

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



IRPA 11. Madrid, 2004

## ▲ Entrevista:

**Antonio Alonso Ramos**

*Director General de TECNATOM*

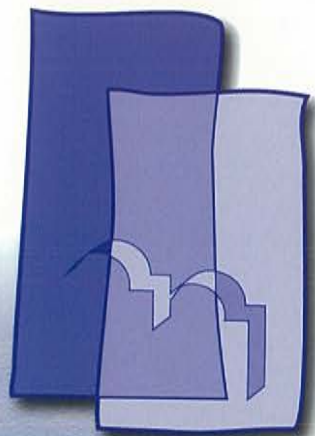
▲ *Políticas del OIEA sobre seguridad en la Gestión de Residuos Radiactivos*

▲ *El Programa de Normas de Seguridad Radiológica del OIEA*

▲ *Evolución del Estado Radiológico de una Central Nuclear en fase de Desmantelamiento y Clausura*

▲ *Exposición ocupacional a Campos Magnéticos de frecuencia industrial en Hospitales*

Nº 25 • Vol. VIII • 2000



ALMARAZ  
TRILLO

# Centrales Nucleares Almaraz-Trillo AIE

*23.000 millones de kWh que abastecen  
el 12% del mercado peninsular*

*Comprometidas siempre con la seguridad  
nos esforzamos en mantener un servicio de calidad*



**SOCIEDAD  
ESPAÑOLA  
DE PROTECCIÓN  
RADIOLÓGICA**

www.sepr.es

**Secretaría Técnica**

Capitán Haya, 60 - 28020 Madrid  
Tel.: 91 749 95 02 - Fax: 91 749 95 17  
e-mail: secretaria.sociedades@medynet.com

**Junta Directiva**

Presidente: *Xavier Ortega*

Vice-presidente: *Ignacio Hernando*

Vice-presidente (VIII Congreso): *Roberto Martín*

Secretaria: *María Luisa España*

Tesorero: *Pío Carmena*

Vocales: *Juan Manuel Campayo, Antonio Delgado, Antonio López,  
María Jesús Muñoz, Cristina Núñez de Villavicencio*

**Comisión de Asuntos Institucionales**

*Leopoldo Arranz, David Cancio, Pedro Carboneras, Pío Carmena,  
Eugenio Gil, Juan José Peña, Montserrat Rivas*

Responsable: *Xavier Ortega*.

**Comisión de Actividades Científicas**

*Ignacio Amor, Leopoldo Arranz, Josep Baró, Francisco Fernández Moreno,  
José Hernández Armas, Jerónimo Iñiguez, J. Carlos Sáez, Ricardo Torres*

Responsable: *Ignacio Hernando*.

**Comisión de Normativa**

*Asunción Díez, Manuel Fernández Bordes, Joan Font, Rafael García-  
Bermejo, Andrés Leal, Pilar López Franco, María Teresa Ortiz*

Responsable: *María Luisa España*.

**Comisión de Comunicación y Publicaciones**

*Luis Corpas, José Miguel Fernández, José Gutiérrez, María Teresa Macías,  
Paloma Marchena, Teresa Navarro, Carlos Prieto, Eduardo Sollet*

Responsable: *Antonio López Romero*.

**Comisión de Asuntos Económicos y Financieros**

*Mercedes Bezares, Juan Manuel Campayo, Jesús de Frutos,  
Marisa Marco, Patricio O'Donnell, María Teresa Ortiz, Félix Recio*

Responsable: *Pío Carmena*.

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Director:** *Eduardo Sollet*

**Coordinadora:** *Paloma Marchena*

**Comité de Redacción**

*José Miguel Fernández Soto, José Gutiérrez, Antonio López Romero,  
Teresa Navarro y Matilde Pelegrí*

**Comité Científico**

Coordinador: *José Gutiérrez*

*Josep Baró, Pedro Carboneras, Miguel Carrasco, Felipe Cortés,  
Antonio Delgado, Eugenio Gil, Ignacio Hernando, Jerónimo Iñiguez,  
Luis M. Martín Curto, Pedro Ortiz, Vicente Rius, Francisco J. Ruiz Booda,  
Angeles Sánchez y Luis M. Tobajas*

**Edición y Publicidad:** SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: *Matilde Pelegrí*

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77

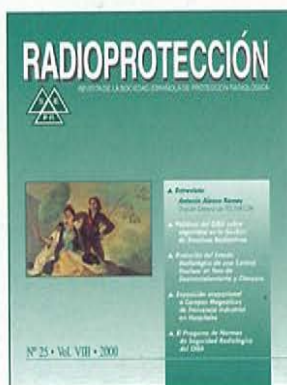
e-mail: senda@sendaeditorial.com

**Imprime:** Neografis, S.L.

**Fotomecánica:** Record

**Depósito Legal:** 17158

**ISSN:** 1133-1747



En portada, reproducción de "El Quitasol" de Goya, imagen utilizada para anunciar la candidatura española para la organización de IRPA 11.

Nº 25. Vol VIII. - JUNIO 2000

## S U M A R I O

- **Editorial** **3**
- **Noticias** **4**
  - de la SEPR 4
  - de España 41
  - del Mundo 49
- **Entrevista** **7**

*Antonio Alonso Ramos*  
Director General de TECNATOM
- **Contribución Invitada** **11**
  - Políticas del OIEA sobre seguridad en la Gestión de Residuos Radiactivos  
*Abel J. González*
- **Colaboraciones** **16**
  - El Programa de normas de Seguridad Radiológica del OIEA  
*J.L. Butragueño*
  - Evolución del Estado Radiológico de una Central Nuclear en fase de Desmantelamiento y Clausura  
*M<sup>a</sup> T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún y J. Just*
  - Exposición ocupacional a campos magnéticos de frecuencia industrial en Hospitales  
*A. Úbeda, M.A. Cid, M.A. Martínez, M.A. Trillo, M.A. Bayov y J. Leal*
- **Índice de Artículos** **37**
- **Publicaciones** **55**
- **Convocatorias** **56**

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.

RADIOPROTECCIÓN • Nº 25 Vol VIII 2000

# Protección Óptima

El servicio de Protección Radiológica de Tecnatom aporta una amplia experiencia en las áreas de:

- Formación
- Dosimetría
- Servicio Médico Homologado
- Técnicas de reducción de dosis
- Apoyo Técnico
- Pruebas

**ENAC**  
Entidad Nacional de Acreditación  
**ENSAYOS**  
Nº 91 / LE 208 / 96  
Nº 91 / LE 208 - 1 / 96  
**CALIBRACIÓN**  
Nº 73 / LC 067 / 98  
Nº 73 / LC 084 / 98

**AENOR**  
**ER**  
Empresa Registrada  
ER - 018/1/95

# tecnatom, s.a.

Avda. Montes de Oca, 1 - 28709 San Sebastián de los Reyes, Madrid  
Teléfono: 91 659 86 00 - Fax: 91 659 86 77 - e-mail: correo@tecnatom.es - www.tecnatom.es

# Editorial

Este número de la revista *RADIOPROTECCIÓN* tiene la singularidad de ser el número 25. Es, por tanto, una buena ocasión para felicitarnos por haber sido capaces de recorrer un camino que es suficientemente largo como para considerar a nuestra revista mayor de edad. Quienes conocen de cerca las dificultades que se han tenido que superar para alcanzar la meta actual valorarán mucho más la conmemoración que hoy glosamos. A los pioneros que la hicieron nacer, a cuantos la hicieron crecer y madurar, y a los que actualmente se ocupan de hacerla cada vez más agradable y útil, es de justicia felicitarles por la tarea realizada y expresarles el mayor reconocimiento de la SEPR.

Un segundo acontecimiento reclama nuestra atención por su importancia y proximidad. En efecto, se encara la recta final que debe conducirnos a la celebración del VIII Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Tras la difusión del 3er Anuncio y la entrega al Comité Científico de las ponencias que se presentarán, es el momento de efectuar las inscripciones de los asistentes al Congreso que se celebrará en Maspalomas de Gran Canaria, del 26 al 29 del próximo mes de Septiembre. A los alicientes que el marco geográfico y humano nos ofrece, cabe añadir el interés de los temas que allí se presentarán, sin olvidar que se trata de una ocasión excelente para que los miembros de nuestra Sociedad tengan la oportunidad de reencontrarse. Además, como es preceptivo, se celebrará la Reunión Anual de la SEPR, en la que la Junta Directiva deberá dar cuenta de su gestión y procederse a la renovación estatutaria de la misma. La nueva Junta expondrá algunos de los principales retos que deberán abordarse en los próximos años y podrán presentarse candidaturas para la organización del IX Congreso de la SEPR.

Es pues el momento de que los socios decididos a prestar su colaboración en la gestión de la Sociedad, en la nueva etapa, presenten su candidatura para configurar una Junta con ideas renovadas. También es el momento en que deben surgir iniciativas de grupos de socios que tomen el relevo de Las Islas Canarias para la organización del Congreso del 2002.

Finalmente no podía faltar en este repaso de los temas de interés, la mención expresa a la aprobación, en la Asamblea General de la IRPA, celebrada en Hiroshima, de la candidatura de Madrid como sede del XI Congreso de dicha Asociación en el año 2004. En este número de *RADIOPROTECCIÓN* se da cuenta pormenorizada de dicho acontecimiento que compromete de forma muy intensa a toda la SEPR y que a pesar de ser esperado nos ha llenado de alegría y de esperanza, aunque también de preocupación.

En efecto, el reto que hemos asumido nos obliga a afrontar y ejercer altas cotas de responsabilidad colectiva. Esta responsabilidad es de tal envergadura que deberá movilizar no sólo a nuestra Entidad, sino a las Instituciones que nos han apoyado en el período de presentación de candidaturas y que también están interesadas en alcanzar los mayores niveles de excelencia de nuestra Protección Radiológica. Los que han hecho posible alcanzar con éxito la nominación de nuestra Sociedad, emprenderán, sin pausas las nuevas tareas, con el concurso de nuevos refuerzos y el apoyo decidido de la Junta Directiva.

Esperemos que el trabajo ingente que se avecina, durante los próximos cuatro años, pueda compatibilizarse con un funcionamiento ordinario eficaz y útil para los miembros de la Sociedad, y que al final de ese período excepcional la SEPR haya ganado no sólo en prestigio sino también en solidez y cohesión.



de la

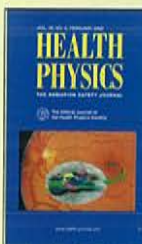
SEPR



## Luis Miguel Tobajas, nuevo miembro de la Real Academia de Medicina de Zaragoza

Luis Miguel Tobajas Asensio, socio activo de la Sociedad Española de Protección Radiológica y del Comité Científico de la revista Radioprotección, ha sido nombrado miembro actual de la Real Academia de Medicina de Zaragoza. El pasado 9 de marzo, presentó su discurso de ingreso bajo el título "El legado de Roentgen y Becquerel en la Medicina del siglo XX: Beneficios y Riesgos". El descubrimiento y los primeros usos de los Rayos X, la Radiactividad y los riesgos que puede tener en el ser humano fueron los temas principales de su primer acto como académico. Desde nuestra Revista, queremos darle la enhorabuena por este reconocimiento de la Academia.

## La Sociedad Española de Protección Radiológica en otras publicaciones



La revista Health Physics ha publicado en su número de febrero una noticia referente a la propuesta oficial que la Sociedad Española de Protección Radiológica presentó para la celebración del IRPA-11, así como la próxima convocatoria del VIII Congreso Nacional de la SEPR a celebrar en Maspalomas (Gran Canaria). Esta misma publicación menciona la labor que la revista Radioprotección desarrolla en el ámbito de la Protección Radiológica y las actividades que la Sociedad Española de Protección Radiológica lleva a cabo en colaboración con otras sociedades iberoamericanas.

## Reunión de las Sociedades Europeas de PR en Luxemburgo

Bajo los auspicios de la Dirección General XI de la Comisión Europea, se celebró en Luxemburgo, el pasado 3 de Marzo, la 2ª Reunión de representantes de las Sociedades de Protección Radiológica de países de la Comunidad Europea.

Era la segunda edición de estas característi-

cas, que tenía como misión la de intercambiar experiencias entre las diversas Sociedades y la de ir estableciendo caminos de encuentro entre los profesionales de la Protección Radiológica del ámbito Comunitario.

Asistieron diez delegaciones que representaban a catorce países europeos. También estuvo presente, amén de los delegados de la Comisión, el Secretario General de la IRPA.

La SEPR estuvo representada por su Presidente, Xavier Ortega, que ante la ausencia de un Orden del día concreto, propuso una Agenda de temas a tratar que fue adoptada para el desarrollo de la reunión.

En síntesis, los temas tratados fueron:

1.- Breve presentación de las principales actividades desarrolladas en las diversas Sociedades en el último año.

2.- Posición del conjunto de Sociedades, en relación a la Asamblea General del IRPA a celebrar con motivo del Congreso IRPA 10 en Hiroshima.

3.- Primer Congreso de PR de las Sociedades europeas.

4.- Candidatura de la SEPR para celebrar el Congreso IRPA 11 en Madrid.

5.- Temas de desarrollo conjunto de las Sociedades Europeas.

6.- Posibilidad de establecimiento progresivo de una Organización Regional de Sociedades europeas, en el marco de la IRPA.

Tras la presentación de las principales actividades de las diversas Sociedades, se discutió sobre la oportunidad, con ocasión de la Asamblea General de la IRPA, de llevar a cabo alguna acción conjunta: candidaturas para el Comité Ejecutivo, participación en el foro de Sociedades, etc. Se vio que, si bien era deseable acometer alguna actividad conjunta, el Congreso de la IRPA 10 estaba demasiado próximo como para hacer viable ese deseo.

Con respecto a la posible celebración del Primer Congreso Europeo de PR en el año 2002, la Organización italiana anunció la candidatura de la ciudad de Florencia para la celebración de dicho evento.

El tema que alcanzó unanimidad total fue el apoyo a la candidatura de Madrid para el Congreso de la IRPA 11 en el año 2004. Cabe indicar, al respecto, que en la misma reunión se repartió entre las delegaciones el bid book de nuestra candidatura, que recogió una gran aceptación. Asimismo se ofreció la posibilidad,

a algunas Sociedades, de participar en las tareas de preparación del Congreso de Madrid. Este ofrecimiento fue recogido con particular interés por las Sociedades Germano-Suiza y la de Países Nórdicos.

Sobre la conveniencia de organizar tareas de interés común, se presentó el resultado del trabajo llevado a cabo por el grupo formado por representantes de diversas Sociedades, en la anterior reunión de finales de 1998, en relación al experto cualificado de PR, y se acordó la entrega de dicho trabajo al grupo de expertos del Artículo 31 del Tratado de EURATOM. Otros temas de interés general comentados fueron el intercambio de Revistas, el uso de Internet y el establecimiento de canales de comunicación más fluidos con la Comisión Europea.

Finalmente, en relación con la articulación de alguna forma de organización de sociedades europeas en el seno de la IRPA la reacción, con distintos matices, fue claramente favorable por parte de los asistentes. Se encomendó al Presidente Español la realización de una primera propuesta, con el concurso de varias delegaciones.

## VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica

Los días 27, 28 y 29 de septiembre tendrá lugar en Maspalomas (Gran Canaria) el VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, en el que se sucederán conferencias, mesas redondas, talleres, sesiones y cursos en los que la protección juega un papel prioritario.

El uso de las radiaciones, tanto en la industria como en la sanidad, ha ocasionado el desarrollo de una abundante normativa en el marco de la Unión Europea, con su correspondencia en las normas españolas; este acontecimiento ha llevado a proponer que el tema fundamental de este Congreso sean las "Implicaciones de la nueva normativa europea sobre la Protección Radiológica".

Durante este VIII Congreso, se presentarán diferentes trabajos, todos ellos relacionados con la Protección Radiológica desde diferentes puntos de vista:

- Legislación y normativa internacional sobre Protección Radiológica.
- Radiación natural y Protección Radiológica ambiental.
- Efecto de las radiaciones ionizantes sobre la salud.
- Protección Radiológica en la industria y ciclo

del combustible.

- Dosimetría e instrumentación.
- Formación y comunicación social en el ámbito de la Protección Radiológica.
- Protección contra radiaciones no ionizantes.

A su vez, el Programa Científico durante estos tres días se desarrollará de la siguiente manera:

- **Conferencias Magistrales:** estarán impartidas por especialistas en cada área de la Protección Radiológica y abarcan diferentes temas como la legislación actual en esta materia, la gestión de residuos radiactivos, la vigilancia radiológica ambiental, dosimetría y la protección radiológica del paciente.

- **Mesas redondas:** al finalizar las conferencias magistrales se coordinará un debate entre los conferenciantes y los congresistas sobre los asuntos tratados por expertos con anterioridad.

- **Presentación de protocolos y documentos:** con objeto de establecer pautas de Control de Calidad en actividades sanitarias que usan radiaciones ionizantes, así como en el transporte de material radioactivo, se presentarán una serie de protocolos y documentos en cuya elaboración ha participado la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR).

- **Sesiones de comunicaciones orales:** se procederá a la presentación de trabajos agrupados por temas y desarrollados en 4 sesiones paralelas.

