé su publicación antes de finalizar 2012.

- 3) *Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east Japan earthquake and tsunani.*

Para abordar este estudio, que se considera prioritario, se constituyeron en su momento cuatro grupos de trabajo con expertos de 18 países en las diversas áreas de trabajo. Por parte de España, el profesor Raúl Periañez de la Universidad de Sevilla ha trabajado en los estudios de dispersión de contaminantes en el medio marino.

De acuerdo con el plan de trabajo, se recomendó hacer todos los esfuerzos para finalizar el documento en 2013.

- 4) *Effects of radiation exposure on children.*  
Se recomendó finalizar el documento para su publicación en 2013.

- 5) *Epidemiology of low-dose-rate exposures of the public to natural and artificial environmental sources of radiation.*

- 6) *Radiation exposures from electricity generation.*

- 7) *Methodology for estimating human exposures due to radioactive discharges.*

- 8) *Biological effects of selected internal emitters (Part A – Tritium, Part B – Uranium).*

- El Comité decidió retrasar la publicación de estos documentos a 2014, dado que el documento sobre Fukushima requiere una gran dedicación de esfuerzos y es prioritario para su consideración en la sesión 60 de Unsear, que tendrá lugar en 2013.

- 9) *Mechanisms of radiation actions at low doses.*

Este documento actualiza la situación y necesidades en este ámbito, y se publicará como "libro blanco", en la web de Unsear, antes de finales de 2012.

Con respecto al programa de trabajo en curso, además de las decisiones respecto a los documentos tratados en la reunión, el Comité acordó que la secretaría lance en 2012 el *UNSCEAR global survey of radiation usage and exposures in medicine (2013-2014)*. Se ha previsto constituir un pequeño grupo de trabajo para ayudar a la secretaría en la elaboración del estudio.

La sesión 60 de Unsear tendrá lugar del 27 al 31 de mayo de 2013, en Viena. Tras la elección de nuevos cargos, las próximas dos sesiones serán presididas por C.M. Larsson (Australia) E. Bédi (Eslovaquia) actuará como vicepresidente y Y. Yonekura (Japón) como relator.

M<sup>º</sup> Jesús Muñoz, Beatriz Robles y Eliseo Vañó

## Ecotoxicología radioecología: situación y perspectivas

Con objeto de recapitular y actualizar las prácticas de la industria nuclear francesa sobre protección del medioambiente, durante los días 19 y 20 de junio se han celebrado en París unas jornadas científicas *Écotoxicologie, RadioÉcologie: état et perspectives* organizadas de forma conjunta por las secciones de medioambiente y de investigación y salud de la Sociedad Francesa de Protección Radiológica (*Société Française de Radioprotection, SFRP*). En este contexto, se puso de manifiesto que la SFRP mantiene su preocupación por la protección del medioambiente y la conservación de la biodiversidad, temas cuya necesidad de concienciación colectiva fue remarcada hace 20 años en la Cumbre de Río de 1992 y ha sido revalidada tras años de iniciativas, en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20.

En la apertura de las Jornadas, Gilles Boeuf, presidente del Museo Nacional de Historia Natural enfatizó la preocupación y esperanzas de su país en mantener la biodiversidad, el tejido vivo de nuestro planeta. Tras una sesión sobre las recomendaciones y reglamentaciones de organizaciones internacionales (ICRP, IUR, CE Dgtren, Ospar) y de la reglamentación francesa (ASN), representantes de EDF, Andra, Areva, IRSN, CEA e Ineris centraron las discusiones en la adquisición de conocimientos sobre la calidad del medioambiente, en la descripción de efectos ecológicos, radioecológicos y ecotóxicos derivados de situaciones accidentales, metodologías de evaluación de los riesgos y de los impactos de instalaciones nucleares francesas en el ecosistema, y en la aplicación de diferentes modelos para el seguimiento y vigilancia de la calidad radiológica ambiental, con una visión complementaria entre los bioensayos con sustancias radiactivas y los estudios de campo. Asimismo se presentó la red de Excelencia

en Radioecología STAR, los esfuerzos del Reino Unido en las evaluaciones de hábitats para sustancias radiactivas, y el desarrollo de herramientas y métodos de medición novedosos. Todo ello sin lugar a dudas sitúa a nuestro país vecino a la cabeza de la radioecología mundial.

Agustina Sterling y Carmen Rey, CSN.

### Novena Reunión de la Asociación Herca

31 de mayo, Córdoba

La Asociación denominada *Heads of the European radiological protection competent Authorities* (HERCA) fue creada en el año 2007, bajo el impulso del organismo regulador francés (ASN). El objetivo de esta asociación es el análisis de la aplicación práctica de las directivas y reglamentos europeos con el fin de promover formas de trabajo armonizadas en materia de protección radiológica.

En la actualidad esta asociación agrupa 49 autoridades reguladoras en protección radiológica pertenecientes a 31 países europeos (incluyendo los 27 estados miembros de la UE) e incluyendo como miembro de la asociación a la Comisión Europea.

La novena reunión del Comité de Dirección de Herca llevada a cabo en el mes de mayo, en Córdoba, fue acogida por el Consejo de Seguridad Nuclear. A esta reunión asistieron 29 representantes de 20 países europeos, junto con un representante de la Comisión Europea.

Durante la octava reunión del Comité de Dirección de Herca se eligió como presidente de la misma a Sigurður Magnússon, director de la autoridad reguladora en seguridad radiológica de Islandia, el cual presidió la reunión del Comité de Dirección.

España está representada en Herca por el Consejo de Seguridad Nuclear, habiendo delegado la presidenta del mismo, su representación en esta asociación en la consejera Rosario Velasco.

Herca ha constituido, para llevar a cabo sus actividades, un conjunto de subgrupos de trabajo que versan sobre los diferentes temas:

- Trabajadores expuestos externos.
- Emergencias.
- Justificación de prácticas en el ámbito industrial.
- Aplicaciones médicas.

Durante la reunión del Comité de Dirección de Herca se realizó una revisión de las actividades llevadas a cabo en cada uno de los anteriormente listados grupos de trabajo, siendo significativos mencionar en cada caso lo siguiente:

#### • Grupo de trabajo de trabajadores expuestos externos

Se ha elaborado un formato de *carne radiológico* europeo para trabajadores expuestos externos. Este documento ha sido publicado para comentarios por parte de los agentes implicados, habiéndose realizado posteriormente una revisión de los comentarios recibidos, implementándolos. Este documento incorpora la terminología establecida en la propuesta de Directiva sobre BSS de Euratom lanzada a finales del año 2011 por la CE y en discusión, en este momento, en el seno del Grupo de Cuestiones Atómicas del Consejo de la UE.