- **Sesiones de pósters:** un presidente-relator de cada sesión resumirá los contenidos de los temas, y cada autor contestará a las cuestiones que se le planteen. Los presidentes relatores son: D. José Carlos Fernández (Vocal del Comité Organizador); Dña. Mercé Ginjaume Egido (Universidad Politécnica de Cataluña); Dña. María Jesús Muñoz González (Consejo de Seguridad Nuclear) y Dña. Araceli Hernández Vitoria (Vocal del Comité Científico).

- **Cursos de actualización:** los congresistas que así lo deseen pueden asistir a estos cursos en horario diferente al del resto de las actividades científicas del Congreso, para no interferir en ellas. Estos cursos están basados en los siguientes contenidos: "Sistemas de seguridad en aceleradores lineales de electrones"; "Caracterización y Gestión de residuos radiactivos"; "Dosimetría interna"; "Dosimetría personal"; "Técnicas básicas en Radiobiología" y "Normativa de Protección para Radiaciones No Ionizantes".

La apertura oficial del Congreso, que tendrá lugar el día 27 de Septiembre, comenzará con la conferencia que bajo el título "Legislación Actual en Protección Radiológica" versará sobre

los diferentes aspectos legales que conciernen a esta materia. Para desarrollarla se contará con la intervención de D. Abel J. González (OIEA) con el tema "Situación actual de la normativa sobre Protección Radiológica a nivel mundial para bajas y altas dosis". Junto a él estarán Mr. Stephen Kaiser, de la Comisión de la Unión Europea, desglosando la "Génesis y desarrollo de la nueva normativa sobre Protección Radiológica dada por la Unión Europea", y D. Luis del Val Hernández, del Consejo de Seguridad Nuclear, que se centrará en el "Impacto de la normativa europea en la legislación española sobre Protección Radiológica".

El día 28 dos cuestiones centrarán el interés de toda la jornada: la Gestión de Residuos Radiactivos y la Vigilancia Radiológica Ambiental. La primera de ellas estará basada en las conferencias pronunciadas por D. Eugenio Gil López (CSN) y D. Jorge Lang-Lentón (ENRESA), que bajo el título "Normativa sobre regulación de residuos radioactivos" y "Gestión de residuos radioactivos en España" respectivamente, intentarán explicar la situación que se está viviendo en estos momentos.

Por su parte, el tema de la Vigilancia Radiológica Ambiental será desarrollado en profundidad por tres conferenciantes: D. Agustín Alonso Santos (Consejo de Seguridad Nuclear) se ocupará de la "Génesis y el desarrollo de la vigilancia radiológica en España"; Dña. Lucila M. Ramos Salvador (Consejo de Seguridad Nuclear) tratará la "Red Espaciada de Vigilancia Radiológica Ambiental en España", y por último, D. José Hernández Armas (Presidente del Comité Científico) que explicará la "Implementación práctica de un laboratorio de la Red Espaciada".

Tras el debate se presentará una nueva versión del protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, el protocolo español de Control de Calidad en Medicina Nuclear y el libro de Transporte de Material Radiactivo, para pasar ya en la jornada de tarde, a presentar las comunicaciones orales y pósters.

El último día del Congreso, 29 de septiembre, se abrirá la sesión con la conferencia sobre Dosimetría impartida por D. Antonio Delgado Martínez (CIEMAT) y D. Ignacio Amor Calvo (Consejo de Seguridad Nuclear) con sus respectivas ponencias "Desarrollos recientes en dosimetría de radiaciones" y "Dosimetría personal: situación actual en España".

La jornada de conferencias se concluirá con el tema de Protección Radiológica del Paciente,

centrado en los trabajos "Protección del paciente en Radioterapia y Medicina Nuclear", de D. Pedro Ortiz López (OIEA), y "Protección del paciente en Radiodiagnóstico, expuesto por D. Elíseo Vañó Carruana (UCM).

A continuación los participantes podrán asistir a la presentación comercial del equipamiento de protección radiológica, para finalizar estos tres días de conferencias con una disertación sobre la situación de la Protección Radiológica en Latinoamérica y la Cooperación que tiene España con este continente en dicha materia.

Por otra parte, la Organización del VIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica ha elaborado un programa alternativo de excursiones para los acompañantes de los asistentes al mismo, que incluye excursiones y visitas a los lugares más emblemáticos de Gran Canaria.

## Nota de la Redacción

La traducción del artículo de Agustín Janssens, sobre "Perspectivas para la protección del Medio Ambiente en la legislación de Protección Radiológica de la Unión Europea" y publicada en el número de RADIOPROTECCIÓN nº 24 Vol.VIII, ha sido realizada por Almudena Real.

## Renovación de los cargos de la Junta Directiva

Como ya se publicó en el número 24 de la revista RADIOPROTECCIÓN, correspondiente al mes de marzo de 2000, en la Asamblea General a celebrar el próximo 27 de septiembre en Gran Canaria, tendrá lugar la renovación de cargos de la actual Junta Directiva. Los cargos a renovar son, Vicepresidente, Tesorero y dos Vocales. De acuerdo al Art. 13 de los Estatutos de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SERP), las candidaturas han de ser propuestas a la Junta Directiva con un mes de anticipación a la fecha anunciada para la Asamblea General, es decir, antes del 27 de agosto próximo, avaladas al menos con al firma de diez socios numerarios. A partir de esta fecha, y al menos quince días antes de la celebración de la Asamblea General, la Junta Directiva comunicará a los socios las candidaturas validadas. Las candidaturas son cerradas y su adaptación y elección están sujetas a los Art. 13 y 14 de los Estatutos.





# DIAGNOSTICO PRECISO, CONECTIVIDAD Y EXPERIENCIA

Sólo una compañía como Fujifilm  
puede ofrecerle estas tres  
características en radiología digital



FUJIFILM ESPAÑA S.A., Departamento de Sistemas Médicos  
Aragón 180, 08011 Barcelona, Tel. 93 451 1515, Fax 93 323 0330  
[www.fujifilm.es](http://www.fujifilm.es) E-mail: [info@fujifilm.es](mailto:info@fujifilm.es)

**FCR 5000**





# Entrevista con **ANTONIO ALONSO** Director General de **TECNATOM**



*La historia de la industria nuclear en España tiene, entre sus primeros exponentes, a Tecnatom. Fundada en 1957, ha sido en muchos casos protagonista de la evolución del sector nuclear en nuestro país.*

*Como parte de la estrategia de futuro, y dentro de su permanente relación con las actividades de protección radiológica en el campo de la formación y de la reducción de dosis, Tecnatom está desarrollando y abordando nuevos servicios en esta materia.*

*Para analizar la evolución, el presente y las perspectivas de futuro de esta empresa, Radioprotección trae a sus páginas a Antonio Alonso, Director General de Tecnatom.*

*La vida profesional de Antonio Alonso ha estado unida a la industria nuclear.*

*En 1972 se incorporó a Tecnatom, donde*

*ha desempeñado funciones de responsabilidad en las áreas de ingeniería, inspección y formación de personal. En 1993 fue nombrado Director General, cargo que ocupa en la actualidad.*

## **CUARENTA AÑOS DE HISTORIA**

La década de los años cincuenta representó el inicio, en España, de actividades tecnológicas e industriales de gran importancia. En ese marco histórico se funda, en 1957, Tecnatom, como un gabinete de estudios y seguimiento internacional del desarrollo y aplicaciones pacíficas de la industria

nuclear. Eran años en los que la energía nuclear daba sus primeros pasos.

Actualmente Antonio Alonso afirma, con la lógica dosis de orgullo, que «Tecnatom es hoy una empresa líder en sus áreas de actividad en el sector energético internacional y se ha convertido en exportador de sus desarrollos tecnológicos.»

En los primeros años, como ocurre con todos los grandes proyectos em-

presariales, la historia de Tecnatom estuvo marcada por algunos hitos fundamentales. El más importante, que representó el inicio de toda una industria en España, fue su destacada participación en la gestión del proyecto destinado a la construcción y puesta en marcha de la primera central nuclear española, José Cabrera, que entró en funcionamiento en 1968.

En 1973, quince años después de su fundación, Tecnatom aborda una nueva etapa coincidiendo con el período en el que se impulsa en España la construcción de las centrales nucleares. Recuerda su Director General que «las empresas eléctricas españolas con intereses nucleares decidieron tener, todas ellas, una participación a partes iguales en Tecnatom, para disponer de una empresa que les permitiera ser independientes de los grandes suministradores internacionales en una serie de servicios críticos para sus centrales.

»En este momento cambió el objetivo de la renovada empresa; y con el fin de adaptarse a las necesidades planteadas para la nueva generación nuclear, como eran el desarrollo de la formación de operadores y de la inspección en servicio de las plantas, se realizaron importantes inversiones que permitieron alcanzar el planteamiento estratégico de la empresa.»

Para Antonio Alonso, «el esfuerzo en el cumplimiento de sus objetivos ha configurado la realidad del Tecnatom actual, que ha mejorado la disponibilidad requerida para los servicios que afectan a la seguridad de las centrales nucleares españolas, que dispone de tecnología propia del más alto nivel y que ha ampliado su participación en el mercado exterior.»

### **DESARROLLO TECNOLÓGICO**

El papel de Tecnatom como empresa de referencia para el sector nuclear español, requiere una permanente actualización y adaptación a



*Un momento de la entrevista. De izquierda a derecha Paloma Marchena, Fernando González ( Jefe de Unidad de Protección Radiológica, Emergencias y Dosimetría de Tecnatom), Antonio Alonso, Matilde Pelegrí y Eduardo Sollet.*

los avances tecnológicos. En este sentido, su Director General afirma que «para Tecnatom, el desarrollo tecnológico constituye uno de sus principios fundamentales, y para ello se ha realizado un continuo esfuerzo en programas de investigación y desarrollo que han hecho posible alcanzar el nivel adecuado para que la empresa figure hoy en día en la vanguardia internacional.

»El reto que en su momento supuso lograr el nivel tecnológico necesario está hoy superado, lo que nos permite la mejora de las actividades, siempre enfocadas a atender las necesidades de nuestros clientes, con la preocupación prioritaria por la disponibilidad y calidad de los servicios.»

Pero los cambios han sido múltiples. «En los primeros años, se enviaba a los profesionales para que adquirieran la formación en los países suministradores y se compraba la tecnología necesaria, pero aprendimos rápidamente, primero a mantener la tecnología y poco después a desarrollarla.

»Pronto se instalaron en Tecnatom los simuladores de los dos tipos de centrales nucleares que existían en España, hecho que marcó un hito im-

portante en la evolución de la empresa, ya que nos permitió ofrecer, desde ese momento, la formación de los profesionales nucleares. Además, pronto empezamos a ser un punto de referencia internacional, dando formación a profesionales de diversos países.

«Otra inversión importante fue la adquisición del primer equipo de inspección de vasijas, que nos permitió obtener un gran conocimiento en el área de la

Inspección en Servicio, y el posterior desarrollo de equipos de tecnología propia. De hecho, ésta es, en la actualidad, una de nuestras líneas de exportación y diversificación fundamentales.

»Cabe destacar también la evolución de otro tipo de actividades, como refleja el crecimiento de la Ingeniería de Operación, que a lo largo de los años ha puesto de manifiesto sus capacidades tecnológicas y la optimización de las técnicas de Pruebas para componentes y equipos con previsible problemas de operabilidad.»

Desde Tecnatom se concede una importancia especial a la Formación. Para Antonio Alonso, «esta actividad la entendemos como un instrumento de motivación personal que genera un afán de superación y de satisfacción por el trabajo bien hecho. En consecuencia, las líneas de actuación más relevantes en esta área se centran en valorar las nuevas tecnologías, actualizar los cursos existentes y desarrollar otros nuevos, incluyendo sistemas de ayuda a la formación como son las maquetas, simuladores de nuevas tecnologías y



plataformas informáticas para la formación del personal, así como para la mejora del comportamiento humano en la operación.

Cabe destacar la importancia de la formación en materia de Protección Radiológica, en la que Tecnatom está situada en unas cotas muy elevadas, desarrollando a lo largo de estos años adecuados programas de adiestramiento y de optimización de procesos para la reducción de dosis, y que, en colaboración con los titulares de las instalaciones nucleares, ha alcanzado un alto grado de madurez y confianza que se deriva de esa gestión optimizada.»

### **LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN TECNATOM**

Llegados a este punto, consideramos de especial interés conocer el desarrollo de la protección radiológica en Tecnatom. «Desde el principio de sus actividades, la protección radiológica ha sido una constante preocupación y motivación de las actuaciones de Tecnatom. Sin embargo, no ha sido hasta fechas recientes cuando nuestra dimensión nos ha permitido desarrollar y abordar todas las áreas de interés para nuestros clientes y para nosotros mismos. Ha sido esta experiencia en las actividades de protección radiológica la que nos ha permitido liderar la presencia española en proyectos internacionales de asistencia y colaboración. Para responder aún de forma más específica, me permito detallar algunas de las actividades más relevantes de Tecnatom en protección radiológica.

»Por un lado, tenemos la formación en protección radiológica bási-



ca y específica de los trabajadores expuestos externos y de plantilla. Tecnatom se ha inscrito, a tal fin, en el registro de empresas externas del Consejo de Seguridad Nuclear. Por otro lado, nuestra experiencia en la preparación de los candidatos para la obtención del título de Jefe del Servicio de Protección Radiológica es bien reconocida, como lo demuestran los dos títulos concedidos recientemente por el Consejo de Seguridad Nuclear a la Central Nuclear de Cofrentes.

»Por otra parte, desde el inicio de sus actividades Tecnatom está participando en el Programa Conjunto de Investigación CSN-Sector Nuclear, no sólo en protección radiológica sino también en residuos y en seguridad nuclear. Merece destacar aquí, por su importancia, el liderazgo europeo que Tecnatom lle-

va en el proyecto ETOILE, para el desarrollo de herramientas modernas de formación de las personas que tienen que tomar las decisiones más relevantes en caso de una emergencia nuclear. Finalmente, cabe destacar nuestra presencia en el Comité Estratégico de Investigación y Desarrollo de Energía Nuclear, recientemente creado por el anterior Ministerio de Industria y Energía, en cuyos grupos están participando profesionales de Tecnatom. Esperamos que el nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología aporte los fondos necesarios para seguir investigando en esta línea».

Para Antonio Alonso, la colaboración directa con las centrales nucleares es fundamental. «Debemos incluso ir por delante de sus exigencias, adaptando nuestros servicios a los cambios tecnológicos y de normativa. En esta área, es relevante también nuestro apoyo a las actividades de recarga en las centrales nucleares, a través de nuestra participación en los programas ALARA de las recargas y en la prestación de personal cualificado para vigilancia y control de trabajos.

»Merece destacar, por su importancia especial, la reciente incorporación a nuestras actividades del Servicio de Dosimetría Personal, cuyo titular era Unesa. Este Servicio, que viene precedido por una experiencia demostrada a lo largo de 14 años de operación, significa para nosotros un reto de futuro al que vamos a dedicar gran parte de nuestros esfuerzos en protección radiológica. Pretendemos actualizar y ampliar sus prestaciones y servicios e incorporar nuevas tecnologías y equipamiento.

«No podemos olvidar tampoco nuestra gran experiencia en planificación de emergencias y simulacros en las centrales nucleares, así como la formación en estos temas y en el desarrollo de procedimientos de aplicación del Plan de Emergencia Interior. Por último, estamos considerando muy seriamente nuestra futura participación en actividades y proyectos de desclasificación y descontaminación».

En suma, Antonio Alonso apuesta por proporcionar servicios de alta tecnología en el campo de la radioprotección, que considera, a la vez, reto y oportunidad dentro de la actividad estratégica de Tecnatom.

### **ACTIVIDADES INTERNACIONALES**

La industria nuclear española ha tenido, desde sus comienzos, un especial interés en participar, de forma activa, en los programas internacionales de carácter científico y tecnológico.

A este respecto, recuerda Antonio Alonso que «fue en 1992 cuando Tecnatom decidió iniciar un proceso de expansión internacional, impulsada por la búsqueda de nuevas oportunidades y mercados, enfrentándose al reto que suponía abrirse camino en actividades internacionales».

«El volumen de negocio en el exterior ha ido creciendo paulatinamente, con un significativo aumento, como se demostró en el pasado ejercicio en el que llegó a representar más del 40% de la facturación de la empresa».

«Además, el proceso de expansión en el mercado internacional se encuentra basado en una decidida política de inversión en investigación y desarrollo que se ha plasmado en

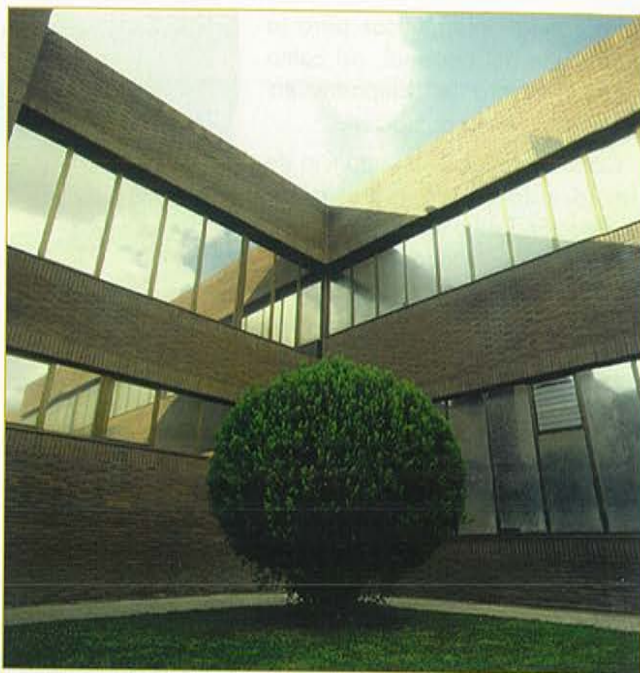
obtener una tecnología propia de un elevado nivel que nos permite actualmente ofrecer productos y servicios plenamente competitivos.

«Mirando al futuro, Tecnatom tiene la firme intención de continuar con su intensa labor de desarrollo de sus recursos humanos y tecnológicos enfocándolos a nuestros clientes nacionales e internacionales para mantener y mejorar la tecnología, disponibilidad y calidad de nuestros servicios y productos.»

### **RELACIÓN CON LAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS**

La participación de las empresas en las asociaciones científicas permite a la propia empresa, y a sus profesionales, el intercambio de información y conocimientos de gran interés.

En esta línea, afirma su Director General que «desde siempre, Tecnatom ha mantenido una estrecha colaboración con la Sociedad Nuclear Española y con la Sociedad Nuclear Europea, así como con el Foro de la Industria Nuclear, todo ello dentro de la lógica de actuación de nuestros intereses. Considerando esos mismos intereses y los de nuestros clientes, nuestra relación con esas sociedades y agrupaciones de interés tecnológico va a



*Vista parcial del edificio de TECNATOM*

seguir siendo intensa.

«Más reciente es nuestra relación con la Sociedad Española de Protección Radiológica y sociedades afines en cuanto a sus actividades profesionales. Somos conscientes de la importancia de la dimensión social que tienen todos los hechos relacionados con la protección radiológica de las personas y del medio ambiente, y en esta línea Tecnatom tiene capacidad tecnológica y conocimientos para apoyar el área de protección radiológica propia y de nuestros clientes, con el fin de garantizar la operación segura de las instalaciones nucleares.»

El interés de Tecnatom por la protección radiológica se pone también de manifiesto en el deseo de participar, como socio colaborador intensamente activo, con la Sociedad Española de Protección Radiológica y con su publicación, la revista Radioprotección.

# Políticas del OIEA sobre Seguridad en la Gestión de Residuos Radiactivos

**Abel J. González**

Director de la División de Radiación y Seguridad de Residuos del OIEA

**Entre los días 13 y 17 de marzo de 2000 se celebró en Córdoba la Conferencia Internacional sobre Seguridad en la Gestión de Residuos Radiactivos. La sesión de Apertura, integrada por representantes de las Organizaciones Internacionales de mayor relevancia en el tema de Residuos Radiactivos, estuvo presidida por Abel J. González, Director de la División de Radiación y Seguridad de Residuos del OIEA.**

**A continuación reproducimos sus interesantes palabras sobre las normas que establece el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en todo lo que se refiere a la Gestión segura de los Residuos Radiactivos.**

Mis primeras palabras en la apertura de esta Conferencia son para expresar la gratitud del OIEA al Gobierno Español, a la administración regional de Andalucía y a las autoridades municipales de Córdoba por haber accedido a ser los anfitriones de nuestra Conferencia en esta localidad tan bella e histórica. En particular, quisiera agradecer a tres organizaciones españolas que han sido el *alma mater* de la Conferencia – me refiero al Consejo de Seguridad Nuclear, a la Empresa Nacional de Residuos Radioactivos, y a la Asociación de Industrias Eléctricas de España.

También quisiera expresar el reconocimiento del OIEA hacia la Comisión Europea y a la Agencia de Energía Nuclear de la OECD por su cooperación con el OIEA en la organización

de esta Conferencia. Inmediatamente después de esta ceremonia de inauguración, ustedes tendrán la oportunidad de oír los puntos de vista de estas organizaciones sobre el tema que nos ocupa. El OIEA reconoce también la presencia de un representante de la Organización Mundial de la Salud, quién presentará la política de esa organización internacional en el tema.

Las actividades de seguridad radiológica del OIEA se basan en las recomendaciones de una organización no gubernamental de características singulares, la Comisión Internacional de Protección Radiológica-ICRP. El OIEA agradece la presencia del Presidente de la ICRP, Profesor Roger Clarke, quien nos presentará la política de esta Comisión en el tema de los residuos radiactivos. El OIEA quisiera agrade-

cer también la presencia del Presidente del Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear -INSAG, Profesor Alec Baer, quien nos presentará la política de seguridad de ese eminente cuerpo consultivo.

También está entre nosotros el Vicepresidente de la ICRP, el Dr. Charlie Meinhold, quien es también el Presidente del Consejo Nacional de Protección Radiológica de los Estados Unidos. El Dr. Meinhold fue Presidente del Simposio Internacional sobre Restauración de Medio Ambientes contaminados con Residuos Radiactivos, que se celebró recientemente en Arlington, EE.UU. y del que el OIEA fue anfitrión. El les resumirá los resultados de tan importante evento. Ustedes ya deben haber recibido el borrador de las actas de ese Simposio cuando

se registraron para participar en esta Conferencia.

Juntamente con los dignatarios españoles presentes y con los oficiales principales de esta Conferencia, es decir, los presidentes, los miembros de los comités de programa y de organización, los relatores y los panelistas, también estarán con nosotros durante esta semana otras personalidades notables. La Comisionada Greta Dicus de la Comisión Reguladora Nuclear de los EE.UU. y el representante permanente de los Estados Unidos ante el OIEA, Embajador Ritch, harán presentaciones especiales. El Presidente de la Junta de Gobernadores del OIEA, Embajador de Quiroz Duarte de Brasil, participará en la mesa redonda sobre movimiento de residuos radiactivos entre fronteras.

Por último, quisiera agradecerles a todos ustedes por su presencia en esta Conferencia y a sus respectivos Gobiernos y organizaciones por apoyar su participación.

La practica nos ha enseñado que los problemas asociados al tema que discutiremos durante esta semana son complejos de resolver. Sin embargo el tópico es relativamente simple de describir.

• Primero, pocos dudan que la fisión nuclear es una fuente de energía limpia y permanente, la que también produce derivados útiles –tales como substancias radiactivas y radiaciones ionizantes– los cuales hoy por hoy son ingredientes esenciales para el bienestar del ser humano y la protección del medio ambiente. Las operaciones nucleares, como en cualquier otra actividad humana, también generan residuos que deben ser gestionados de una forma segura y aceptable para el desarrollo humano.

• Segundo, aunque los residuos radiactivos de la energía nuclear son de varios tipos, parece ser que el problema de gestión más desafiante se ha centrado en la disposición final del llamado '*residuo de alta actividad*'. Así se ha denominado al combustible gastado procedente de reactores nucleares, cuando es considerado como residuo, y a los residuos altamente radiactivos generados por el reprocesamiento de combustible, los que proceden fundamentalmente de los primeros ciclos de procesos químicos.

• Tercero, los problemas tecnológicos para asegurar la gestión segura de los residuos parecen haber sido resueltos. Sin embargo, como resultado de una particular percepción pública sobre los riesgos atribuibles a estos residuos, la disposición final de los residuos de alta actividad se ha hecho invariable en muchas partes del mundo.

• Cuarto, esta interrupción *de facto* en la disposición final de los residuos nucleares parece haber contribuido al estancamiento global que padece actualmente el desarrollo de la energía nuclear. Los residuos no son la única causa de la paralización de las actividades nucleares en muchas partes del mundo -presiones causadas por la competitividad comercial y la inquietud pública sobre el posible mal uso de material nuclear para propósitos militares son otras dos preocupaciones que habitualmente se esgrimen para explicar la situación. Sin embargo, muchos creen que el futuro de la energía nuclear dependerá en gran manera del éxito de la comunidad en resolver los problemas de seguridad asociados con la gestión de residuos radiactivos.

Sería ingenuo suponer que esta Conferencia resolverá todos los pro-

blemas en los cuatro días previstos para las deliberaciones. Sin embargo, dada la calidad y número de participantes en la audiencia, la Conferencia podría perfectamente iniciar un cambio de dirección en la situación actual que podría ser decisivo para revertir las condiciones de estancamiento que padecemos.

Para facilitar sus deliberaciones, permítanme que les presente algunas de las políticas globales básicas que el OIEA ha estado implementando en relación con la seguridad de los residuos radiactivos.

### POLÍTICAS BÁSICAS

La primera política básica a la que quisiera referirme puede enunciarse de esta manera:

*"Los problemas objetivos de seguridad en la gestión de los residuos radiactivos pueden y deben ser resueltos dentro del consenso internacional existente en la disciplina de la seguridad radiológica."*

Esto es así simplemente porque la seguridad de los residuos radiactivos es un asunto de seguridad radiológica.

Es conveniente recordar, y recalcar, que la única característica especial de los residuos radiactivos en comparación con otros residuos humanos es que estos son una fuente de radiación ionizante, la cual puede causar exposición de los seres humanos a la radiación y, en consecuencia, dañar su salud. En principio, por lo tanto, la resolución de los problemas de seguridad asociados a los residuos radiactivos no debería ser diferente, conceptualmente, a la de aquellos presentados por cualquier otra fuente de radiación. En práctica, sin embargo, se ha seguido un enfoque diferente y



curioso con relación a la seguridad de los residuos radiactivos. Mientras que la seguridad de muchas fuentes de radiación no es cuestionada por la sociedad - por ejemplo, la de algunas poderosas fuentes usadas en medicina - la seguridad de fuentes radiación asociadas con la energía nuclear en general, y en particular la seguridad de los residuos radiactivos, ha sido tratada de forma diferente, e incluso dogmática, por muchos.

La política del OIEA con relación a esta curiosa dicotomía ha sido clara, objetiva y eminentemente técnica: El OIEA ha basado sus normas y guías de seguridad en los criterios universalmente aceptados para la seguridad radiológica en general, particularmente en aquellos recomendados por la ICRP.

Mi segundo tema de política básica esta asociado con el anterior:

*"El OIEA se interesa por la seguridad de todos los residuos radiactivos, y promueve el establecimiento de criterios que abarquen de una manera coherente y consistente a todos ellos y no solo a los residuos de alta actividad en forma aislada."*

Hay una tendencia -incluso entre los expertos- de tratar los diferentes tipos de residuos radiactivos de forma muy diferente. Por ejemplo, es muy probable que la mayor parte de las deliberaciones de esta Conferencia se concentre particularmente en los residuos de alta actividad. Es posible que otros residuos radiactivos no sean tratados con el mismo celo. No es habitual que los expertos en residuos radiactivos se interesen en la gestión segura de las así llamadas descargas, es decir los residuos radiactivos que son liberados al medio ambiente, ni tampoco por el te-

ma de los contaminantes residuales, es decir los residuos que permanecen no confinados en el medio ambiente una vez que las operaciones han terminado. Esto no es sorprendente dado que son los residuos de alta actividad, y no las descargas o los materiales residuales, los que incitan controversia y promueven emociones. El público y sus representantes políticos parecen estar muy preocupados por los residuos de alta actividad, pero no muestran generalmente la misma preocupación por la gran cantidad de descargas radioactivas que ya han sido liberadas al medio ambiente, frecuentemente como resultado de operaciones militares, a veces sin un debido control. Me pregunto si sabrán que miles y miles de exabequerelios, esto es 10 seguido de 18 ceros, fueron descargados al medio ambiente en operaciones militares. Tampoco parecen muy preocupados por la gran cantidad de materiales residuales que han quedado abandonados en distintas áreas del mundo como un legado radiológico de la guerra fría, ni por los materiales residuales de las operaciones de minería convencional y de usos de materiales radiactivos naturales. La actitud publica con respecto a los residuos de alta actividad no se compadece con la posición con respecto a las descargas y los materiales residuales. Es de alguna manera irracional y curiosa: objeta la gestión de residuos que por siglos y siglos estarán confinados y aislados del hábitat humano, pero no parece estar interesado en los residuos que ya se han incorporado al medio ambiente.

La política del OIEA con respecto a la seguridad de los residuos radiactivos ha sido de una naturaleza holística. La seguridad de todos los residuos es importante para el OIEA y el pro-

grama de seguridad del Organismo se ocupa de la seguridad de todos los residuos de una manera coherente y consistente con los riesgos radiológicos asociados a los mismos. Dentro del sistema de las Naciones Unidas el OIEA ha tenido una tradición en la implementación de criterios y normas para limitar la descarga de residuos radiactivos al medio ambiente y se ha ocupado de la restauración de sitios contaminados con materiales residuales.

Por supuesto, el OIEA ha dedicado también esfuerzos particulares a los residuos de alta actividad porque juzga que este tema requiere una atención especial. La política de gestión para estos residuos considerada frecuentemente es su disposición en repositorios geológicos profundos, usando un sistema de múltiples barreras de ingeniería y geológicas. La opinión colectiva de los especialistas es que la disposición geológica de los residuos se puede llevar a cabo ya mismo, de una manera muy segura, y haciendo uso de tecnologías disponibles. A pesar de este convencimiento técnico, el desarrollo de programas de emplazamiento de repositorios se encuentra en dificultades en muchos países del mundo si bien parece progresar en otros. La falta de aceptación por parte del público, expresada en la frase '*no en el jardín de mi casa*', continua siendo el mayor obstáculo a la toma de decisiones.

Este tema de la falta de aceptación pública a la disposición final de los residuos radiactivos de alta actividad me permite introducir otro punto de política:

*"El OIEA desea allanar la consecución de consenso entre todas las partes interesadas en la disposición final de los residuos de alta actividad, de*

*manera de facilitar soluciones racionales y universalmente aceptables para todos".*

Quisiera someter a su consideración una propuesta que permitiría facilitar el intercambio, entre las varias partes interesadas en la disposición final de los residuos, de sus diversos puntos de vista sobre este asunto tan controversial. El OIEA está considerando la posibilidad de establecer un Foro internacional que acoja a un amplio rango de partes interesadas, para que puedan considerar mutuamente los variados temas de naturaleza técnica, social y económica asociados con la disposición final de los residuos radiactivos. En ese Foro, las partes que favorecen la disposición y aquellas que se oponen a la misma podrían explorar sus diferencias de una manera racional y objetiva, clara y transparente. Esta propuesta es un intento para zanjar las diferencias existentes en el entendimiento mutuo de estas dos comunidades aparentemente irreconciliables. La premisa del OIEA es que si realmente se aspira a alcanzar un consenso verdaderamente universal, todas las partes interesadas -sean estas los gobiernos, los operadores, la industria, los reguladores, los representantes de la opinión pública, las organizaciones no gubernamentales, etcétera- deben estar involucradas.

Si las deliberaciones de la Conferencia concluyeran que esta es una idea apropiada, el OIEA estaría dispuesta a considerar el establecimiento de ese Foro bajo sus auspicios.

Permítanme ahora introducir una cuestión fundamental que nos llevará a otro importante punto de política:

*¿Deberían las decisiones sobre la gestión segura de los residuos radiactivos depender de nuevos desarrollos tecnoló-*

*gicos, o se debería simplemente tratar de aplicar en la práctica las tecnologías ya disponibles?*

Permítanme decirles que el OIEA desarrolla un activo programa en temas de tecnología de la gestión de residuos radiactivos, el que les será presentado esta tarde por mi colega el Dr. Arnold Bonne. El principal objetivo de ese programa es transferir entre los Estados Miembros del OIEA las tecnologías existentes. Mi posición a este respecto es que ya han sido desarrolladas las tecnologías necesarias y suficientes como para asegurar la gestión segura de los residuos radiactivos -en realidad, estoy tentado a decir que estas tecnologías se han sobre-desarrollado. No parecería necesario desarrollar más tecnología sino que lo que habría que hacer es simplemente aplicar razonablemente en la práctica las tecnologías ya desarrolladas.

No quisiera que construyan de esta declaración, que el OIEA está proponiendo un congelamiento en el desarrollo y la investigación. Esto no es así, ni en el área de la gestión de los residuos radiactivos ni en ninguna otra área del conocimiento humano. La ciencia y la tecnología son conceptos vivientes que evolucionan con el tiempo. La tecnología de mañana será mejor que la de hoy, y la de pasado mañana será ciertamente superior a la de mañana. Lo que sí queremos subrayar es, repito, que la tecnología que disponemos es la necesaria y suficiente como para permitirnos asegurar hoy la gestión segura de los residuos radiactivos.

Este tema de la suficiencia tecnológica existente nos lleva a una cuestión asociada:

*¿Sería mejor proceder ahora con la disposición final de los residuos radiactivos, o sería mejor esperar y ver que*

*nuevos desarrollos tecnológicos nos trae aparejado el futuro?*

La respuesta de muchos expertos es que debemos tomar acción hoy porque "esperar" es la opción más desfavorable. La pregunta obvia de muchas partes interesadas es, ¿por qué? ¿Por qué no esperar y ver que ocurre?. Para los expertos la elección es indisputable. La opción de espera no es deseable toda vez que haya una solución de gestión segura, porque el posponer esa solución causaría dosis de radiación innecesarias que pueden y deben ser evitadas.

Para complicar las cosas aún más, parecería que la política de "esperar a ver que ocurre" está siendo reformulada a medida que varias opciones nuevas son consideradas como parte de las estrategias nacionales. Estas opciones incluyen las así llamadas *recuperabilidad* de los residuos depositados en un repositorio, y *'almacenamiento a largo tiempo'* en instalaciones subterráneas o aún en la superficie. Estas opciones se asocian con la idea que las generaciones venideras querían gestionar los residuos de nuestra generación de una manera diferente e hipotéticamente mejor. Sin duda, que ambas opciones tienen méritos, si bien muchos las consideran un desvío de responsabilidades por parte de nuestra generación.