En conexión con este tema el grupo de trabajo está elaborando una guía para facilitar a los usuarios la utilización de este carne radiológico

Otro de los temas en que está trabajando este grupo es un análisis sobre la posibilidad de desarrollar un sistema electrónico de intercambio de información a nivel europeo en relación con la dosimetría de los trabajadores expuestos externos.

#### • Grupo de Emergencias

Tras el accidente de Fukushima, la Asociación Herca acordó un Plan de Acción identificando vías de armonización a nivel europeo ante situaciones de emergencia nuclear y radiológica. En este sentido el Plan de acción contemplaba dos líneas de trabajo:

- *Plan de Acción sobre los accidentes ocurridos en sitios remotos o alejados de la UE.* Los estudios que se están llevando a cabo en este campo abarcan estimación de riesgos radiológicos, asesoramiento y contramedidas realizadas en Europa, potencial influencia de las decisiones tomadas en Europa sobre la situación en Japón, y reacciones públicas surgidas en relación con las decisiones tomadas por los reguladores. Se prevé disponer de datos en relación con los resultados de los análisis efectuados por los diferentes subgrupos de trabajo para finales de 2012.

- *Plan de Acción sobre incidentes ocurridos dentro del ámbito europeo.* El objetivo son analizar acciones de protección a la población de forma uniforme en el entorno de Europa. La fecha límite establecida para finalizar las actividades de este grupo de trabajo es diciembre de 2013.

#### • Grupo Aplicaciones Médicas

Herca ha establecido diferentes grupos de trabajo en el campo medico:

- Acuerdo voluntario con la COCIR (Asociación de fabricantes de equipos de tomografía computerizada).

Herca y la Cocir han firmado un compromiso voluntario para trabajar de forma conjunta en la de los sistemas de protección radiológica y optimización de dosis a paciente proporcionada por mejora estos equipos. En este momento se está trabajando de forma conjunta en la armonización de unidades DAP.

- *Position paper on Screening*

El Grupo de Actividades Médicas ha realizado un estudio sobre los procedimientos utilizados en los diferentes países miembros de Herca en relación con las prácticas de *screening* médico a pacientes asintomáticos. El documento elaborado por este grupo fue aprobado por el Comité de Dirección de Herca durante la novena reunión, y será publicado próximamente en una revista científica.

- Encuesta sobre procedimientos de inspección de optimización de exposiciones médicas. Se ha llevado a cabo una encuesta entre los diferentes países miembros de Herca en relación con las prácticas reguladoras para optimizar las exposiciones médicas. El resultado arrojado por dicha encuesta es la existencia de tres modelos diferentes de inspección. El objetivo próximo de este grupo de trabajo será estudiar vías de aproximación a un modelo intermedio de inspección en este campo.

La próxima reunión del Comité de Dirección de Herca se llevará a cabo en París en el mes de octubre de 2012.

Isabel Villanueva Delgado.  
Asesora de Relaciones Internacionales del CSN.

## Seminario Internacional de Gestión de la Comunicación en Situaciones de Crisis

Los pasados 9 y 10 de mayo tuvo lugar en la Casa de América de Madrid el Seminario Internacional de Gestión de la Comunicación en Situaciones de Crisis, organizado por la Agencia de la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (NEA/OCDE), en colaboración con el CSN. El seminario contó con la participación de 170 altos cargos y expertos con funciones relacionadas con la comunicación procedentes de más de 25 países, con objeto de intercambiar información en materia de gestión de la comunicación a la sociedad a nivel global tras incidencias o accidentes nucleares como el de Fukushima.

La inauguración corrió a cargo de la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Carmen Martínez Ten, quien destacó que la comunicación es uno de los nuevos desafíos a los que se deben enfrentar los organismos reguladores. Durante el acto de apertura tomó también la palabra el presidente de la Comisión de Industria, Energía y Turismo del Congreso de los Diputados, Pablo Matos; el director general de la NEA, Luis Echávarri; y el presidente del organismo regulador británico, Mike Weightman.

La primera jornada giró en torno a tres sesiones de trabajo: *Elementos clave en la comunicación de crisis*, fue moderada por el presidente del organismo regulador de Hungría (HAEA), Jozse Rónaky. A continuación, su homólogo estadounidense, Gregory Jaczko, presidente de la NRC, moderó la sesión *Lecciones aprendidas en comunicación en crisis anteriores* y como cierre de la jornada, los asistentes asistieron a una mesa de debate, moderada por el presidente del regulador francés (ASN), André-Claude Lacoste, sobre *expectativas sociales en relación con la comunicación de crisis*.

El segundo día del encuentro, bajo la coordinación de la periodista Alicia G. Montano, comenzó con una sesión en la que se debatió el papel de medios de comunicación, reguladores, operadores o instituciones, durante la gestión una crisis nuclear. Durante la segunda sesión del día se abordó el acercamiento global de los organismos reguladores en materia de comunicación durante una crisis bajo la dirección del presidente del organismo regulador británico, Mike Weightman. Finalmente se dio paso a la sesión de cierre, que fue moderada por el presidente del regulador coreano, Youn-Won Park, y en la que se expusieron las mejoras en materia de comunicación de los reguladores durante situaciones de crisis.

La clausura del seminario corrió a cargo del consejero del CSN, Antonio Colino, y el secretario de Estado de Energía, Fernando Martí. En su intervención, el consejero destacó que "la puntualidad y la exactitud son a menudo considerados como una parte integral de la buena comunicación y, una vez más, la calidad es más creíble, y la credibilidad lleva a la fiabilidad y la confianza". El secretario de Estado, por su parte, mencionó que se debe hacer una reflexión a largo plazo para definir donde se quiere estar en materia de regulación.

Además, en la clausura de este encuentro internacional, tuvieron la palabra Jean-Christophe Niel, director general de la ASN; Yeonhee Hah, directora de Relaciones Internacionales del regulador coreano; y Javier Reig, jefe de la División

- de Seguridad Nuclear de la NEA/OCDE quien presentó las
- conclusiones preliminares de las jornadas, haciendo hincapié
- en que, tiempo atrás, la comunicación era considerada una
- cuestión nacional: "hoy, tras Fukushima, todos sabemos que la
- seguridad es una cuestión global".

Comité de redacción

## Reunión Anual del Comité 5 de la ICRP

- Como cada año, ha tenido lugar la reunión del Comité 5 de
- la ICRP, encargado de la protección radiológica del medioam-
- biente. La reunión se celebró del 12 al 15 de junio en Sydney,
- Australia. En ella participaron Jan Pentreath (Reino Unido,
- presidente); Carl Magnus Larsson (Australia, vicepresidente);
- Almudena Real (España, secretaria); David Copplestone (Reino
- Unido); Kathy Higley (EE.UU.); Kazuo Sakai (Japón); Per Strand
- (Noruega) y Alexander Ulanovsky (Alemania).