El OIEA no tiene una política *a priori* sobre estos temas tan complejos y espera ansiosa sus conclusiones y recomendaciones al respecto.

Terminando con este análisis, ciertamente incompleto, de políticas básicas formularé otra muy importante cuestión de política:

*¿Debería la seguridad de la gestión de residuos radiactivos ser un problema puramente nacional o un asunto de preocupación internacional?*





La comunidad internacional parecería que ya tiene un consenso sobre esta cuestión: la responsabilidad última en la seguridad de los residuos radiactivos debe yacer sobre el Estado que ha producido los residuos. Este principio parece suficientemente lógico y irrefutable como para desafiar cualquier discusión. Sin embargo, podría ser un principio cierto pero incompleto. Para muchos hay una contradicción entre la premisa que la seguridad de los residuos radiactivos debe ser mantenida por muchas generaciones por venir y la premisa que el problema debe ser resuelto por instituciones nacionales aisladas del consenso internacional. Los cínicos nos podrían recordar que mientras que nuestros objetivos de protección se proyectan por muchos milenios, la existencia de nuestras instituciones nacionales más antiguas solo se remonta a algunos siglos. Parecería obvio que los impactos a través de fronteras y de generaciones que potencialmente podrían ser atribuidos a la disposición de los residuos radiactivos, los convierten en un candidato natural para acuerdos universales, en oposición a soluciones puramente nacionales.

## RÉGIMEN INTERNACIONAL

Posiblemente este sea el momento subrayar una de las políticas más importantes del OIEA en este tema:

*"El OIEA esta facilitando la creación de un régimen internacional de consenso sobre la seguridad radiológica y nuclear, que comprende la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos."*

El OIEA es por cierto la única organización de la familia de las Naciones Unidas que tiene responsabilidades y obligaciones, específicamente asignadas en su estatuto, sobre la protección de la salud y del ambiente contra los

efectos detrimentales atribuibles a las radiaciones ionizantes. Es quizás por eso que fue casi natural que el OIEA haya resultado la organización internacional que fue elegida por la comunidad mundial como instrumental en la emergencia *de facto* de este régimen internacional.

El régimen comprende tres elementos clave, a saber:

- Compromisos sobre convenciones legalmente vinculantes entre Estados;
- Establecimiento de normas de seguridad internacionales globalmente acordadas; y
- Provisiones internacionales para la aplicación de esas normas.

Me referiré a esos tres elementos por separado.

- Convenciones. Desde hace unos años, las obligaciones entre Estados están jugando un rol crucial en la mejora global de la seguridad nuclear, radiológica y de los residuos radiactivos. El OIEA asiste este proceso facilitando esos acuerdos y llevando a cabo varias funciones una vez que las convenciones se han acordado. Estas funciones incluyen el actuar como Secretariado de las Partes Contratantes de las Convenciones y también el rendir servicios a requerimiento de esas partes. Una de esas Convenciones es la así llamada Convención Conjunta sobre la seguridad de la gestión del combustible gastado y sobre la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos, la cual fue adoptada por los Estados en 1997 y la que lamentablemente todavía no se encuentra operativa porque no tiene el suficiente número de ratificaciones. Les recuerdo que el programa de esta conferencia se ha ajustado a los temas cubiertos por esa Convención.

- Establecimiento de Normas de Seguridad. El OIEA, en cooperación con sus Estados Miembros ha desarro-

llado, establecido y publicado más de 200 normas de seguridad nuclear y radiológica, incluyendo normas sobre la gestión segura de residuos radiactivos. Las primeras normas de seguridad específicas a la gestión segura de residuos radiactivos fueron publicadas pocos años después de la creación del Organismo. En la década del 70, el OIEA creó una serie de normas *ad hoc* denominada 'Normas de Seguridad para Residuos Radiactivos' e identificadas con las siglas RADWASS en inglés. El documento directriz en esa serie es el denominado Principios de la Gestión de los Residuos Radiactivos. Este documento, publicado en 1995, proveyó las bases técnicas para la Convención Conjunta.

- Provisiones para la aplicación de las normas. La estrategia del OIEA para proveer la aplicación internacional de sus normas se centra en cinco áreas de actividad, a saber:

- Fomento del intercambio sistemático de información
- Promoción de la educación y el entrenamiento
- Coordinación del desarrollo y la investigación
- Provisión de asistencia y cooperación técnica
- Prestación de servicios requeridos por sus Estados Miembros para la revisión de la aplicación de las normas por parte de 'pares' o expertos homólogos.

Como conclusión de esta reseña de políticas del OIEA, quiero destacar enfáticamente, que este régimen internacional está a disposición de la comunidad internacional como una herramienta para ayudar a establecer el necesario consenso global sobre la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos y facilitar la solución de los problemas asociados.

# El Programa de normas de Seguridad Radiológica del OIEA

J.L. Butragueño

Oficina de Investigación y Desarrollo.  
Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

## RESUMEN

*La seguridad nuclear y la protección radiológica son disciplinas tecnológicas a las que, desde su inicio, se les ha reconocido un marcado acento internacional. La cultura de seguridad y el principio de seguridad a ultranza abogan asimismo por esta estrecha colaboración internacional. El Organismo Internacional de Energía Atómica de la ONU, con sede en Viena, ha sido especialmente sensible a este aspecto y desde hace varios años dedica un gran esfuerzo a promover una mayor y más estrecha colaboración internacional en relación con la seguridad nuclear y la protección radiológica. Estos esfuerzos se canalizan a través de dos grandes programas complementarios: la promoción de Convenios internacionales sobre seguridad nuclear y gestión de residuos y la reconstrucción de una gran pirámide de normativa, que parte de unos principios fundamentales, se continúa en las normas básicas de seguridad y protección radiológica y se completa con un conjunto de requisitos e información técnica adicional que hacen viable y práctica la aplicación de esos principios más generales. Se describe en este artículo de manera breve el desarrollo de estos programas, en concreto en el programa de desarrollo de normas técnicas, RASS ( Radiation Safety Standars ) según la denominación del propio OIEA, y el trabajo de los Comités a los que se ha encargado el desarrollo de estos trabajos.*

## SUMMARY

*Nuclear Safety and Radiation Protection are technological disciplines whose international character have been recognised since the very beginning. Safety culture and the defense in depth criterium address in the same way this international collaboration. The International Atomic Energy Agency, with headquarter in Viena, is specially sensitive to this aspect and a significant amount of resources has been dedicated to the promotion of a closer international collaboration through the promotion of two complementary programs: the Convention on Nuclear Safety and the Convention on Radwaste Management, and the reconstruction of a great piramide of standars, that starting with Fundamental Principles, is followed with a set of Basic Safety Standars and completed with Safety Requeriments and additional technical information, that provide practical ways to implement the Fundamental Principles. This article describe briefly the RASS Program of the IAEA ( Radiation Safety Standars ) and the work of the Technical Committees established to assess the Director General of the IAEA in this task.*

## INTRODUCCIÓN

Desde el inicio, en la década de los cincuenta, de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear surgió en el ámbito de los diseñadores de sistemas energéticos nucleares la necesidad de contar con documentos técnicos de alta calidad que orientaran y armonizaran los diseños de estos sistemas. Esta necesidad se fue concretando posteriormente, no solo en un conjunto de normas técnicas, sino en un verdadero cuerpo legal, que acabó estableciéndose como marco regulador de obligado cumplimiento a la hora de diseñar, construir y operar una instalación nuclear. De hecho, esta idea básica se incorporó como la primera barrera del principio de seguridad a ultranza: los sistemas nucleares deben diseñarse atendiendo a las mejores normas técnicas disponible por la tecnología en cada especialidad.

Sin embargo, esta cultura de seguridad no fue universalmente aceptada. Los diseños de los reactores de la antigua Unión Soviética no respondieron a esta misma cultura tecnológica y las consecuencias tan costosas del accidente de Chernobyl, sobrepasando las fronteras, han llevado a una profunda reflexión sobre los principios y requisitos tecnológicos de seguridad que se deben exigir a cualquier instalación nuclear, cualquiera que sea el lugar donde se ubique.

El OIEA ha sido la Agencia de la ONU que se hizo eco de esta situación, puesta en evidencia por el accidente de Chernobyl. Las reacciones fueron varias, pero con un objetivo común: lograr un compromiso internacional para que todas las instalaciones nucleares, en todo el mundo, sean diseñadas, construidas y operadas de acuerdo con unos principios y con unos requisitos, también internacionalmente consensua-

dos y fruto de una larga experiencia, de modo que se garantice que no se producirá un nuevo accidente en el que las causas del mismo sean un deficiente y escaso diseño de seguridad.

Este objetivo ha quedado plasmado en el proyecto de la OIEA de construir una pirámide normativa, apoyada simultáneamente por Convenios, firmados y aceptados por todos los países miembros, que constituyan, por un lado, un marco legal de referencia, aunque sin fuerza mandatoria para su cumplimiento (los países firmantes adquieren solo un "compromiso moral") y, por otro lado, una referencia técnica que permita la realización de nuevos diseños con las mayores y mejores garantías de seguridad de las instalaciones y de protección del público y del medio ambiente. Los frutos de este doble enfoque, compromiso legal mediante Convenios y bases técnicas bien consolidadas, se ha extendido también a otras actividades relacionadas con la energía nuclear, como son la gestión de los residuos radiactivos y el uso de fuentes radiactivas en sus múltiples aplicaciones.

El diseño de este proyecto normativo de la OIEA ha consistido en la construcción de una pirámide normativa constituida, a su vez, por dos series o colecciones:

- Colección de normas de seguridad (Safety Standards Series)
- Colección de informes de seguridad (Safety Reports Series)

El objetivo es separar las publicaciones que contienen requisitos y guías, como base para las regulaciones nacionales, o como indicación de como pueden cumplirse requisitos de seguridad, de aquellas otras que se emiten con el propósito de fomentar el intercambio de información en seguridad

## ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LA COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD (safety standards series)

La Colección de Normas de Seguridad comprende en la actualidad los siguientes tipos de documentos:

- *Fundamentos de Seguridad*: Incluyen y definen los objetivos, conceptos y principios básicos que deben regir para asegurar la protección y seguridad en el desarrollo y aplicación de la energía atómica con fines pacíficos.

- *Requisitos de Seguridad*: Establecen los requisitos básicos que deben cumplirse para garantizar la seguridad de actividades específicas que implican la exposición a las radiaciones ionizantes y se basan en los principios establecidos en los Fundamentos. El estilo de redacción es mandatorio, con las características de documentos reguladores. En consecuencia pueden ser adoptados discrecionalmente por los estados miembros como regulaciones nacionales

Guías de Seguridad: Contienen recomendaciones en estilo regulador, apoyando e interpretando los requisitos de seguridad en áreas específicas, para poder dar cumplimiento, en casos concretos, a lo establecido en los Requisitos y los Fundamentos.

## EL PROGRAMA RASS

### Antecedentes

Dentro de la Colección de Normas de Seguridad existe un grupo de publicaciones con estilo regulador, que reflejan el consenso internacional sobre los principios de protección radiológica y seguridad, y su posible aplicación de forma reguladora. Dicho conjunto de documentos se ha denominado RASS (Radiation Safety Standards).

El programa RASS tiene su origen en

las etapas finales de preparación y aprobación de las "Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y para la seguridad de fuentes radiactivas" (BSS). Con tal motivo, en 1994 se inició el proceso de establecer nuevos procedimientos para la elaboración y revisión de todos los documentos relacionados con la seguridad y protección, a fin de armonizar su estructura, formato y contenido.

### Grupos Asesores

En el contexto del proceso de revisión, se analizó la necesidad de que existieran grupos asesores, constituyéndose, finalmente, una Comisión Asesora para Normas de Seguridad (Advisory Commission for Safety Standards, ACSS) y cuatro Comités asesores denominados NUSSAC, RASSAC, TRAS-SAC, WASSAC en relación con la seguridad nuclear, la protección radiológica, el transporte y los residuos, respectivamente.

La Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad (ACSS) es un órgano permanente integrado por funcionarios de categoría superior con responsabilidades nacionales en el establecimiento de normas y otros documentos reguladores relacionados con la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos y del transporte.

La Comisión tiene como función ase-

sorar al Director General en el programa global de normas de seguridad del Organismo y revisar el trabajo de los Comités, los cuales, a su vez, tienen como función asesorar al secretariado en el desarrollo y revisión de las normas de seguridad en su correspondiente ámbito temáticos.

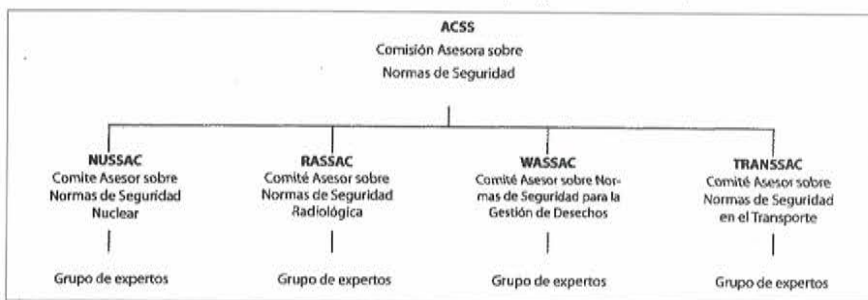
Las funciones de la ACSS son las siguientes:

- Proporcionar orientación sobre el enfoque y la estrategia para establecer las normas de seguridad del OIEA, en particular para asegurar la coherencia y concordancia entre ellas;
- Dar solución a los problemas pendientes que sean remitidos a la Comisión por cualesquiera Comités Asesores; aprobar, de conformidad con el proceso de preparación y examen de las normas de seguridad del OIEA, los textos de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad que se presentarán a la Junta de Gobernadores para su aprobación, y determinar la conveniencia de publicar las Guías de seguridad con la autorización del Director General; y
- Proporcionar asesoramiento y orientación generales sobre cuestiones relativas a las normas de seguridad, cuestiones de reglamentación pertinentes y las actividades del OIEA relacionadas con las normas de seguridad y los programas afines, incluidos los des-

tinados a promover la aplicación de las normas a escala mundial.

Por otra parte, los Comités son órganos permanentes compuestos por funcionarios de categoría superior encargados de la reglamentación, que poseen conocimientos especializados en materia de seguridad nuclear, seguridad radiológica, seguridad de los desechos radiactivos y seguridad en el transporte de materiales radiactivos, respectivamente. Los comités asesoran a la Secretaría en cuanto a los programas en general, y desempeñan una función primordial en el perfeccionamiento y la revisión de las normas de seguridad en sus esferas de seguridad correspondientes. Las funciones de estos Comités Asesores son las siguientes:

- Recomendar el objeto de estudio de los documentos sobre seguridad de los programas del OIEA en materia de seguridad nuclear, seguridad radiológica, seguridad en la gestión de desechos radiactivos y seguridad en el transporte de los materiales radiactivos, y el mandato de los grupos que participan en la elaboración y revisión de esos documentos, con miras a fomentar la coherencia;
- Acordar los textos tanto de las normas que se presentarán a la Junta de Gobernadores para su aprobación, como de las Guías de seguridad que se publicarán con la autorización del Director General, y formular recomendaciones a la ACSS, de conformidad con el procedimiento de preparación y examen de las normas de seguridad del OIEA;
- Proporcionar asesoramiento y orientación sobre un programa continuo de examen y perfeccionamiento de las normas de seguridad y documentos auxiliares; y
- Proporcionar asesoramiento y orientación sobre las normas de seguridad en sus respectivas esferas, cuestiones de reglamentación pertinentes y actividades



Nuevos órganos de asesoramiento para las Normas de Seguridad del OIEA

**TABLA 1. DOCUMENTOS RASS**

TABLA 1. DOCUMENTOS RASS					
FUNDAMENTOS	Radiation Protection and the Safety of radiation Sources; SS120				
REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, WHO International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources; SS115</li> <li>• Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y la Seguridad de las fuentes de Radiación (BSS) (SS115) International Requirements for Nuclear and radiation Emergency Preparedness and response (nuevo documento)</li> </ul>				
GUIAS	PRÁCTICAS		INTERVENCIONES		
GENERAL	Ocupacional	Público	Médico	Exposición crónica	Emergencias
Operational radiation Protection: A Guide to Optimization SS101	Assessment of Occupational Exposure due to External Sources of Radiation	Consumer Products Containing Radioactive Materials	Radiation Protection Medical exposures	Application of the Principles of Radiation Protection to Chronic Exposure	Criteria for Use in planning Response to Nuclear and Radiological Emergencies[rev. SS109]
Radiation safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities SS107	Radiation Protection of Workers in the Mining and Processing of Raw Materials				Preparedness for Nuclear and Radiological Emergencies;
Application of the Radiological concepts of Exclusion Exemption and Clearance	[rev. SS89] Occupational Radiation Protection				[rev. SS50-SG-G6, SS50-SG-06, SS98]
[rev. SS89] Preventing, Detecting and Responding to Illicit Trafficking in Radioactive Materials	Assessment of Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides				
Regulatory Infrastructure for Protection against Ionizing radiation and for the Safety of Radiation Sources					
Training in Radiation Safety and protection					
QA in Radiation Safety					
Safety on Radiation Sources					

dirigidas a apoyar la aplicación a escala mundial de las normas de seguridad del OIEA en esas esferas.

El Comité denominado RASSAC (Radiation Safety Standards Advisory Committee) es el encargado de suministrar asesoramiento al Secretariado en el programa de protección radiológica y en el desarrollo y revisión de las normas de seguridad radiológica RASS.

RASSAC está constituido por representantes de Organismos Reguladores de países miembros del OIEA y tiene las siguientes funciones:

- Recomendar los términos de referencia de los documentos del programa RASS, convenir en los textos, suministrar asesora-

miento y guía en temas de su competencia e identificar y asesorar en cualquier actividad necesaria para apoyar el programa de seguridad radiológica.

En 1999 ha comenzado el segundo periodo de trabajos del Comité, y se ha modificado la composición de países con representación en el mismo. En la actualidad está constituido por representantes de Organismos Reguladores de 19 países miembros del OIEA. Adicionalmente, a las reuniones del Comité asisten como observadores representantes de 7 organizaciones internacionales.

La TABLA 1 contiene una breve descripción de las funciones de cada uno de estos Grupos, tal y como se presentan en el

Boletín de la OIEA Vol 40. nº 2 1998.

### **Documentos constitutivos del programa RASS**

El programa actual relativo a los documentos RASS ha sido endosado por RASSAC y se encuentra en fase de desarrollo. Está constituido por los documentos que a continuación se indican, los cuales se detallan en la tabla 1:

- **Fundamentos de Seguridad "Protección Radiológica y Seguridad de fuentes de radiación" (SS120)**

Fue aprobado por la Oficina de Gobernadores en 1995 y contiene los principios que se desarrollan, en estilo regulador, en las BSS.

- Requisitos de seguridad

*" Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y la Seguridad de las fuentes de Radiación " (BSS) (SS115)*

Tras su aprobación por la Oficina de Gobernadores fue publicado en 1996. Establece los requisitos básicos de protección radiológica y seguridad, específica obligaciones y responsabilidades y dispone los requisitos aplicables a prácticas e intervenciones.

Se basa en las recomendaciones de ICRP y es el producto de una amplia colaboración (IAEA-FAO-ILO-NEA/OECD-PAHO y WHO)

*"Requisitos para la preparación y respuesta en emergencias nucleares y radiactivas" (nuevo documento)*

- Guías de Seguridad

Se han definido hasta la fecha 17 documentos agrupados bajo tres epígrafes: Temas Generales; Prácticas (ámbito ocupacional, médico y público) e Intervenciones (exposición crónica y emergencias). De dichos documentos, 11 se consideran temas nuevos, 4 constituirán la revisión de documentos existentes y los 2 restantes son documentos publicados con anterioridad.

### **Estado del programa**

Durante el primer periodo de trabajos de RASSAC se ha producido el siguiente avance en los documentos:

- Requisitos de seguridad

Se está desarrollando un nuevo documento en el ámbito de la preparación y respuesta ante las emergencias con el fin armonizar las actuaciones en los distintos campos.

- Guías de Seguridad

Se ha finalizado los trabajos, y se prevé la publicación en 1999, de un grupo de tres guías que contienen aspectos relativos a la protección radiológica ocupa-

cional. La primera fija las bases para el establecimiento de un programa efectivo de protección de los trabajadores, y se complementa con otras dos que suministran requisitos específicos para la evaluación de la exposición externa y contaminación interna de los trabajadores. Estas guías se complementarán con otra relativa al control integrado de las exposiciones debidas a radiación natural y artificial en la minería y procesado de materias primas.

Se está desarrollando una nueva guía para ayudar a los estados miembros en el establecimiento de la infraestructura reguladora adecuada a lo requerido por las normas básicas de seguridad.

La seguridad de los productos de consumo conteniendo material radiactivo es el objeto de otra guía que, si bien, se encontraba en una fase muy avanzada, está siendo objeto de consideración adicional para asegurar su consistencia con el contenido de la guía sobre exención que también está siendo revisada. Esta nueva guía también considerará los principios de exclusión y desclasificación.

Se está elaborando una nueva guía a fin de desarrollar los requisitos de las BSS respecto a la seguridad de las fuentes incluyendo la revisión de un safety report sobre exposiciones potenciales.

Los aspectos relativos a la protección de los pacientes durante la exposición con fines médicos, se están recogiendo en una guía que es copatrocinada por los principales organismos sanitarios internacionales.

Como parte del programa general para combatir el tráfico ilícito de materiales radiactivos, se ha desarrollado una guía, copatrocinada por la Organización Mundial de Aduanas, para ayudar en el control fronterizo de dichos materiales.

Los requisitos de formación y entrenamiento contemplados en las BSS para el

personal relacionado con el manejo de material o residuos radiactivos, está siendo contemplado en una guía que además incluye programas para la formación post-graduada en seguridad y protección.

Una nueva guía cubriendo todos los aspectos de planificación en la respuesta a las emergencias incluirá la revisión de la guía existente, que se desarrolló en paralelo a las BSS; también incorporará y reemplazará otras guías algunas de las cuales están incluidas en la serie de seguridad nuclear. Otra nueva guía versará sobre la preparación de emergencias nucleares y radiológicas y a su vez incorporará la revisión de guías publicadas.

### **CONCLUSIONES**

En su conjunto, el programa RASS contiene publicaciones redactadas en estilo regulador, las cuales reflejan un consenso internacional en los principios de la protección radiológica y la seguridad. Mientras que muchos de los documentos se han previsto para su uso por los países en vías de desarrollo, la serie entera debería servir como una guía útil sobre el estado del arte internacional para todos los estados miembros.

Como consecuencia de los trabajos desarrollados y los previstos, se espera conseguir un conjunto coherente y consistente de documentos, no solo en lo que respecta a la serie RASS, sino también en cuanto a los documentos del resto de las series que contienen algún aspecto relacionado con la protección radiológica.

El CSN, además de tener una participación activa en el desarrollo del programa, mediante representación en el Comité, está efectuando un seguimiento de detalle de los documentos y su contenido a fin de analizar la vía más adecuada para su difusión y aplicación en nuestro país.

# Evolución del Estado Radiológico de una Central Nuclear en fase de Desmantelamiento y Clausura

M<sup>a</sup> T. Ortiz\*, M. Ondaro\*, I. Irún\* y J. Just\*\*

\*ENRESA

\*\* HIFRENSA

## RESUMEN

Desde el punto de vista de Protección Radiológica, la etapa global del Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) de la C.N. Vandellós-1 (CN-V1) no puede considerarse aisladamente sin tener en cuenta la evolución, desde los estadios anteriores, de las características radiológicas de la Instalación y del propio Emplazamiento.

La ejecución del PDC constituye en nuestro país la primera experiencia de DyC de una central nuclear, así como en Europa ya que por su tipo de tecnología, país de referencia y potencia instalada, es pionera y referencia para futuros trabajos y proyectos.

Se estudiaron tres alternativas de DyC:

- Mantenimiento indefinido en situación de parada segura.
- Nivel 2 de desmantelamiento (Estructura del reactor e internos).
- Desmantelamiento inmediato a Nivel 3 (Liberación total del terreno).

La alternativa elegida fue la de alcanzar el Nivel 2, que supone liberar el 80% del emplazamiento, mantener el 20% restante como zona bajo control del Titular (ENRESA) y alojar el reactor en una nueva estructura de protección de intemperie y expedir los residuos radiactivos presentes en los edificios y sistemas demolidos.

Además, con el hecho de ser un tipo particular de central de uranio natural-grafito-gas (UNGG) y de haberse realizado la transferencia de la Titularidad responsable para el desmantelamiento (de HIFRENSA a ENRESA), lleva a unas consideraciones previas que, a efectos de este artículo, se recopilan en las denominadas:

- a) Fase anterior a la transferencia,
- b) Fase de preparación, y
- c) Fase de desmantelamiento.

En este artículo se desarrolla la experiencia del DyC de la central nuclear de Vandellós 1, considerada desde un punto de vista esencialmente radiológico y en función de la evolución radiológica del "término fuente" desde el momento de la parada definitiva de la central en octubre de 1989.

## SUMMARY

From the point of view of Radiological Protection, the overall Decommissioning and Dismantling (D&D) Plan of a Nuclear Power Plant cannot be considered in isolation, without considering the evolution of the radiological characteristics of the installation and the site itself from previous, during and final states.

This experience of D&D is the first in Spain and in other European countries due to several aspects: 1) the reference reactor technology, 2) total gross power, and 3) management of a great amount of materials to be released.

Three decommissioning alternatives were studied:

- Indefinite maintenance in shutdown state, Stage 1.
- Stage 2 for the defuelled reactor vessel and contents, with decontamination of most of the rest of the site.
- Immediate dismantling to Stage 3

Stage 2 was the alternative selected with the release of 80% of the site, keeping the remaining 20% of the site as a regulated area, housing the reactor vessel in a new structure and removing the radioactive waste.

The above, along with the fact that this is a specific type of natural uranium-graphite-gas plant (NUGG) and that ownership of the facility has been transferred for dismantling (from HIFRENSA to ENRESA), implies a series of preliminary considerations that, for the purposes of this article, are compiled in the following aspects:

- a) Preliminary phase prior to transfer,
- b) Preparatory phase, and
- c) Dismantling phase.

This paper describes aspects under the D&D experiences at CN-V1 NPP, now in progress, from the point of view of the radiological aspects in relation with the continuous updating of the source term. Operative Radiological nuclide vectors, applicable in the Radiation Protection tasks, are also commented to prevent and evaluate several risks during the execution of the works.

Finally, there is a description of the results obtained from the work performed to decay the three actual nuclide vectors, to evaluate and obtain activity calculations for the release of the materials from D&D, and the evolution of the radionuclides ratios with time until the end of Stage 2.

## Introducción

Una de las responsabilidades asignadas a ENRESA, que se recogen en el Real Decreto 1522/1984, artículo 2º, apartado c) es la gestión de las operaciones derivadas de la clausura de instalaciones nucleares y radiactivas. Es por ello, y debido a causas que posteriormente se explican por lo que se están acometiendo, en la Central Nuclear de Vandellós 1 (CN-V1), los trabajos de dismantelamiento y clausura (DyC), según se establece en el Plan de Dismantelamiento y Clausura (PDC).

La ejecución del PDC constituye en nuestro país la primera experiencia de DyC de una central nuclear, así como en Europa ya que por su tipo de tecnología, país de referencia y potencia instalada, es pionera y referencia para futuros trabajos y proyectos.

Se estudiaron tres alternativas de DyC:

- Mantenimiento indefinido en situación de parada segura.
- Nivel 2 de dismantelamiento (Estructura del reactor e internos).
- Dismantelamiento inmediato a Nivel 3 (Liberación total del terreno).

La alternativa elegida fue la de alcanzar el Nivel 2, que supone liberar el 80% del emplazamiento, mantener el 20% restante como zona bajo control del Titular (ENRESA) y alojar el reactor en una nueva estructura de protección de intemperie y expedir los residuos radiactivos presentes en los edificios y sistemas demolidos.

Una vez alcanzado el nivel 2, comenzará un periodo de latencia de aproximadamente 30 años, al final del cual habrá disminuido muy significativamente la actividad de las estructuras del núcleo del reactor y se alcanzarán las condiciones más apropiadas para

acometer su dismantelamiento.

En este artículo se desarrolla la experiencia del dismantelamiento en curso de la central nuclear de Vandellós 1, considerada desde un punto de vista esencialmente radiológico y en función de la evolución radiológica del "término fuente" desde el momento de la parada definitiva de la central en octubre de 1989.

## Aspectos Radiológicos de la operación de CN-V1

La central nuclear de Vandellós 1 es de tecnología uranio natural-grafito-gas (modelo francés), con la estructura integrada del reactor y cambiadores de calor en el recinto de contención de hormigón. El sistema de manutención del combustible es adaptable a potencia y al recinto del reactor para efectuar la carga y descarga en funcionamiento del mismo, con un sistema de vigilancia permanente de actividad de los descendientes sólidos de los gases de fisión (Kr, Xe) asociado a todos los canales de combustible del núcleo del reactor para la detección, en tiempo real, de roturas de vaina en el mismo.

La operación de la central se ha caracterizado por las peculiaridades radiológicas siguientes:

- Almacenamiento temporal del combustible irradiado en piscinas (para enfriamiento previo a su reexpedición), con la ocurrencia en ellas de roturas de vaina, estuchándose el combustible



Trabajos de dismantelamiento y descontaminación. Celda de combustible

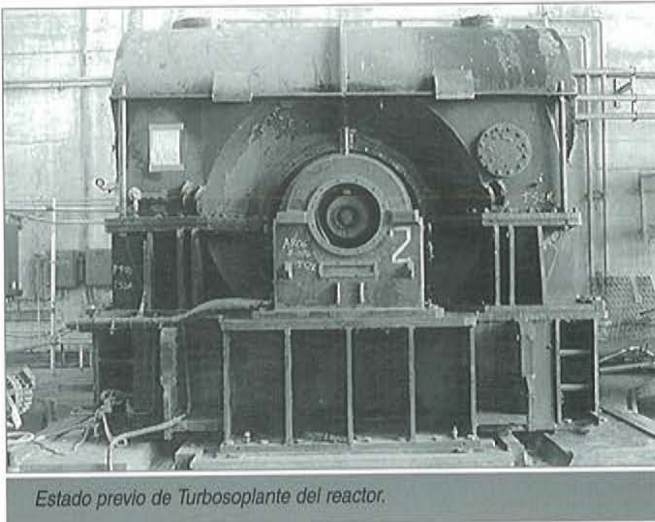
afectado en la "celda de actividad" asociada y tratándose el agua para su descontaminación en la planta de tratamiento de efluentes, por resinas de intercambio iónico selectivas para cesio (Cs-137, Cs-134).

- Necesidad de consideración de los productos de fisión y de los actínidos emisores  $\alpha$ , en los sistemas asociados a las piscinas y tratamiento de efluentes, a partir de la ocurrencia de las citadas roturas de vaina, debido a la polución de las mismas por las reacciones exotérmicas del uranio metálico con el agua.

• Escasa significación de la actividad de halógenos en los fluidos y efluentes asociados al reactor, manteniéndose también en ellos muy baja la aportación de productos de fisión y transuránidos, debido a la acción combinada del sistema de detección de rotura de vainas con el de descarga inmediata del combustible afectado, con el reactor en funcionamiento.

- Significación particular, por el tipo específico de central, del C-14 y del H-3, producido este último por activación de las impurezas de Litio del grafito en el núcleo del reactor.

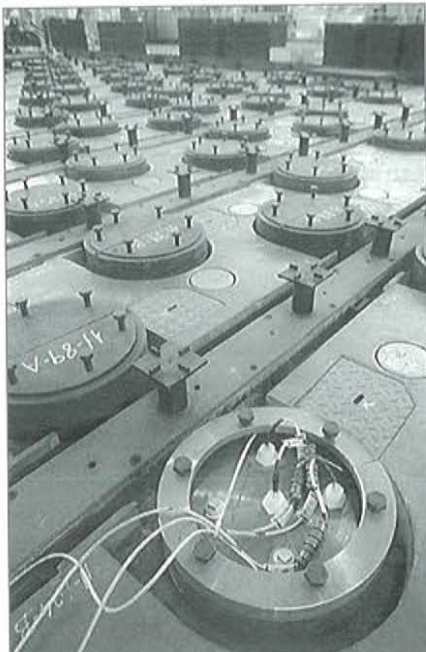




Estado previo de Turbosoplante del reactor.

• Producción de residuos característicos de este tipo de central :

- Camisas de grafito del combustible (portadoras de un estribo con hilos de acero fuertemente irradiados en Co-60).
- Polvo de grafito y otras impurezas recogidos en los filtros ciclones de purificación del gas primario, acumulados durante todo el periodo de operación.



Instrumentación de prueba de estanqueidad del cajón del reactor. Losa superior

- Absorbentes de humedad (silicagel) del sistema de depuración del gas primario.
- Piezas irradiadas asociadas al sistema de manutención del combustible.
- Filtros y resinas de los sistemas de tratamiento del agua de piscinas y efluentes.

### Fases de la Clausura

Desde el punto de vista de la PR, la etapa global del PDC no puede considerarse aisladamente sin tener en cuenta la evolución, desde fases anteriores, de las características radiológicas de la Instalación y del propio Emplazamiento.

El hecho de ser un tipo particular de central de uranio natural-grafito-gas (UNGG) y de haberse realizado la transferencia de la Titularidad responsable para el desmantelamiento (de HIFRENSA a ENRESA), lleva a unas consideraciones previas que, a efectos de este artículo, se recopilan en las denominadas:

- a) Fase previa,
- b) Fase de preparación, y
- c) Fase de ejecución.

Ésta última es en la que se centran de lleno los trabajos correspondientes al PDC, en curso actualmente, finalizarán con el Nivel 2 y darán inicio a la nueva etapa inicial del Nivel 3 (Fase de Latencia). Los objetivos globales principales del desmantelamiento de una CN son:

- Liberación radiológica del emplazamiento,

- Desclasificación de materiales y terrenos,
- Gestión controlada de los materiales

#### a) FASE PREVIA

Se recogen aquí las actividades realizadas por HIFRENSA con anterioridad a la fecha de la transferencia de la titularidad a ENRESA (Feb-98), que tienen una significación radiológica,

- Liberación del combustible nuclear,

Durante los 4 años posteriores a la parada definitiva se produjo la retirada del combustible nuclear de la Instalación y en sucesivos envíos al exterior se liberó el emplazamiento de dicha fuente.