- Los principales temas tratados durante la reunión han sido:

### 1. Información sobre los temas tratados por la MC en su última reunión.

- La Comisión Principal (MC) se reunió en abril de 2012 en
- Versalles, Francia. Durante la reunión se trataron principalmente
- tres temas: (1) Futuro de la ICRP; (2) Financiación de la ICRP, y
- (3) Publicaciones de ICRP (no solo la realización de las publica-
- ciones, sino también su traducción a distintas leguas, las copias
- electrónicas, etc.).

### 2. Campaña de financiación de la ICRP.

- La Comisión está tratando de encontrar nuevas fuentes de
- financiación y de optimizar las que tiene en la actualidad. Para
- ello, si fuera necesario, la MC contactará con los miembros de
- los distintos comités para que ofrezcan ayuda en sus respec-
- tivos países. Se recordó que la ICRP obtiene un tercio de sus
- ingresos de la venta de las publicaciones. Aunque el objetivo
- es que en el futuro las publicaciones de ICRP sean gratuitas,
- actualmente no es posible tomar esta medida.

### 3. Elección de los miembros de la MC y de los diferentes comités de ICRP.

- Cada cuatro años han de renovarse los miembros de los
- distintos comités de ICRP y de la MC. En junio de 2013, se
- cumple el periodo de cuatro años, por lo que será necesario
- que se elijan nuevos miembros para la Comisión. En esta oca-
- sión la ICRP pretende que el proceso de elección de nuevos
- miembros sea abierto y que todo aquel que esté interesado
- en formar parte de la Comisión pueda solicitarlo, mediante
- la presentación de un *curriculum vitae*. El periodo para pre-
- sentar solicitudes será, seguramente, de octubre a diciembre
- de 2012. La elección está prevista que se realice en abril
- de 2013. Los actuales miembros de los comités que quieran
- seguir perteneciendo a ellos, también deberán presentar su
- solicitud a la MC.

### 4. Publicaciones en las que ha trabajado el Comité 5 durante el último año.

- El Comité 5 durante el último año ha trabajado en diversas
- publicaciones, que serán presentadas a la MC en octubre de
- 2012, cuando está prevista su próxima reunión. Una vez apro-
- badas por la MC, serán sometidas a consulta pública (90 días)
- a través de la página electrónica de ICRP.



Comité 5 de la ICPR en su reunión de 2012.

- Publicación *Protection of the Environment under different Exposure Situations*, realizada junto con el Comité 4. Esta publicación llevará como anexo el documento *The Practical Application of Reference Animals and Plants to Different Exposure Situations*, en el que ha trabajado el C5 y que inicialmente se iba a publicar independientemente. Sin embargo, una vez finalizados los borradores de ambos documentos, era notable que existían múltiples solapamientos entre ambos, decidiéndose realizar una única publicación.
- Publicación *RBE and Reference Animals and Plants*, elaborado por el TG672, liderado por Katherin Higluy, y del que es miembro Almudena Real. La publicación recoge una revisión de todos los datos experimentales publicados sobre valores de RBE para emisores alfa y beta de baja energía (tritio).
- Publicación *Improved dosimetry for terrestrial reference animals and plants*, resultado del trabajo realizado por el TG74, liderado por Alexander Ulanovsky.

#### 5. Progreso en relación a la dosimetría de RAP mayores a 1kg.

Kathy Higley, en su grupo de la Universidad de Oregon (EEUU) están realizando maniqués de animales de referencia de gran tamaño (más de 1 kg). Acaban de finalizar el maniqué del pez plano de referencia, y en el futuro no descartan centrarse en los siguientes RAP: trucha, pato, reno, o pino.

#### 6. Informe de Unsear sobre Fukushima-Daiichi.

El miércoles por la tarde asistieron a la reunión del C5 Stephen Solomon y Gillian Hirth (Arpansa, Australia) para discutir el informe que está elaborando Unsear sobre las consecuencias radiológicas del accidente de Fukushima-Daiichi. Para llevar a cabo el proyecto de Unsear, se han creado 4 grupos de trabajo:

- Grupo A: *Data sets*. Se encargará de recopilar los datos producidos por distintas instituciones (Tepco, Gobierno de EEUU, otras fuentes) en el último año. Entre sus tareas está la de comprobar la calidad de los datos.
- Grupo B: *Source term*. Analizará las liberaciones que tuvieron lugar tras el accidente. La mayoría de la contaminación ha ocurrido en Japón (muy poca en otros países). No hay de-

- masiadas medidas realizadas en la primera semana tras el accidente, por lo que será necesario realizar una reconstrucción. Será necesario alcanzar un consenso sobre el término fuente.

- Grupo C: *Doses and effects in public and environment*, coordinado por Stephen Solomon. Dentro de este grupo se han creado tres subgrupos encargados de: a) exposición externa; b) exposición por ingestión y c) biota no humano. El último subgrupo está coordinado por Per Strand (NRPA, Noruega, miembro del C5) y en él también participan Kazuo Sakai y Carl-Magnus Larsson (ambos miembros del C5). Stephen Solomon informó al C5 sobre el trabajo realizado por el grupo y el plan para el futuro.

Carl-Magnus Larsson, próximo presidente de Unsear y actual vicepresidente del C5, se encargará de que se envíe una carta desde Unsear al C5 de ICRP para pedir a este comité que contribuya al informe de Unsear.

#### 7. Temas de investigación prioritarios en protección radiológica del medioambiente.

El C5 está elaborando un listado de temas de investigación prioritarios para mejorar el conocimiento que es necesario para desarrollar un sistema de protección radiológica del medioambiente, siguiendo la aproximación de ICRP. El objetivo es que este listado sirva de guía a grupos de investigación en el tema. El presidente del C5, Jan Pentreath, presentó un primer borrador de la lista de temas en el que, por ejemplo, se incluían la comparación de los efectos producidos por la radiación ionizante en el desarrollo embrionario de vertebrados, en función de la dosis y la tasa de dosis. Una vez que el C5 termine el listado, se pondrá en la página electrónica de ICRP.

#### 8. Trabajo realizado por otras organizaciones afines al C5, en el último año.

Los miembros del C5 informaron sobre distintas actividades que están realizando otras organizaciones, en relación a la protección radiológica del medioambiente. Así, se informó sobre las actividades realizadas por Unsear, OIEA, IUR, la red europea de excelencia en radioecología (STAR) y la Alianza europea en Radioecología y el Consejo del Ártico.

#### 9. Trabajo del C5 para los próximos años.

Se discutió el trabajo a realizar por el C5 a corto (hasta junio 2013) y largo plazo (próximo periodo de cuatro años). A largo plazo el C5 tiene que trabajar para mejorar las bases de datos sobre los animales y plantas de referencia (RAP). Así mismo tiene que mejorar la aplicación práctica de la aproximación RAP en las tras situaciones de exposición definidas por ICR: planificadas, existentes y de emergencia. Finalmente tendrá que considerar la aplicación de la aproximación RAP a diferentes escenarios (ciclo del combustible, minería, residuos, etc.). Durante el próximo año, además de finalizar las publicaciones que están ahora en marcha (ver punto 6), se comenzará a trabajar en la aplicación de la aproximación RAP en las tres situaciones de exposición consideradas por ICRP.

Puesto que era probable que esta fuera la última reunión del C5 en su segundo mandato, Jan Pentreath agradeció a todos los miembros del Comité el duro trabajo realizado en los últimos ocho años y el apoyo que le han brindado. También resaltó que el Comité ha trabajado en temas que en gran

medida eran nuevos para la Comisión y ha conseguido que el sistema de protección radiológica se expandiera a áreas que no habían sido tratadas con anterioridad. Resaltó que está convencido de que el trabajo del C5 seguirá siendo la base para la protección radiológica del medioambiente en el futuro.

Los miembros del Comité expresaron su agradecimiento a Jan Pentreath por su liderazgo, por presidir el Comité de una manera tan eficaz, manteniendo sus objetivos y llevándole a producir resultados, todo ello con un excelente sentido del humor. El sistema de protección radiológica del medioambiente, tal como ha evolucionado a lo largo de los años que el Comité ha existido, en muchos aspectos refleja la contribución personal de Jan a la ciencia y sus pensamientos sobre la protección del medioambiente en general, y sobre la protección radiológica del medioambiente en particular. Los miembros actuales del Comité 5 esperan que su participación continúe en las actividades del nuevo Comité durante el tercer mandato, ya sea como presidente o en cualquier otro concepto que haga posible que el Comité aproveche su experiencia y conocimientos. ¡Bien hecho Jan!

*Almudena Real  
(Secretaria del Comité 5 de ICRP)*

### Renate Czarwinski elegida presidenta de IRPA

“Estimados miembros de IRPA y aquellos que quieren unirse a IRPA: es un gran honor para mí haber sido elegida presidenta de IRPA. Quisiera agradecer a todos su confianza en mis capacidades para llevar a cabo los deberes como presidente durante los próximos cuatro años.”

Así comienza su discurso Renate Czarwinski, ex-vicepresidenta de IRPA, como nueva presidenta para los próximos cuatro años.

Renate Czarwinski comenzó su carrera en protección radiológica en 1971 estudiando Física Experimental y Protección Radiológica, en la Universidad Técnica de Dresde. Después de su paso por la industria se trasladó a la Junta Nacional de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica en Berlín, en 1977. Después de un estudio de posgrado de 1982 hasta 1984, obtuvo la licencia como inspector de protección radiológica en instalaciones nucleares y fue responsable de la autorización y supervisión de la instalación de almacenamiento temporal de combustible gastado en la central nuclear de Greifswald así como de la protección radiológica de varias instalaciones nucleares. De 1990 a 1996, siendo asistente de investigación, estuvo a cargo de las evaluaciones de dosis internas y externas, así como de la evaluación de la exposición a las radiaciones en edificios y del medioambiente. Coordinó campañas nacionales de radón y gestionó proyectos europeos de investigación sobre el radón. En 1996 fue nombrada jefe de Protección Radiológica en la Sección de puestos de trabajo en la Oficina Federal Alemana para la Protección contra las Radiaciones siendo, entre otras cosas, responsable de las evaluaciones de seguridad y de la protección de las fuentes radiactivas.

Desde 2007, Czarwinski es jefe de la Sección de Seguridad Radiológica y Control de la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA), en Viena. Es responsable de

- la revisión de las Normas Básicas de Seguridad así como del desarrollo y revisión de otras normas de seguridad radiológica. Otros temas de su responsabilidad son: la protección radiológica de los pacientes y los trabajadores, los servicios de vigilancia y exposición al público, debido a las fuentes naturales de radiación y en situaciones de emergencia.



- A lo largo de su carrera ha participado activamente en las acciones de investigación relacionadas con la física de la radiación y en aquellas actividades prácticas relacionadas con la protección radiológica, publicando más de 70 artículos.

- Sirvió en la Junta Directiva de la Asociación de Protección Radiológica suizo-alemana desde 1991 y como secretaria ejecutiva entre 1996 y 2003. Desde 1995 es miembro del comité editorial y subeditor de la revista *StrahlenschutzPRAXIS* y desde 2007 es asesor editorial de la revista internacional *Journal of Radiological Protection*.

- Las palabras finales de su discurso fueron: “Termino concluyendo que queremos que ustedes se involucren más directamente en las actividades de IRPA para reforzar nuestra identidad como miembro de IRPA.

- No esperen a involucrarse hasta el próximo congreso de IRPA, que tendrá lugar en Ciudad del Cabo, Suráfrica en 2016, pero vengan a Ciudad del Cabo con el resultado de sus esfuerzos.

- Al finalizar mi presidencia en IRPA espero celebrar con ustedes el 50º Aniversario de IRPA, ojalá con al menos 50 Sociedades asociadas.”

*Juan Carlos Mora y Sofía Luque*

### La Sociedad Peruana de Radioprotección nombra Miembro Honorario a Leopoldo Arranz

- La Sociedad Peruana de Radioprotección (SPR), con ocasión de celebrar las Bodas de Plata Institucionales llevó a cabo diversas actividades y reconocimientos, como fue el caso de la incorporación de Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz (SEPR) como Miembro Honorario de la SPR debido a sus cualidades profesionales y personales, y por su permanente apoyo y colaboración lo cual permitió el acercamiento y trabajo conjunto entre So-



## Proyectos de Investigación

ciudades y colegas de Iberoamericana. El acto protocolario se llevó a cabo el día 2 de abril en la ciudad de Cuzco, Perú, en una ceremonia especial, con ocasión del llevarse a cabo el Simposio Internacional sobre Protección Radiológica a la cual no pudo asistir el Dr. Arranz, sin embargo se realizó una videoconferencia donde se le manifestó lo acordado por la Junta Directiva de la SPR.

La entrega de la medalla y diploma correspondiente se realizó en Madrid el pasado 31 de mayo, en el Ciemat con la participación del secretario general de la SPR, Eduardo Medina Gironzini. Este es un justo reconocimiento a la permanente e incansable colaboración de un excelente profesional y amigo de Perú y de América Latina.