- Acondicionamiento de los residuos de Operación en la que se produjeron la descarga de fluidos y limpieza de Sistemas y Funciones activas. El estado final fue el siguiente:

- Estuches de piezas irradiadas depositadas en pozos subterráneos de alojamiento.
- Silo de bidones con ocupación parcial de bidones de residuos tecnológicos varios.
- Silos de Grafito y fosas de resinas, vacíos. Grafito en contenedores en Almacén Temporal.

#### b) FASE DE PREPARACIÓN

Se describen los trabajos principales ejecutados teniendo en cuenta la importancia de su implicación sobre la PR.

- Vaciado del agua y limpieza de la Nave de Piscinas, una vez evacuado del emplazamiento el combustible nuclear. Estas actividades incrementan los vertidos de efluentes líquidos así como los residuos generados en el tratamiento de los mismos.

- Campañas del Estudio Radiométrico de la Instalación, tienen por objeto disponer de un conocimiento

**CUADRO 1.- ESTADO RADIOLÓGICO DE LA INSTALACIÓN**

Zonas Reglamentadas	Riesgo Radiológico	Estado
1.-Cajón del Reactor	Irradiación / Contaminación Z. Roja	- Cerrado. Ambiente interno en aire. - Combustible descargado.
2.- Nave de Reactor y Locales Auxiliares (CO2)	Irradiación / Contaminación Z. Amarilla (Nave Z. Libre)	- Material radiactivo depositado en algunas zonas.
3.- Edificio BCI: (Locales de manutención del combustible, esclusa del combustible, locales de tratamiento de agua de piscinas).	Irradiación/Contaminación ZZ. Rojas/ Amarillas	- Esclusa y locales del combustible cerrados - Combustible evacuado
4.- Nave de Piscinas y celda caliente	Irradiación/Contaminación ZZ. Rojas/ Amarillas	- Piscinas vacías de agua. - Material contaminado en una de ellas. - Celda caliente (MEC), cerrado.
5.- Edificio BIC: Estación de efluentes, locales de descontaminación de material y planta de embidonado de resinas.	Irradiación/Contaminación ZZ. Amarillas/ Verdes	- Material activo diverso depositado en ellas. - Fosas de resinas vacías. - Resinas evacuadas del Emplazamiento.
6.- Silos de Grafito	Irradiación/Contaminación ZZ. Amarillas/ Verdes	- Silos 1,2 y 3, vacíos de grafito y cerrados.
7.- Taller de Tratamiento del Grafito (ATC).	Irradiación/Contaminación ZZ. Rojas, Amarillas, Verdes	- Instalación parada. - Celda de descarga y trituración, cerradas.
8.- Almacén contenedores de grafito (ATOC).	Irradiación ZZ. Amarillas y Rojas	- Cerrado, albergando los contenedores de grafito.
9.- Zonas del emplazamiento afectadas	Irradiación Z. Vigilada	- Alrededores del almacén de grafito y BIC. - Balizadas a 2,5 µSv/h
10.- Varios: - Taller eléctrico - Silos Grafito (zona contigua)		- Material radiactivo depositado transitoriamente - Material radiactivo depositado transitoriamente

Otras Zonas radiológicas: Silo de Bidones, Lavandería Activa y Pozos de almacenamiento de residuos.

radiológico de todo el emplazamiento e instalaciones orientado a su desmantelamiento, a partir de las medidas experimentales en edificios, paramentos, componentes de funciones o sistemas (convencionales y radiológicos) y áreas exteriores. En esta fase se llevaron a cabo dos campañas en 1993 y 1995, realizándose análisis y medidas en campo. Las medidas realizadas fueron niveles de radiación gamma y medida de la contaminación alfa/beta en aire y superficies. Sobre las muestras tomadas se han realizado determinaciones por espectrometría gamma, así como análisis específicos para determinar emisores alfa y beta débiles. Durante el año 98 se realizó una ampliación del estudio radiométrico con objeto de servir como finalización de la campaña anterior así como de pre-

paración de trabajos específicos a realizar. En esta campaña se produce un solape cronológico habiéndose producido la transferencia a ENRESA.

El resumen del estado radiológico de las principales zonas de la Instalación, al final de esta etapa en el momento de la transferencia era el que se resume en el cuadro 1.

**c) FASE DE EJECUCIÓN**

Uno de los objetivos fundamentales del desmantelamiento es garantizar que se realiza una adecuada gestión de materiales. Los trabajos de desmantelamiento se han agrupado en las siguientes cinco áreas funcionales,

- Producción,
- Descontaminación.
- Desclasificación.

- Gestión de materiales convencionales y desclasificados.

- Gestión de Residuos Radiactivos.

La gestión de los materiales comienza en la denominada fase o área de producción, en la que si es necesario los materiales son desmontados, troceados y descontaminados. En todos estos procesos PR establece los controles necesarios para garantizar la bondad del proceso y la protección de los trabajadores.

Estos materiales convenientemente clasificados, son enviados (según criterios de PR) bien al área de gestión de residuos radiactivos o bien al de desclasificación, desde el cual, si efectivamente se confirma que el material cumple los criterios establecidos para ser desclasificado, pasarán al área de gestión de materiales desclasificados.

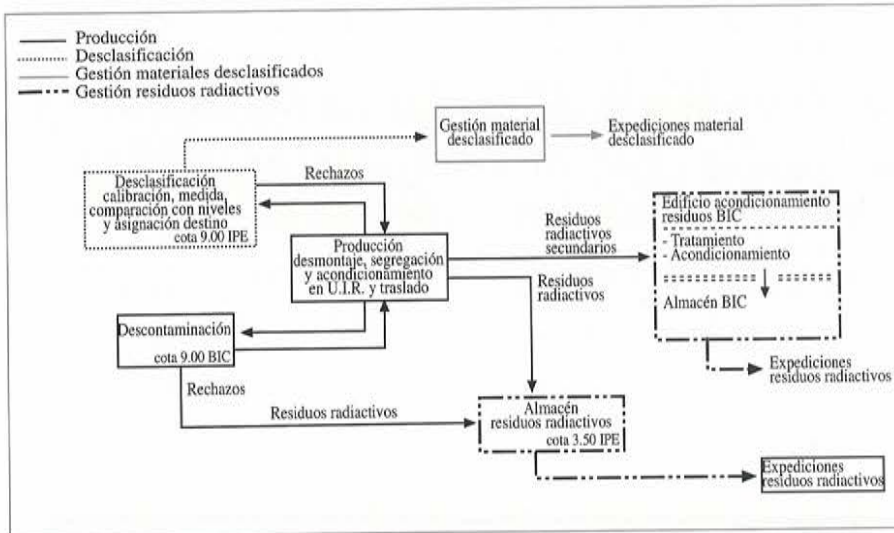


Figura 1 - Diagrama genérico del proceso de desmantelamiento.

Los trabajos desarrollados en cada una de estas áreas tienen carácter multidisciplinar, e involucran generalmente a varias unidades organizativas o departamentos: Ejecución, Operación/Mantenimiento, Protección Radiológica y Seguridad, Control de Materiales. En la Figura 1 se resume el esquema de gestión de materiales.

### Implicaciones Radiológicas

Las implicaciones radiológicas de conjunto de las diferentes acciones asociadas a las fases indicadas son:

- La realización simultánea, continua y evolutiva de los trabajos de desmantelamiento en las diversas zonas radiológicas de la Instalación, conducente a una reconfiguración radiológica, zonal y de accesos adaptada, así como de sus sistemas de Vigilancia de la Radiación.
- La evolución progresiva y cambiante del estado radiológico de las instalaciones, con las siguientes peculiaridades:
  - Niveles de irradiación bajos en general, siendo más significativos en los

trabajos de descarga de circuitos, extracción de filtros y acondicionamiento de residuos.

- Niveles de contaminación, aunque evolutivos a la baja, a tener en cuenta permanentemente durante todos los trabajos, particularmente los niveles de contaminación superficial y ambiental asociados a los trabajos de limpieza y desmontaje / desmantelamiento de los sistemas de piscinas del combustible irradiado y tratamiento de efluentes.

- Producción de efluentes gaseosos debidos a los sistemas reconfigurados de ventilación y líquidos debidos a los trabajos de limpieza y descontaminación de los sistemas, materiales, instrumental y equipos.

- Producción de residuos, fundamentalmente tecnológicos, además de los materiales propios del desmantelamiento.

Todo ello conduce a una reorganización adaptada de Protección Radiológica en la que cabe significar el refuerzo del personal adscrito al Servicio PR, a todos los niveles, con el dimen-

sionado de las áreas funcionales ALARA y Oficina Técnica; la reconfiguración radiológica de la Instalación con la implantación de una nueva logística de accesos y nuevo acceso modular a las zonas radiológicas; la implantación de un nuevo laboratorio de medidas de radiactividad, nuevo sistema de vigilancia y control, así como de un nuevo sistema de dosimetría operacional de tipo digital. Así mismo, han debido revisarse tanto el listado como el contenido de los procedimientos PR, así como la documentación básica de Protección Radiológica (Manual PR, Manual de Cálculo de Dosis al Exterior, y Plan de Vigilancia Radiológica del Medio Ambiente).

Finalmente, con respecto a la evolución del término fuente y espectros radiológicos derivados hay que mencionar la mayor significación relativa, pasados diez años desde la parada de la central, de los emisores  $\beta/\beta$ -débiles de período medio (H-3, Pu-241) y de período largo (C-14, Ni-63, Sr-90), así como de los emisores  $\alpha$  (Am-241, Pu-239, Pu-238), una vez decaída la actividad, significativa en operación, de los isótopos de vida corta (productos de activación, principalmente).

La caracterización radiológica realizada a los efectos, basada en determinaciones analíticas, ya indicada anteriormente, así como su orientación específica a la gestión de materiales del desmantelamiento conduce a los dos tipos de espectros radiológicos que se indican y que se desarrollan en los puntos siguientes:

- Espectros radiológicos operativos, de aplicación a la PR-operativa y efluentes.
- Espectros radiológicos de materiales, de aplicación a los materiales a desclasificar y residuos radiactivos derivados.

## Espectros Radiológicos

### • ESPECTROS RADIOLÓGICOS OPERATIVOS

Se detallan en los cuadros, (2-a) para contaminación superficial, y (2-b) para contaminación ambiental, medidas máxicas y volúmicas. En ellos se recogen las proporciones isotópicas relativas de actividad con respecto al radionucleido de referencia indicado.

Se consideran independientemente los emisores  $\beta$ ,  $\gamma$  (incluido el Fe-55 y excluido el Pu-241) de los emisores  $\alpha$ , de acuerdo con la práctica operativa de Protección Radiológica. El Pu-241 se considera en relación con el Am-241, por estar asociado en su génesis a los actínidos. Se incluyen además otras relaciones de actividad de interés operativo, tales como:  $\beta/\alpha$ ; Sr-90/Cs-137;  $\alpha/\text{Am-241}$ . Todos los datos están actualizados a 1999, habiéndose considerado el Y-90 en equilibrio con el Sr-90, así como la generación de Am-241 por filiación del Pu-241.

En la aplicación de los citados espectros a la PR operativa, cabe destacar:

- Escasa significación de los Límites Derivados de Contaminación beta-gamma para el Fe-55, Ni-63 y Pu-241 con respecto a los de referencia habitualmente utilizados en la calibración de la instrumentación.

- Incidencia del Pu-241 en un 25% en los Límites Derivados de Contaminación alfa (adopción de un LDCA, para  $\alpha + \text{Pu-241}$ , de 0.06 Bq/m<sup>3</sup> en lugar de 0.08 Bq/m<sup>3</sup>).

### • ESPECTROS RADIOLÓGICOS DE MATERIALES

Un aspecto fundamental y crítico en la gestión de materiales para desclasificación es medir, estimar, calcular y comparar los valores de actividad con los valores derivados de desclasificación. Este proceso se basa entre otros,

en asignar (a los materiales a gestionar) espectros radiológicos que mediante factores de escala permitan derivar valores de los radionucleidos no medibles con los detectables con los equipos de desclasificación industrial.

Esta asignación de espectros se realiza en base a una clasificación inicial de sistemas y funciones según el proceso de fluidos. En CN-V1 se han considerado y agrupado en los siguientes espectros:

#### a) Origen general (fluido gaseoso)

Pertencen a este espectro las:

- Funciones de Refrigeración del gas primario por CO<sub>2</sub>, ventilación en parada y ventilación general de locales.

- Funciones para la Detección de rotura de vainas.

- Funciones relacionadas con la Máquina Integrada y esclusa del combustible irradiado.

El isótopo predominante es el H-3 (87%), que junto con el C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Cs-137 y Pu-241 constituyen el 99%. El isótopo beta-gamma predominante es el Co-60 (0.5%) y son de escasa significación el Am-241, Pu-238/239, Sr-90, Cs-134 y Nb-94 entre otros.

#### b) Origen Piscinas-BCI (fluidos líquidos combustible irradiado)

Pertencen a este espectro las:

- Funciones en contacto con fluidos relacionados con el almacenamiento en piscinas del combustible irradiado y ventilaciones asociadas.

El isótopo predominante es el Pu-241 (56%), que junto con el H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, Cs-137, Eu-154/155, U-234/235/238, Pu-238/239 y Am-241, alcanzan el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Eu-154 (3,11%) y son de escasa significación el Cs-134, U-234/235/238, Mn-54 y Nb-94 entre otros.

#### c) Origen Efluentes Líquidos (fluidos líquidos)

Pertencen a este espectro las:

- Funciones en contacto con fluidos líquidos de sistemas de tratamiento y evacuación de efluentes.

En este caso el isótopo predominante es el Cs-137 (31%), que junto con el H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, I-129, Ce-144, Eu-154, U-234/235/238, Pu-238/239/241 y Am-241, alcanzan aproximadamente el 99%. El isótopo beta-gamma dominante es el Cs-137 (31,3%) y son de escasa significación el Cs-134, U-235/238, Cm-242/244 y Nb-94 entre otros.

Estos espectros están enfocados a la gestión de materiales provenientes de todos los sistemas y funciones. Adicionalmente, es necesario realizar igualmente, una asignación de espectros de las diferentes áreas, locales y edificios con objeto de gestionar materiales de las corrientes de escombros y hormigones.

## Evolución temporal de los Espectros

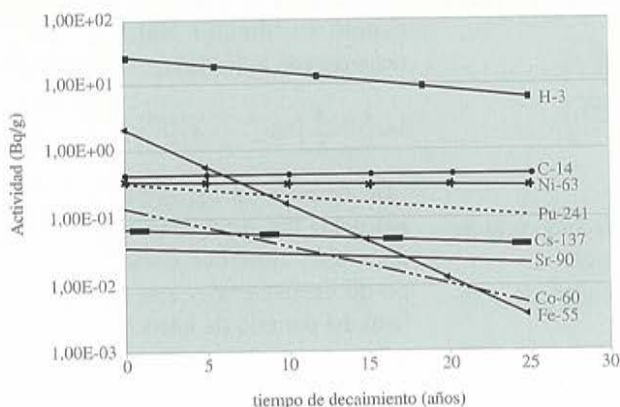
Esta asignación de espectros y su término fuente va evolucionando conforme transcurre el tiempo, teniendo mayor peso en el % asignado, aquellos isótopos con vidas medias y largas, que adicionalmente en la asignación de espectros corresponden en su mayoría con los no detectables (betas débiles + alfas). Esta corrección afecta por tanto:

1) Al % de su contenido en el isotópico tipo asignado, corrigiéndose mediante:

$$f^t_{if} = \frac{f_{if} \cdot e^{-\left(\frac{0,693}{T_i}\right) t}}{\sum_{j=1}^{j=n_i} f_{if} \cdot e^{-\left(\frac{0,693}{T_j}\right) t}}$$