*Comité de redacción*

### Nuevo director del Departamento de Radiaciones Ionizantes del BIPM

Desde el día 1 de Julio de 2012, José Ma Los Arcos ocupará el puesto de Director del Departamento de Radiaciones Ionizantes del Bureau International des Poids et Mesures en sus instalaciones en Sèvres (París). Durante 38 años de servicio en el CIEMAT, ha destacado por su labor al frente del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI, 1992-2010). En este tiempo, consiguió que el LMRI pasara de ser un laboratorio de calibración interno del CIEMAT a obtener el reconocimiento como Laboratorio de Patrones Nacionales para Radiaciones ionizantes (1996, Asociado al Centro Español de

- Metrología según R.D. 533/96), estableciendo nuevos laboratorios de referencia para rayos x (2001), para rayos gamma de  $^{60}\text{Co}$  en niveles de terapia (2001), para radiación beta (2010) y, con el apoyo decidido del CSN desde 2006, desarrollando el proyecto de nuevo laboratorio de patrones neutrónicos que iniciará sus actividades en septiembre de 2012.

- No hay que olvidar tampoco la participación en este período en 26 comparaciones internacionales y el reconocimiento internacional (2008) de 97 capacidades de calibración en radiactividad y 42 en dosimetría en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de los certificados de calibración y de los patrones de los institutos nacionales de metrología, dando así plena validez internacional a los certificados emitidos por el LMRI en esas materias y dejando claramente atrás su anterior carácter interno. Ello ha permitido también participar recientemente en proyectos internacionales EURAMET-EMRP como MetroFission (2009) o MetroWaste (2001) y ser Coordinador del proyecto MetroMetal, un consorcio de 14 institutos nacionales europeos de metrología de radiaciones ionizantes, así como responder y dar servicio, en la medida de las posibilidades técnicas y del apoyo institucional interno en cada momento, a más de 150 empresas, 100 hospitales, 30 universidades y organismos nacionales de la Administración Autónoma y Central, con garantía y reconocimiento metrológico plenos de todos los servicios prestados por el LMRI.

- Desde el ámbito de la Sociedad Española de Protección Radiológica sólo resta felicitar a José M<sup>a</sup> Los Arcos por este nuevo reto y puesto de responsabilidad, deseándole venga cargado de éxitos profesionales.

*Comité de redacción*



### Proyecto Europeo Cefalo: Uso de teléfonos móviles y tumores cerebrales en niños y adolescentes

En su conjunto, los estudios epidemiológicos de tipo caso-control en adultos han proporcionado indicios de un potencial incremento en el riesgo de tumores cerebrales (glioma y neuroma acústico) asociado con el uso a largo plazo de teléfonos móviles. Se ha planteado la hipótesis de que los niños y los adolescentes pueden ser más vulnerables a los posibles efectos derivados del uso de dichos teléfonos. Recientemente se han publicado las conclusiones de Cefalo, el primer estudio sobre el uso del teléfono móvil y riesgo de tumores cerebrales en niños y adolescentes.

Se trata de un estudio multicéntrico caso-control realizado en Dinamarca, Suecia, Noruega y Suiza, que incluye a todos los

- niños y adolescentes de 7-19 años que fueron diagnosticados con un tumor cerebral entre los años 2004 y 2008. Se llevaron a cabo entrevistas presenciales con 352 pacientes (tasa de participación: 83%) y 646 sujetos control (tasa de participación: 71%), y con los padres respectivos. Los sujetos control fueron seleccionados al azar de los registros de la población y emparejados por edad, sexo y región geográfica con los pacientes. Se les preguntó sobre el uso del teléfono móvil y se incluyó la información correspondiente obtenida de los registros de operadoras de telefonía móvil, cuando ésta se encontraba disponible. Se calcularon las tasas de riesgo (OR) de tumor cerebral y los intervalos de confianza (IC) del 95% utilizando modelos de regresión logística condicional. Los resultados mostraron que los usuarios regulares de teléfonos móviles no presentaban probabilidades significativamente mayores que los no usuarios de haber sido diagnosticados de tumor cerebral (OR = 1,36, IC 95% = 0,92 a 2,02). Los niños que comenzaron a utilizar los teléfonos móviles al menos cinco años antes de ser diagnosticados no mostraron un riesgo mayor en comparación con aquellos que no habían utilizado los teléfonos habitualmente (OR = 1,26, IC 95% = 0,70 a 2,28).

- En el subgrupo de sujetos para los cuales los registros de operadores estaban disponibles, el riesgo de tumor cerebral se

mostró relacionado con el tiempo transcurrido desde el inicio de la suscripción del teléfono móvil, pero no con la "cantidad" de uso del mismo. Tampoco se detectó un incremento significativo estadísticamente en el riesgo de tumores cerebrales en las áreas del cerebro que reciben la mayor cantidad de exposición. Los autores (Aydin *et al.*, 2011) concluyeron que la ausencia de una relación dosis-respuesta, ya sea en términos de la cantidad de uso del teléfono móvil o mediante la localización del tumor en el cerebro argumenta en contra de una asociación causal, al menos en el intervalo de tiempo de uso contemplado por el estudio. A este respecto es importante tener en cuenta que la epidemiología en adultos ha revelado el potencial incremento de riesgo de tumores en usuarios frecuentes que habían empezado a emplear teléfonos móviles al menos 10 años antes del diagnóstico. Por otra parte, algunos expertos han alegado que el mecanismo biológico por el cual la exposición a radiofrecuencias podría causar o promover cáncer aún se desconoce, por lo que cualquier suposición sobre las relaciones dosis-respuesta y el umbral de incremento en el riesgo es prematura. Sobre esta base, y teniendo en cuenta el limitado poder estadístico de Cefalo, tales expertos consideran que la conclusión de Aydin y colaboradores contra una asociación causal no parece suficientemente justificada.

En cualquier caso, existe un consenso general sobre la necesidad de estudios adicionales en la población infantil y juvenil, alguno de los cuales, como el Mobi-Kids se encuentran en ejecución. Las investigaciones futuras deben cumplir las demandas básicas de calidad, que no solo requieren mayores esfuerzos para asegurar una evaluación fiable de la exposición, sino también la obtención de un número suficiente de casos y controles, y de sujetos con un plazo más prolongado de uso del teléfono.

Más información en:

- Publicación CEFALO: <http://jnci.oxfordjournals.org/content/>
- Comentario de Soderqvist *et al.*, *Environmental Health* 2011, 10:106 : <http://www.ehjournal.net/content/>
- Comentario de Aydin *et al.*, *Environmental Health* 2012, publicado el 20 de Mayo de 2012: <http://www.ehjournal.net/content/11/1/35>
- Proyecto Mobi-Kids: E. Cardis (Entrevista); E. Cardis y C. Eastman (Artículo). *Radioprotección*, 71 (XIX) 2012. <http://www.sepr>

María Ángeles Trillo  
Hospital Universitario Ramón y Cajal. IRYCIS

## STAR (Strategy for Allied Radioecology)

La Red de Excelencia Europea en Radioecología, STAR (*Strategy for Allied Radioecology*) tiene como objetivo principal la integración de la investigación en radioecología a nivel europeo, como ya se ha informado en números anteriores de RADIOPROTECCIÓN.

Entre las actividades realizadas para alcanzar el objetivo de STAR, se encuentra el desarrollo de una base de datos de infraestructuras, en la que se ha recopilado la información más relevante de cada institución en lo referente a equipos de medida, técnicas, modelos utilizados y experiencia en diferentes áreas de conocimiento de interés para la radioecología. A par-



Reunión de STAR en Madrid. De derecha a izquierda: Tarja K. Ikäheimonen, Pia Vesterbacka, Maarit Muikku and Jarkko Ylipieti, de STUK, Finlandia (organizadores de la reunión de Madrid).

tir de la información recopilada, se realizará un "laboratorio virtual" en el que se incluirá material multimedia y documentación específica para diversos niveles, desde el educativo hasta la formación de profesionales. De forma adicional cada miembro de la red de excelencia ha incluido información sobre aquellas bases de datos que considera interesante compartir.

Con el motivo de presentar los avances en ambas bases de datos y prever el desarrollo posterior, así como el contenido del laboratorio virtual, se celebró en el Ciemat (Madrid) una reunión los días 24 al 26 de abril de 2012. En dicha reunión se revisaron los contenidos ya existentes en las bases de datos, identificando las posibles lagunas. Además se definió el contenido del laboratorio virtual en función de su propósito, desde guías virtuales que expliquen los conceptos más básicos de radioecología, hasta procedimientos de medida específicos explicados paso a paso, incluyendo vídeos.

Uno de los objetivos de STAR es crear un observatorio, el cual permita llevar a cabo trabajos de experimentación en diferentes áreas de radioecología de interés para los miembros de la red. Durante la reunión de Madrid se discutió acerca del proceso mediante el cual se llevará a cabo la selección de uno o varios "observatorios europeos de Radioecología". Para que dicho proceso de selección se realice con la mayor transparencia posible y tenga una base científica, se desarrolló un método de *ranking* multicriterio basado en el método *rank-order centroid* (ROC). Se presentó dicho método, así como los criterios de selección, tanto de exclusión como de evaluación, que



Un momento de la reunión de Berlín. De izquierda a derecha Juan Carlos Mora (Ciemat, España), Martin Steiner (BfS, Alemania), Brit Salbu (UMB, Noruega) y Brenda Howard (CEH, Reino Unido).

pueden dividirse en: requisitos específicos de STAR, criterios científicos, aspectos de logística y restricciones administrativas o legales y restricciones económicas. Durante la reunión, cada miembro planteó posibles candidatos para los emplazamientos que pudieran servir como observatorio. A partir del listado elaborado se invitó a distintos expertos a que presentaran las características de cada emplazamiento, haciendo énfasis en los criterios de selección, durante la reunión que se ha celebrado en Berlín, los días 11 a 14 de mayo de 2012.

Así pues, durante la reunión de Berlín distintos expertos presentaron los emplazamientos que podrían ser finalmente seleccionados como observatorio. Quedó abierta la posibilidad de presentar nuevos candidatos antes de proceder a su selección definitiva.

En Berlín también se presentaron los avances realizados por cada uno de los grupos de trabajo que componen STAR. Además, los miembros del proyecto tuvieron la posibilidad de discutir con el panel de expertos externos (*External Advisory*

*Board*), la evolución del proyecto. Dicho panel realizó una serie de críticas constructivas sobre los avances, logros y planes de futuro del proyecto así como de la Agenda Estratégica de Investigación (SRA, del inglés *Strategic Research Agenda*). En la página electrónica del proyecto va a abrirse en breve un turno de consulta pública para realizar comentarios a dicha SRA.

Durante la reunión se discutió el contenido del programa de doctorado y del máster en Radioecología que STAR se encuentra diseñando y la *curricula* de varios cursos que constituirán este máster. Se discutió cómo aprovechar los distintos medios, como las redes sociales, plataformas de educación a distancia, etc., para divulgar dichos programas entre posibles interesados.

Más información en la página web del proyecto [www.star-radioecology.org](http://www.star-radioecology.org).

Juan Carlos Mora, Almudena Real y Beatriz Robles  
CIEMAT. Miembro de la Red de excelencia STAR

# PUBLICACIONES

## Publicaciones HPA

### IAEA Human Health Reports 5



Esta publicación aborda los actuales problemas que se presentan en la medida de dosis a los pacientes en exploraciones con TC multicorte de haces anchos. Se revisan los desarrollos de nuevos formalismos y métodos dosimétricos acordes con estos haces de mayor anchura y se presenta una guía práctica para la implementación de nuevas técnicas dosimétricas acordes con estos TC. Se revisan las aportaciones de la Comisión

Internacional Electrotécnica (IEC) y de la Asociación Americana de Física Médica (AAPM). Se consideran también aspectos de calibración de la instrumentación usada para dosimetría en TC. En un sumario se recoge el estado actual de la dosimetría de TC y se proporcionan recomendaciones para acciones futuras.

ISBN:978-92-0-120610-7

Disponible en [http://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1528\\_web.pdf](http://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1528_web.pdf)

## Publicaciones NEA

### Nuclear Education and Training: From Concern to Capability

Si bien algunos países han tomado medidas positivas en materia de educación y formación nuclear, otras naciones pronto tendrán que afrontar serios desafíos para hacer frente a la dotación de recursos humanos cualificados en los puestos de trabajo necesarios en las actuales y potenciales nuevas instalaciones nucleares.



Este problema se ve incrementado por la creciente tasa de jubilaciones en algunas de estas instalaciones. Este informe proporciona una caracterización cualitativa de las necesidades de recursos humanos y valora algunos instrumentos y programas en materia de educación y formación nuclear iniciados en distintos países. También elabora una clasificación de los tipos de puesto de trabajo, que podría ser una base para abordar las necesidades de mano de obra en este sector, y examina los usos actuales y futuros de las instalaciones de investigación nuclear con fines educativos y de formación.

ISBN 978-92-64-17637-9

Un resumen de esta publicación puede descargarse en:  
<http://www.oecd-nea.org/pub/>

## Publicaciones OIEA

### Directrices sobre la importación y exportación de fuentes radiactivas



Durante las reuniones sobre la elaboración y aprobación del Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas, que no es jurídicamente vinculante, algunos estados miembros solicitaron orientación sobre la aplicación del Código, particularmente en cuanto a la importación y exportación de fuentes radiactivas. En consecuencia, las presentes directrices no vinculantes jurídica-

mente fueron elaboradas en 2004 por los estados miembros para apoyar las disposiciones sobre importación y exportación contenidas en el Código, y se publicaron por primera vez en 2005. Conforme a lo previsto en su párrafo 20, las directrices fueron examinadas y revisadas en 2011. Los estados reconocen la importancia de los programas del OIEA destinados a ayudarles a fortalecer su infraestructura nacional para el control de las fuentes radiactivas. Los estados reconocen asimismo que la participación en esos programas contribuye a que éstos cumplan las disposiciones del Código y estas directrices.

*Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources*  
IAEA, Vienna 2012  
IAEA/CODEOC/IMO-EXP/2012  
© IAEA, 2012 Printed by the IAEA in Austria May 2012  
Disponible de forma gratuita en: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8901/Guidance-on-the-Import-and-Export-of-Radioactive-Sources>

### **Manual de Derecho Nuclear. Legislación de aplicación** (Edición en castellano) - Wolfram Tonhauser



En 2006, el OIEA publicó un Manual de Derecho Nuclear al objeto de exponer las características generales del derecho nuclear y su proceso de elaboración y aplicación, examinar ámbitos de uso de material radiactivo con fines pacíficos que de deberían ser incluidos en la legislación nacional, definir principios y conceptos básicos para reglamentar las actividades que se realizan en esas esferas y elaborar una lista de cuestiones a tener en cuenta para incluirlas en las legislaciones

nucleares nacionales.

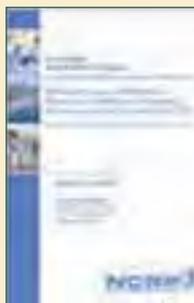
Tras varios años de experiencia en el uso de ese Manual de 2006, resultó evidente que sería útil complementarlo con material adicional más detallado para facilitar en la práctica la redacción de leyes. Desde la publicación del Manual de 2006, un número cada vez mayor de estados ha manifestado su interés por iniciar nuevos programas de energía nuclear o ampliar los existentes. Se reconoce que los estados que estudian la posibilidad de iniciar esos programas tendrán que promulgar una amplia variedad de leyes para fundamentar el uso de la tecnología nuclear con fines pacíficos y en condiciones de seguridad tecnológica y física. Se incluyen también nuevos instrumentos jurídicos y documentos de orientación que es preciso tener en cuenta al proporcionar orientación sobre el derecho nuclear. En particular, como se expone de forma más detallada en el Capítulo 14 del presente manual, se han registrado novedades importantes en materia de seguridad física nuclear. Por consiguiente, el presente manual se ha elaborado para ampliar y complementar el contenido del Manual de 2006.

Manual de Derecho Nuclear: legislación de aplicación OIEA, VIENA, 2012 STI/PUB/1456 ISBN 978-92-0-314710-1  
Disponible de forma gratuita en:  
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8485/Handbook-on-Nuclear-Law-Implementing-Legislation-Spanish-Edition>

## Publicaciones NCRP

### **Program Presentations No. 48 - Emerging Issues in Radiation Protection in Medicine, Emergency Response, and the Nuclear Fuel Cycle (2012)**

Actas de la reunión anual de la NCRP-2012



Dos hechos recientes han centrado, en EEUU, la atención pública y gubernamental sobre cuestiones relacionadas con el creciente uso de las radiaciones ionizantes en la medicina y en la industria. El primero fue la publicación del informe 160 de la NCRP sobre exposición a radiaciones ionizantes de la población de los Estados Unidos (2009), que mostraba como las exposiciones médicas representan ya el 50% de la dosis anual de radiación reci-

bida por toda la población de los Estados Unidos. El segundo fue el accidente en los reactores y en las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado de la central nuclear de Fukushima Daiichi, en marzo de 2011.

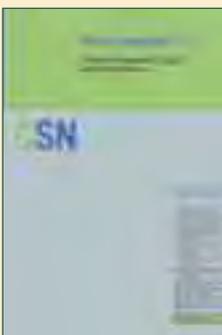
La Reunión Anual 2012 de la NCRP se centra en estos eventos y en sus consecuencias sociales. El texto comienza con una sesión sobre las exposiciones médicas en la que se analizan las últimas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, el desarrollo de una cultura de seguridad en el ámbito de las radiaciones sanitarias, la protección del paciente en radiología intervencionista y la estandarización de la nomenclatura y los protocolos en TC. En cuanto al accidente de Fukushima, se discuten las circunstancias del accidente y las lecciones aprendidas, sus impactos ambientales y comunitarios, y la orientación para el desarrollo de la resiliencia de la población ante tales eventos. Por último, se describe la respuesta ante emergencias proporcionada por agencias federales estadounidenses, incluyendo las intervenciones de los centros para el control y prevención de enfermedades, la Administración Nacional de Seguridad Nuclear y otros.

NCRP

Category: Annual Meeting Proceedings and Presentations

## Publicaciones CSN

### **Guía de Seguridad 11.2 - Control de la exposición a fuentes naturales de radiación**



Guía del CSN cuyo ámbito de aplicación son las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación y a las situaciones de exposición al radón en viviendas.

La guía da respuesta al artículo 62 del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes que incluye, entre las actividades que deben ser sometidas a revisión, las actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales

o de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales que puedan provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público.

Además, la guía establece unos niveles de referencia de concentración de radón en las viviendas para la iniciación de acciones de remedio o la adopción de medidas de protección siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea.

Consejo de Seguridad Nuclear  
GS-11.2/12

Disponible de forma gratuita en:  
[http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/guias\\_seguridad/gs-11-02ok.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/guias_seguridad/gs-11-02ok.pdf)

## Otros

### **Infrastructure and methodologies for the justification of nuclear power programmes**

A Alonso, Universidad Politécnica de Madrid  
Woodhead Publishing Series in Energy No. 28

El potencial desarrollo de cualquier programa de energía nuclear debe incluir un proceso de justificación, durante el que



deberá revisarse toda la información necesaria para su implementación, tanto técnica, como económica y legal. La primera parte analiza las necesidades de infraestructura para cualquier programa de energía nuclear de nuevo desarrollo, con capítulos que detallan el papel y las responsabilidades de gobiernos, organismos reguladores y operadores nucleares, así como las necesidades de recursos humanos e infraestructura a nivel nacional. La segunda parte se centra en temas relevantes para el proceso de justificación, incluida la seguridad nuclear, protección radiológica y la planificación de emergencias. También se estudian los diseños actuales, los reactores avanzados y la gestión de los residuos radiactivos, junto con los impactos económicos, sociales y ambientales del desarrollo de la energía nuclear. La tercera parte analiza el desarrollo de programas de energía nuclear, desde la selección de la ubicación de centrales nucleares, licencias, construcción y operación hasta la clausura de las mismas.