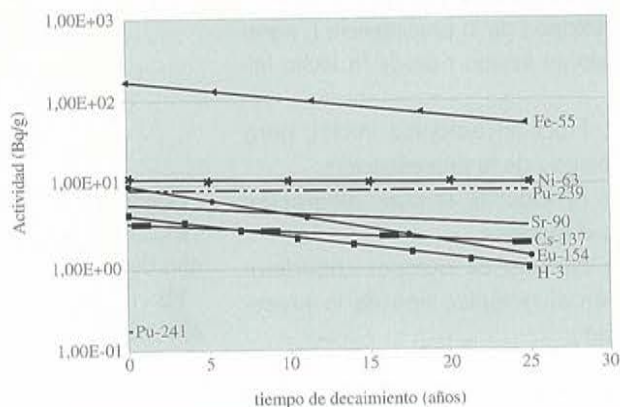


EVOLUCIÓN TEMPORAL - ACTIVIDAD MÁSCICA - ESPECTRO = GENERAL



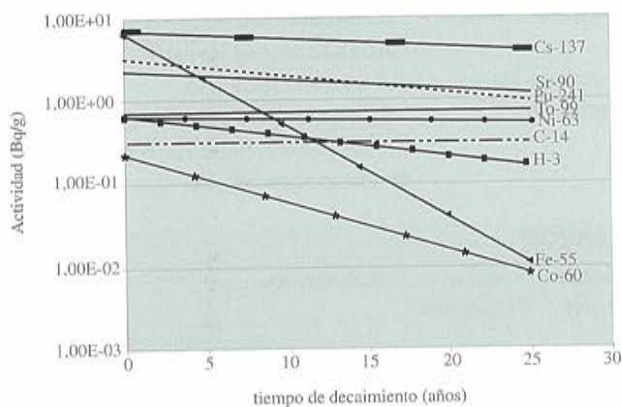
Gráfica 1

EVOLUCIÓN TEMPORAL - ACTIVIDAD MÁSCICA - ESPECTRO = PISCINAS



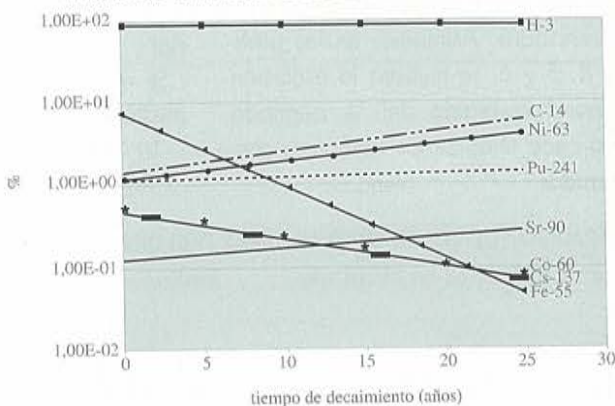
Gráfica 2

EVOLUCIÓN TEMPORAL - ACTIVIDAD MÁSCICA - ESPECTRO = SROA



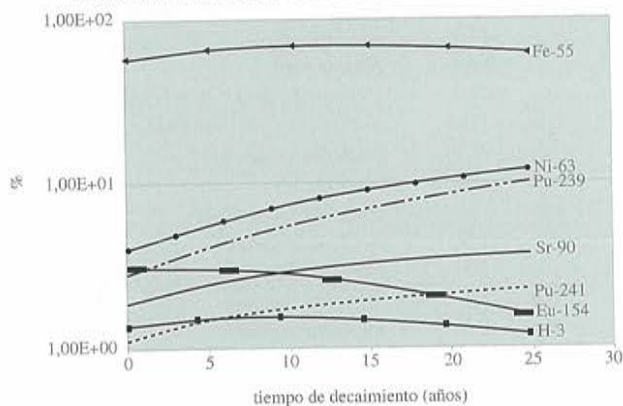
Gráfica 3

EVOLUCIÓN TEMPORAL - ISOTÓPICO TIPO - ESPECTRO = GENERAL



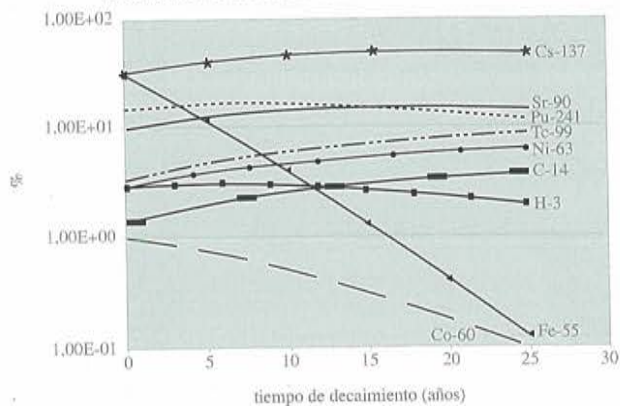
Gráfica 4

EVOLUCIÓN TEMPORAL - ISOTÓPICO TIPO - ESPECTRO = PISCINAS



Gráfica 5

EVOLUCIÓN TEMPORAL - ISOTÓPICO TIPO - ESPECTRO = SROA



Gráfica 6

donde:

$f'_{ij}$ : Fracción isotópica recalculada del isótopo  $j$  de la procedencia  $i$ , transcurrido un tiempo  $t$  desde la fecha inicial.

$f_{ij}$ : Fracción isotópica inicial, para el isótopo  $j$  de la procedencia  $i$ .

$T_j$ : Periodo de semidesintegración para el isótopo  $j$ .

$n_i$ : Número de isótopos considerados en el isotópico tipo de la procedencia  $i$ .

$t$ : Tiempo transcurrido desde la fecha inicial.

En las gráficas 1, 2 y 3, se muestran las evoluciones temporales en términos de actividad másica de los espectros referenciados. Asimismo, en las gráficas 4, 5 y 6, se muestra la evolución temporal corregida del % asignado para cada uno de los isotópicos considerados.

2) A los factores de correlación estimados, corrigiéndose mediante:

$$FE' = FE \cdot \left( \frac{e^{-\frac{0,693}{T_{IE}} t}}{e^{-\frac{0,693}{T_{ILL}} t}} \right)$$

donde:

$FE'$ : Factor de escala decaído a la fecha de medida del material.

$FE$ : Factor de escala calculado a fecha origen.

$T_{IE}$ : Periodo de semidesintegración del isótopo escalado.

$T_{ILL}$ : Periodo de semidesintegración del isótopo llave.

$t$ : tiempo transcurrido desde la fecha inicial a la fecha de medida del material.

Se reflejan para cada uno de los espectros la evolución temporal de:

- La actividad másica y,
- El % de cada isótopo.

Para el cálculo de la evolución temporal del Am-241 se ha tenido en cuenta su filiación del Pu-241, de acuerdo con la fórmula:

$$A = \frac{\lambda_{Am} \cdot A^{\circ}_{Pu}}{\lambda_{Am} - \lambda_{Pu}} (e^{-\lambda_{Pu} \Delta t} - e^{-\lambda_{Am} \Delta t}) + A^{\circ}_{Am} \cdot \lambda_{Am} e^{-\lambda_{Am} \Delta t}$$

Un análisis de las gráficas permite extraer las siguientes conclusiones generales, conforme aumenta el tiempo de decaimiento y este se acerca al final del periodo de latencia:

1. Mayor relevancia con el transcurso del tiempo de los isótopos de vidas medias y largas,

2. Importancia relativa creciente del C-14 y Ni-63 en el espectro GENERAL,

3. Importancia relativa creciente del Pu-238/239/241, Tc-99 y Ni-63 en el espectro PISCINAS,

4. Importancia relativa creciente del Cs-137, Sr-90, Am-241, Pu-239 y Tc-99 en el espectro SROA.

**TÉRMINO FUENTE PR-OPERACIONAL (VALORES PROMEDIO RELATIVOS)**

Datos utilizados en el cálculo	Radionucleido	Radionucleido de Referencia	Valor Promedio	Aplicación
Frotis contaminación	Fe-55	Co-60	2,77	Vigilancia cont. Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación	Ni-63 (*)	Co-60	2,68	Vigilancia cont. Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación	C-14 (*)	Co-60	0,6	Vigilancia cont. Superficial/ Ambiental Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación (excepto PISCINAS y Celda MEC)	Sr-90 (*)	Co-60	0,41	Medible (β)
Frotis celda MEC y PISCINAS	Sr-90	Co-60	473	Medible (β)
Frotis contaminación	Sr-90	Cs-137	2,67	Medible (β)
Frotis contaminación	Pu-241 (*)	Am-241	29,1	Vigilancia Cont. Superficial
Ambientales	Pu-241	Am-241	<10.5 (~9,9)	Vigilancia Cont. Ambiental Efluentes Gaseosos
Ambientales	Sr-90	Cs-137	0,62	Medible (β) Efluentes Gaseosos
Frotis contaminación +Ambientales + líquidos	α	Am-241	1,9	Análisis Laboratorio
Líquidos	Pu-241	Am-241	39	Efluentes Líquidos
Líquidos	Fe-55	Co-60	43	Efluentes Líquidos
Líquidos	Ni-63	Co-60	1,3	Efluentes Líquidos
Líquidos	C-14	Co-60	16	Efluentes Líquidos
Líquidos	Sr-90	Cs-137	0,8	Medible (Análisis)
Grafito	C-14	Co-60	0,8	Medible (Eficiencia hññ) Efluentes Gaseosos

(\*) Emisores β



**Cuadro 2-a. ESPECTROS RADIOLÓGICOS OPERATIVOS - MEDIDAS SUPERFICIALES**

RESUMEN 1993-1999 Valores Actualizados a 1999		EDIFICIO REACTOR Y COMBUSTIBLE IRRADIADO		FILTROS CICLONES (GAS PRIMARIO)	PISCINAS Frotis (Int.- Ext.)	CELDA DE ESTUCHADO	TRATAMIENTO EFLUENTES
		Frotis interno	Frotis Externo				Frotis
β-γ (Co-60) <sup>(*)</sup>	<b>Cs-137</b>	6,2 - 98	0,2 - 0,7		47 - 579	1019 - 5550	18 - 153 (***)
	<b>Eu-154</b>	0,8 - 1,4			1,4 - 4,5	4,25 - 14	
	<b>Eu-155</b>	0,6 - 0,7			1,1 - 3,4	5,6 - 18	
	<b>C-14</b>	0,6 - 2,3 (+)					0,39
	<b>Fe-55</b>	2,3 - 4,4 (+)	4,4 - 11	0,88 - 0,96			0,12 - 0,21
	<b>Ni-63</b>	0,8 - 3 (+)	2,1 - 10,5 (+)	6,05 - 11,2			6,3 - 9,5
	<b>Sr-90</b>	0,5 - 1,2	0,2 - 0,7	<LID	275 - 797	1060	1,1 - 3,2
	<b>H-3</b>	83 - 309 (+)			4,6 - 8,9		
α-Pu241 (Am-241) <sup>(**)</sup>	<b>Pu-238</b>		0,09		0,16 - 0,29	0,2	0,18 - 0,26
	<b>Pu-239/240</b>		0,22		1,5 - 5,4	4,75	0,47 - 0,67
	<b>Pu-241</b>		15,3		28 - 85	85	11,4 - 15,4
OTROS	β/α	3200	70		21 - 107 (***)		131 - 522
	α/Am-241				1,2 - 1,4		
	<b>Sr-90/Cs-137</b>	0,22			1,7	11,7	~0,05

(\*) Emisores β-γ. Cuantificación relativa al Co-60

(\*\*) Emisores α y Pu-241. Cuantificación relativa al Am-241. Escasa significación del Cm-242/244.

(+) Valores Singulares desechados

(\*\*\*) No considerados ≤ año 1995

**Cuadro 2-b. ESPECTROS RADIOLÓGICOS OPERATIVOS**

RESUMEN 1993-1999 Valores Actualizados a 1999		AMBIENTALES			MÁSICOS		VOLÚMICOS
		REACTOR	SILOS GRAFITO	PISCINAS	LODOS	SILOS GRAFITO	EFLUENTES LÍQUIDOS
		Gas Cajón	Silo-1	Nave Piscinas	Fosa Retención Tanques efluentes Fondo Piscinas	Silos 2 y 3 Tratamiento de grafito	Planta efluentes LAVANDERÍA
β-γ (Co-60) <sup>(*)</sup>	<b>Cs-137</b>	LID	0,26 - 0,43	1,7 - 2,8	76 - 290	<0,05	4,6
	<b>Eu-154</b>				0,7 - 1		0,09
	<b>Eu-155</b>			0,8 - 2	0,4 - 0,7		0,17
	<b>C-14</b>				0,03 - 0,05	0,8	16 - 39
	<b>Fe-55</b>	LID					43 - 123
	<b>Ni-63</b>	Ni63/C14=0,003				0,07 - 0,1	
α-Pu241 (Am-241) <sup>(**)</sup>	<b>Sr-90</b>		0,11 - 0,28	1,4	0,4 - 0,4		7,3 - 30
	<b>H-3</b>	H3/C14=729			0,04 - 0,08	~7	81 - 629
	<b>Pu-238</b>		<0,03	0,17 - 0,23		0,14	0,04
	<b>Pu-239/240</b>		1,13 - 1,82	0,39 - 0,51		0,53	0,15
OTROS	<b>Pu-241</b>		<7,94 - 12,6	10,5 - 19,3			39
	β/α		125 - 250	3,9 - 9,1		2583	5,2
	α/Am-241		4,4 - 6	1,9 - 2,3	14,8 - 28,2		1,46
	<b>Sr-90/Cs-137</b>		0,42	0,82			0,8 - 2,6

(\*) Emisores β-γ. Cuantificación relativa al Co-60

(\*\*) Emisores α y Pu-241. Cuantificación relativa al Am-241. Escasa significación del Cm-242/244.

# Exposición ocupacional a campos magnéticos de frecuencia industrial en Hospitales

A. Úbeda\*, M.A. Cid, M.A. Martínez, M.A. Trillo, M.A. Bayov\* y J. Leal  
Servicio BEM-Investigación y Servicio Técnico\*, Hospital Ramón y Cajal.

## RESUMEN

Se ha sugerido que exposiciones crónicas a campos magnéticos (CM) de frecuencia industrial (FI, 50/60 Hz) en determinados ambientes ocupacionales podrían representar un factor de riesgo para diversos trastornos, incluyendo cáncer y enfermedades neurodegenerativas. Algunos estudios han mostrado indicios de que el personal técnico y sanitario que trabaja en medios hospitalarios podría verse expuesto a campos de FI relativamente intensos. Sin embargo, tales indicios se basan principalmente en un número reducido de mediciones ambientales realizadas en unos pocos puestos de trabajo preseleccionados. El presente trabajo constituye un intento de caracterizar de forma eficiente exposiciones ocupacionales a CM de FI en grandes hospitales. El estudio ha sido llevado a cabo en diferentes ambientes de trabajo dentro de un hospital con aproximadamente 4000 trabajadores; muchos de los cuales trabajan en dos o más ambientes distintos durante una misma jornada y, por lo tanto, están expuestos a niveles de CM cuya distribución espacial y temporal es, previsiblemente, heterogénea. Los resultados obtenidos indican que:

- 1) La mejor descripción de las condiciones de exposición para cada trabajador la proporciona la monitorización o dosimetría personal.
- 2) La descripción del ambiente ocupacional como una media ponderada de los valores registrados en los puestos de trabajo y en el ambiente de la sala, aunque es coherente con los datos de monitorización personal, presenta limitaciones a la hora de estimar la exposición a CM FI en algunas categorías profesionales.
- 3) Sujetos que, aun perteneciendo a una misma categoría, realizan actividades diferentes, presentan patrones y niveles de exposición distintos.
- 4) El estudio de los datos crudos mostró que los valores puntuales de inducción magnética eran inferiores, en 1 a 4 órdenes de magnitud, a los niveles de referencia para exposiciones ocupacionales a CM FI (500  $\mu$ T para CM de 50 Hz) propuestos por la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Así pues, y de acuerdo con los criterios de la citada comisión, los niveles de exposición a campos FI en ambientes ocupacionales hospitalarios pueden considerarse seguros.

## SUMMARY

It has been proposed that chronic exposure to power frequency (PF) magnetic fields (MF) in occupational environments could represent a risk factor for a number of disorders including cancer and neurodegenerative diseases. Data have been issued indicating that medical and technical staffs working in hospitals could be exposed to relatively intense PF fields. However, such indications are mostly based on small numbers of ambient measurements taken in few, selected workstations. The present work constitutes an attempt to efficiently characterize occupational exposures to PFMF in large hospitals. The study was conducted in different working environments of a hospital with about 4000 employees, many of them working in two or more different workstations and consequently, exposed to PFMF levels that are expected to be unevenly distributed in the space and time. The results indicate that:

- 1) The best description of the field exposure conditions for a worker is obtained from his/her personal monitoring.
- 2) The description of the occupational MF ambient as a weighted average of the values registered in the workstations and in the room ambient, thought coherent with the data from personal monitoring, presents limitations when used to estimate PFMF exposure in some professional categories.
- 3) Individuals involved in different working activities were found to be exposed to different MF levels, even if they belong to the same professional category.
- 4) The raw, discrete values measured were all found to be 1 to 4 orders of magnitude below the reference levels proposed by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) for occupational exposures to power frequencies fields (500  $\mu$ T for 50 Hz MF). Thus, and according to the ICNIRP 1998 criteria, the PF magnetic ambient in working environments of hospitals can be considered safe.





## Introducción

Diversos estudios epidemiológicos han sugerido una asociación entre exposiciones ocupacionales a radiaciones no ionizantes (RNI) y un incremento en la incidencia de diversas patologías que incluyen enfermedades neurodegenerativas, varios tipos de cánceres (leucemias linfocíticas, cáncer de mama y cáncer testicular) o anomalías en el desarrollo embrionario<sup>(1-6)</sup>. Otros estudios han revelado también incidencias elevadas de otras dolencias, más leves en principio que las citadas antes, entre profesionales expuestos a campos electromagnéticos (EM) de frecuencia industrial (FI: 50/60 Hz) y niveles de inducción magnética en el orden de 1-50 microteslas ( $\mu\text{T}$ ). Se trata de problemas como depresiones, cefaleas crónicas, insomnio, etc. cuyo origen es difícil de determinar y cuyo diagnóstico se basa principalmente en declaraciones de los afectados<sup>(7)</sup>. Sin embargo, esta evidencia ha sido criticada seriamente en su conjunto y es objeto de controversia.