ISBN: 978 1 84569 973 4

# CONVOCATORIAS 2012

“más información en [www.sepr.es](http://www.sepr.es)”

## SEPTIEMBRE

### • **12<sup>th</sup> International Conference on Radiation Shielding (ICRS 12) and 17<sup>th</sup> Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division of the American Nuclear Society (RPSD-2012)**

Del 2 al 7 de septiembre de 2012 en Nara (Japón).  
Más información: [www.icrs12.org/main/](http://www.icrs12.org/main/)

### • **International Symposium “Environmental Radiactivity: Implications for Environmental and Human Health”**

Del 4 al 5 de septiembre de 2012 en la Universidad de Plymouth (Plymouth, Reino Unido).  
Más información: [www.geog.plymouth.ac.uk/corif/](http://www.geog.plymouth.ac.uk/corif/)

## OCTUBRE

### • **7<sup>th</sup> International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields**

Del 8 al 12 de octubre de 2012 en Valletta (Malta).  
Más información: [www.um.edu.mt/science/physics/electromagnetics/7IWVSBEEFM](http://www.um.edu.mt/science/physics/electromagnetics/7IWVSBEEFM)

### • **ERR 2012 - 39<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Radiation Research Society**

Del 15 al 19 de octubre de 2012 en Vietri sul Mare (Italia).  
Más información: [www.iss.infn.it/err2012/](http://www.iss.infn.it/err2012/)

### • **XIII International Symposium XXIII National Congress on Solid State Dosimetry**

Del 15 al 19 de octubre de 2012 en Ocoyoacac (México).  
Más información: [www.issd.com.mx/](http://www.issd.com.mx/)

### • **XIII Congreso de la Sociedad Española de Radiocirugía**

Del 17 al 19 de octubre de 2012 en el Parque Tecnológico de San Sebastián.  
Más información: [www.radiocirurgia2012.com/es/](http://www.radiocirurgia2012.com/es/)

### • **4<sup>th</sup> International Symposium on Targeted Radiotherapy and Dosimetry - ISTARD**

Del 27 al 31 de octubre en Milán (Italia).  
Más información: <http://eanm12.eanm.org/>

## DICIEMBRE

### • **International Conference on Radiation Protection in Medicine**

Del 3 al 7 de diciembre de 2012 en Bonn (Alemania).  
Más información: [www.pub.iaea.org/iaea meetings/41578/International-Conference-on-Radiation-Protection-in-Medicine-Setting-the-Scene-for-the-Next-Decade](http://www.pub.iaea.org/iaea meetings/41578/International-Conference-on-Radiation-Protection-in-Medicine-Setting-the-Scene-for-the-Next-Decade)

## AGOSTO

### Advanced WE-Heraeus Physics School on Ionising Radiation and Protection of Man (Helmholtz Zentrum München)

Organizado por Helmholtz Zentrum München, Institute of Radiation Protection.

Lugar y fecha: Physikzentrum Bad Honnef, del 10 al 19 de agosto de 2012.

Dirigido a: diplomados, licenciados, estudiantes de tercer ciclo e investigadores postdoctorales en los campos de física, biofísica, física médica y otras ciencias afines.

Objetivo: realizar una prospectiva sobre los últimos avances en el campo de las radiaciones ionizantes y, más concretamente, de la protección radiológica.

Más información: [www.iss-kurse.helmholtz-muenchen.de/heraeus-school/index.php](http://www.iss-kurse.helmholtz-muenchen.de/heraeus-school/index.php)

## OCTUBRE

### Master en Ingeniería Nuclear y Aplicaciones (MINA) (Ciemat)

Organizado por el Ciemat y la Universidad Autónoma de Madrid en colaboración con la Universidad de Cantabria, la Universidad del País Vasco, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Autónoma de Barcelona.

Fecha, lugar y horario: del 1 de octubre de 2012 al 28 de junio de 2013. CIEMAT. Avda. Complutense, 40. 28040-Madrid. Jornada completa.

Objetivos: Proporcionar una formación general en el área de la Ciencia y la Tecnología Nuclear para postgraduados, que permita su integración profesional en el ámbito de la Industria Nuclear.

El master está estructurado en 575 horas de clases teóricas y prácticas a las que se suman 625 horas de estudio, y un Proyecto Fin de Master de 300 h. que se realiza dentro de una de las empresas colaboradoras del sector nuclear. Los alumnos que concluyan con éxito el proyecto obtendrán el Título de Master (60 ECTS). Existe la posibilidad de matricularse en asignaturas sueltas. Este master tiene la consideración de "Estudio Propio" y se rige por la Normativa de Estudios Propios de la Universidad Autónoma de Madrid.

Dirigido a titulados superiores o de grado de facultades o escuelas científicas o tecnológicas, tales como ingenierías, física, química, matemáticas, etc.; así como a profesionales relacionados con el sector nuclear.

Más información: [www.ciemat.es/CIEMATportal/MasterMina](http://www.ciemat.es/CIEMATportal/MasterMina)

### EURADOS School on Retrospective Dosimetry. Practical exercises in Solid State & Cytogenetic dose reconstruction. (BfS - HMGU)

Organizado por el Helmholtz Zentrum München (Centro de Investigación Alemán para la Salud Ambiental) y el Bundesamt für Strahlenschutz

Lugar y fechas: BfS and HMGU. 85764 Neuherberg/Oberschleissheim. Ingolstaedter Landstr. 1 (Alemania). 22 al 26 de octubre de 2012.

Objetivos: El curso está organizado por el Grupo de Trabajo EURADOS 10 "Dosimetría Retrospectiva" y está diseñado para los científicos nuevos en el campo y para aquellos que quieran profundizar y ampliar sus conocimientos. Se ofrecerá información general y práctica sobre diferentes ensayos físicos y biológicos para la evaluación de la dosis. El objetivo principal estará relacionado con el papel de los ensayos dosimétricos a utilizar después una supuesta exposición a las radiaciones ionizantes. El curso estará compuesto por conferencias, tutoriales y, sobre todo, por la realización de ejercicios prácticos que serán impartidos por expertos en la materia.

Más información: [www.euradnews.org/fullstory.php?storyid=230463](http://www.euradnews.org/fullstory.php?storyid=230463)

## NOVIEMBRE

### Protección Radiológica en Industrias NORM (Ciemat)

Organizado por la Unidad de Protección Radiológica al Público y del Medio Ambiente y la unidad de Formación en protección Radiológica y Tecnología Nuclear, con la colaboración del CSN, ENRESA y la SEPR.

Lugar y fecha: Ciemat, Avda. Complutense, 40. 28040 MADRID. Del 27 al 30 de noviembre de 2012

Objetivo: Proporcionar la formación necesaria para los titulares de las industrias NORM, consultoras y UTPR que quieran trabajar en el campo y las autoridades locales que deberán exigir a las industrias involucradas los estudios de evaluación exigidos en la Modificación del Título VII del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. (Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre. BOE núm. 279).

Dirigido a las personas responsables de realizar o supervisar evaluaciones radiológicas en industrias NORM.

Como colofón del curso, el Ciemat y la SEPR organizarán una jornada sobre industrias NORM, de asistencia gratuita para los participantes del curso.

Más información: [www.ciemat.es/cargaFichaCursoWeb](http://www.ciemat.es/cargaFichaCursoWeb).