Una dificultad importante a la hora de valorar los resultados de los estudios citados estriba en la identificación de cohortes apropiadas de trabajadores, y en la caracterización precisa del ambiente electromagnético en que estos desarrollan su actividad. Ambas condiciones resultan fundamentales para valorar adecuadamente los supuestos efectos nocivos de la exposición crónica a campos ambientales. Diversos trabajos han investigado niveles de exposición electromagnética FI en distintos medios ocupacionales, por lo general en trabajos relacionados con la industria de la generación y distribución de la energía eléctrica. Para ello se han llevado a cabo mediciones ambientales y, en algunos casos, monitorizaciones personales. Sin embargo, só-

lo muy recientemente se han investigado ambientes ocupacionales distintos de los citados en la industria eléctrica. Así, diversos estudios han descrito en las inmediaciones de algunos sistemas utilizados para terapia o diagnóstico en hospitales emisiones de frecuencias muy bajas<sup>(12, 13)</sup>. Estas frecuencias, inferiores o iguales a 3 kHz, se encuentran en el espectro denominado "extremadamente bajo - ultra-bajo" (ELF-ULF), por lo que incluyen las frecuencias industriales. También, en trabajos llevados a cabo dentro del EMF RAPID Program Engineering Project #3<sup>(14)</sup>, se tomaron datos de exposiciones ELF y ULF en diferentes ambientes ocupacionales en los Estados Unidos. Los resultados revelaron que el "personal médico" de los hospitales es un grupo potencialmente expuesto a altos niveles de campos electromagnéticos de las citadas frecuencias. A pesar de su interés, las conclusiones de estos trabajos se basan en un número escaso de determinaciones, tomadas en ambientes no bien definidos.

Los resultados que aquí se presentan forman parte de un proyecto más amplio dirigido a dar respuesta a algunos interrogantes en materia de posibles efectos nocivos de exposiciones ocupacionales hospitalarias a radiaciones no ionizantes en un rango que abarca desde los campos estáticos hasta las radiofrecuencias y microondas ( $f \leq 300 \text{ GHz}$ ). El estudio de dichos interrogantes contempla: 1) La necesidad de una caracterización eficaz de las exposiciones a RNI en grupos de riesgo, 2) la localización de patologías en dichos grupos de riesgo, y 3) comprobación de diversos parámetros sanguíneos y niveles hormonales en grupos expuestos crónicamente a radiaciones no ionizantes. El presente trabajo describe los estu-

dios correspondientes a la fase inicial del citado proyecto. Tales estudios se basan en un conjunto de mediciones de campos ambientales de frecuencias ELF-ULF, complementadas mediante monitorizaciones personales de exposición electromagnética en trabajadores de uno de los mayores hospitales españoles, el Hospital Ramón y Cajal de Madrid. La valoración de niveles de exposición en dicho ambiente resulta particularmente útil, ya que se realiza sobre una muestra de sujetos relativamente homogénea, pero expuesta a condiciones de exposición muy diferentes, representativas de los sectores de la población laboral hospitalaria.

## Metodología

1. *Selección de entornos ocupacionales:* Se seleccionaron sobre plano Servicios hospitalarios con ambientes y trabajos considerados característicos de los diferentes niveles de exposición ocupacional a campos magnéticos en el rango ELF-ULF, que incluye la frecuencia industrial (señales de 50 Hz y sus armónicos).

2. *Determinación de valores de inducción magnética en los ambientes de trabajo seleccionados:*

Procedimiento: Se visitaron las salas seleccionadas y se realizaron mediciones puntuales en el ambiente general y en los puestos de trabajo. Para las determinaciones de valores de inducción magnética en el ambiente general, se siguió el método estándar de "cinco puntos": mediciones puntuales en los 4 ángulos de la sala, más una en el centro (puntos 1 a 5 en la Figura 1). Estas determinaciones se completaron con mediciones llevadas a cabo en los distintos puestos de trabajo: bancadas,

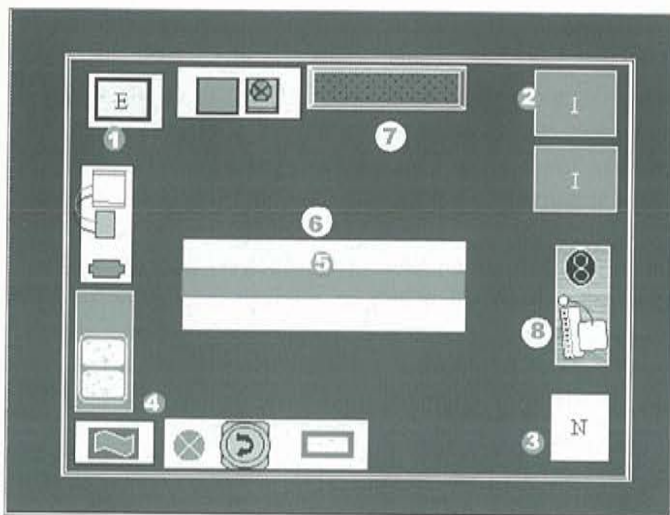


Figura 1: Esquema de una sala representando los puntos en que se tomaron los valores de inducción magnética. En este caso se trata del laboratorio en que trabajaba el técnico cuyos datos de dosimetría personal se representan en la Figura 3. Se hicieron mediciones del ambiente de la sala (puntos 1 a 5) y en los puestos de trabajo: Punto 6 (mesa), Punto 7 (cámara de flujo) y Punto 8 (ordenador+microscopio). E: estufa; I: incubadores de CO<sub>2</sub>; N: nevera.

mesas, ventanillas, terminales de ordenador, consolas de grandes equipos, etc. (puntos 6, 7 y 8 en la misma figura). Todos los datos se expresaron en microteslas ( $\mu\text{T}$ ).

**Instrumentación empleada:** Gausímetros portátiles Wandel & Goltermann, modelo EFA-3 y Magnetic Field Logger Radians Innova, modelo ML-1. Ambos sistemas son programables, con sensibilidad para inducciones entre 10 nT y 100  $\mu\text{T}$  y para mediciones en un rango de frecuencias 2 Hz-2 kHz. Los dos gausímetros fueron calibrados antes de su empleo y se comprobó que proporcionaban lecturas equivalentes.

**3. Selección de sujetos y monitorización personal en los ambientes ocupacionales estudiados:**

**Sujetos:** El Hospital Ramón y Cajal cuenta con un total de 4429 trabajadores, de ellos, 803 son facultativos, 2352 son personal técnico-sanitario (enfermeros, técnicos de laboratorio y auxiliares) y 1273 son personal no sa-

nitario (administración, mantenimiento y otros servicios).

**Selección:** A partir de un análisis preliminar de los datos obtenidos en los apartados 1 y 2 de esta sección, se procedió a la selección de los sujetos atendiendo a los valores de inducción magnética registrados en su medio ocupacional. Hasta el presente se ha monitorizado un total de 104 sujetos encuadrados en los siguientes grupos profesionales:

- Facultativo sanitario (médicos y cirujanos)
- Técnico sanitario (ATS y auxiliares de planta)
- Otro personal sanitario especializado (fisioterapeutas, radiología y UVI)
- De laboratorio (médicos, investigadores, ATS y ATL)
- De oficinas (administrativos)
- De servicio o mantenimiento (celadores y servicio técnico)

**Dosimetría personal:** Se procedió a la selección definitiva de los sujetos y se solicitó su acuerdo para participar en el estudio en calidad de voluntarios. A continuación se realizaron, para cada voluntario, registros de exposición personal a lo largo de su jornada de trabajo, con toma de datos puntuales cada 60 segundos. Los voluntarios portaron monitores EMDEX II (rango 100 nT - 300  $\mu\text{T}$ ) en la cintura. Los datos obtenidos para cada sujeto y condición fueron transferidos directamente a un ordenador, donde fueron tratados y

analizados mediante el programa EM-CALC95 para cálculos estadísticos y trazado de mapas de campos en el espectro 5 Hz-2 kHz (Figura 2).

## Resultados

**1: Frecuencia y valores de inducción magnética.**

Todos los registros se hicieron para señales en el rango 5 Hz - 2 kHz. El análisis del espectro de frecuencias demostró que el componente principal de las señales correspondía siempre a frecuencias de 50 Hz y sus primeros armónicos. En estas frecuencias, la mayor parte (>90%) de los valores puntuales de inducción magnética obtenidos en el conjunto de los registros era menor o igual a 1  $\mu\text{T}$  (ver Figura 3). Los máximos medidos correspondieron a picos de corta duración, que alcanzaron niveles próximos a los 40  $\mu\text{T}$ .

**2. Estimación de niveles de exposición**

**a) Estimación a partir de las dosimetrías personales.** La Figura 3 ilustra un ejemplo de monitorización para un técnico de laboratorio durante su jornada. Se trata de niveles de exposición intermedios, típicamente encontrados en laboratorios (ver Figura 4). Como puede apreciarse en el magnetograma, el sujeto cambió varias veces de tipo de actividad a lo largo de la jornada.

El análisis de los magnetogramas correspondientes a los 104 trabajadores estudiados mostró que el empleo de estimadores estadísticos básicos, del tipo de la media y la desviación estándar, no permitía una valoración coherente de las exposiciones a partir de datos como los mostrados en la Figura 3. Se hizo así evidente que el análisis correcto de estos datos requería de la intro-



ducción del factor tiempo como un parámetro esencial para la comparación entre distintas exposiciones. Este tipo de problemática ha sido abordada previamente por otros autores, que han propuesto diversas estrategias para su estudio<sup>(15)</sup>. En nuestro caso, optamos por el empleo del microtesla-hora ( $\mu\text{T.h}$ ) como unidad óptima para la expresión de los resultados de las dosimetrías. Este parámetro, que llamaremos D, describe los datos dosimétricos en función de la integral de la exposición en el tiempo. D se calcula distribuyendo las medidas en categorías discretas de valores de inducción magnética, y determinando la cantidad de tiempo que el sujeto está expuesto a niveles comprendidos dentro de cada una de las categorías. Así, el valor D quedaría definido como:

$$D = \sum_{i=0}^N F_i \Delta T$$

Donde  $F_i$  es la resultante, en  $\mu\text{T}_{\text{rms}}$ , de la inducción magnética en los tres ejes: x, y, z;  $\Delta T$  es el tiempo de muestreo y N el número de medidas. De esta forma, el empleo del parámetro D permite una adecuada estimación de niveles de exposición para trabajos típicos de medios hospitalarios, que requieren que un sujeto realice tareas diferentes a lo largo del día y que, por lo tanto, cambie de ambiente electromagnético varias veces durante su jornada. Como comprobación adicional de la bondad del parámetro elegido, se realizaron dosimetrías repetidas (tres monitorizaciones por sujeto, en tres jornadas distintas) para un total de 23 voluntarios. La expresión de los resultados en  $\mu\text{T.h}$  reveló un buen grado de homogeneidad en los valores registrados, con variaciones mínimas entre

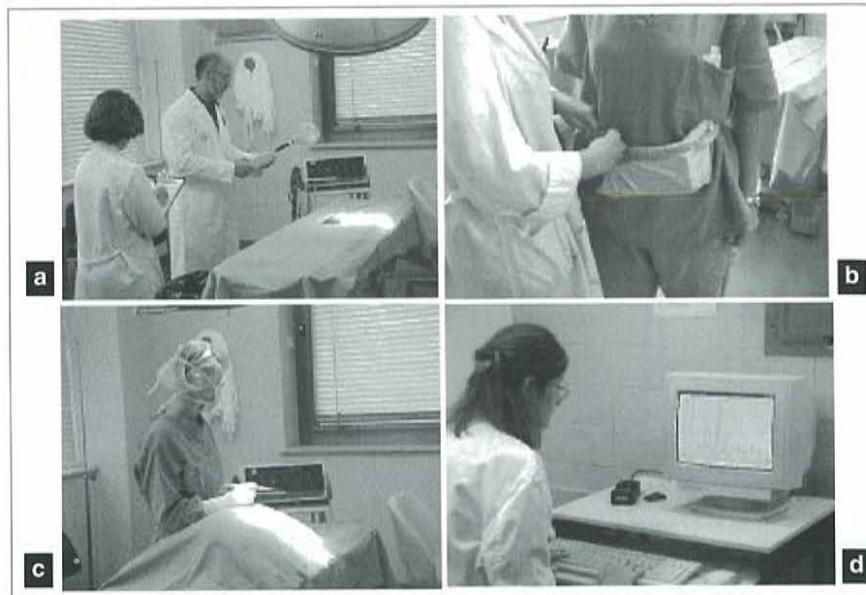


Figura 2: Procedimiento de toma de datos. A: Medición de niveles ambientales de inducción magnética en una sala y puestos de trabajo. B: Colocación de un dosímetro personal. C: El voluntario porta el dosímetro durante su actividad de la jornada, los datos sobre el ambiente electromagnético en que ha permanecido el voluntario quedan registrados en el dosímetro. D: Esta información es vertida a un ordenador donde los datos son archivados y analizados.

las tres mediciones correspondientes a cada uno de los sujetos.

b): Estimación a partir de las mediciones en los distintos ambientes ocupacionales. El análisis de las mediciones en sala (en  $\mu\text{T}$ ) mostró que el empleo del modelo de los "5 puntos" (1-5 en la Figura 1), que no tiene en cuenta los campos generados por el instrumental eléctrico en las inmediaciones de los puestos de trabajo, subestimaba seriamente los niveles de exposición ocupacional en comparación con los valores obtenidos de las monitorizaciones personales de los trabajadores de la sala (D, en  $\mu\text{T.h}$ ). Por el contrario, los datos obtenidos al promediar los valores medidos exclusivamente en los puestos de trabajo (puntos 6, 7 Y 8 en la Figura 1) eran por lo general notablemente más altos que los obtenidos de las correspondientes monitorizaciones personales.

A partir de lo anterior se optó por incluir en los cálculos todas las mediciones tomadas en la sala, de acuerdo con la siguiente estrategia. La media de los valores de inducción magnética, en microteslas, recogidos en los puntos 1-5 constituye el valor medio del ambiente de la sala ( $B_s$ ). Los valores ( $\mu\text{T}$ ) registrados en los puestos de trabajo de la sala (puntos 6, 7 y 8) fueron asimismo promediados para calcular la media de *exposición en los puestos de trabajo* ( $B_p$ ). Se estimó que un trabajador permanece aproximadamente la mitad del tiempo que dura su jornada laboral en su(s) puesto(s) de trabajo, de forma que la media del *ambiente ocupacional* (B) se calculó como  $B = 1/2 (B_p + B_s)$ . Este valor de inducción magnética fue asignado a cada uno de los trabajadores localizados en una sala determinada. Se comprobó que esta estrategia proporcionaba el mejor grado de coherencia entre

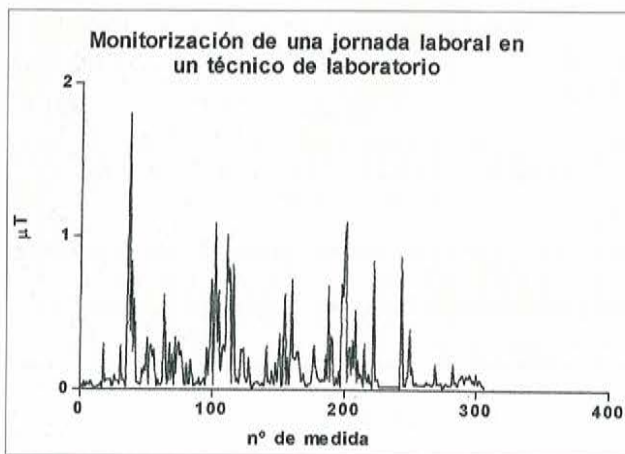


Figura 3: Valores de inducción magnética ( $\mu\text{T}$ ) tomados cada minuto durante una jornada de 5 horas en un técnico de laboratorio.

los valores obtenidos de los dos métodos de estimación descritos en el presente apartado.

### 3. Análisis comparativo de los dos métodos de estimación.

En la Figura 4 se comparan los niveles de exposición calculados para trabajadores en las distintas salas (B, en  $\mu\text{T}$ )

exposición elevados. Así lo refleja también la Figura 5, en la que se comparan mediante una recta de regresión los datos representados en la Figura 4. Como puede observarse, la pendiente de la recta es significativamente distinta de cero ( $p < 0,0001$ ); de lo que se desprende que los profesionales cuyas dosimetrías personales

revelaron niveles altos de exposición, efectivamente, aquellos que trabajan en las salas y puestos de trabajo en los que se midieron inducciones magnéticas elevadas; y viceversa. Sin embargo, es necesario indicar que la relación entre los dos parámetros comparados en la recta es relativamente débil ( $r^2 = 0,6961$ ). El hecho de que la correlación entre la dosimetría personal y la medición en la sala no sea lo suficientemente robusta, indica que las estimaciones basadas en esta última estrategia se ajustan probablemente con menor precisión a los niveles reales de exposición en algunos ambientes ocupacionales hospitalarios.

### 4. Ambientes electromagnéticos en los distintos grupos profesionales.

La Figura 6 muestra los datos obtenidos de las dosimetrías personales (D, en  $\mu\text{T}\cdot\text{h}$ ) de los diferentes voluntarios, clasificados por grupos profesionales. Estos datos se comparan con los correspondientes a los mismos grupos, calculados a partir de las mediciones en los ambientes en las salas y puestos de trabajo correspondientes (B, en  $\mu\text{T}$ ). Como se observa, los profesionales de hospital podrían encuadrarse en dos grupos, en función del nivel promedio de exposición. Los niveles más elevados, con valores medios  $B/D \geq 1,0 \mu\text{T}/\mu\text{T}\cdot\text{h}$  corresponderían a personal de rehabilitación, radiología y laboratorio. El resto de los trabajadores sanitarios realizarían sus tareas en ambientes con niveles de exposición sensiblemente más bajos. Tal como cabía esperar en virtud de los resultados descritos en apartados anteriores, también cuando los datos son agrupados por profesiones aparecen algunas diferencias entre las dos estra-

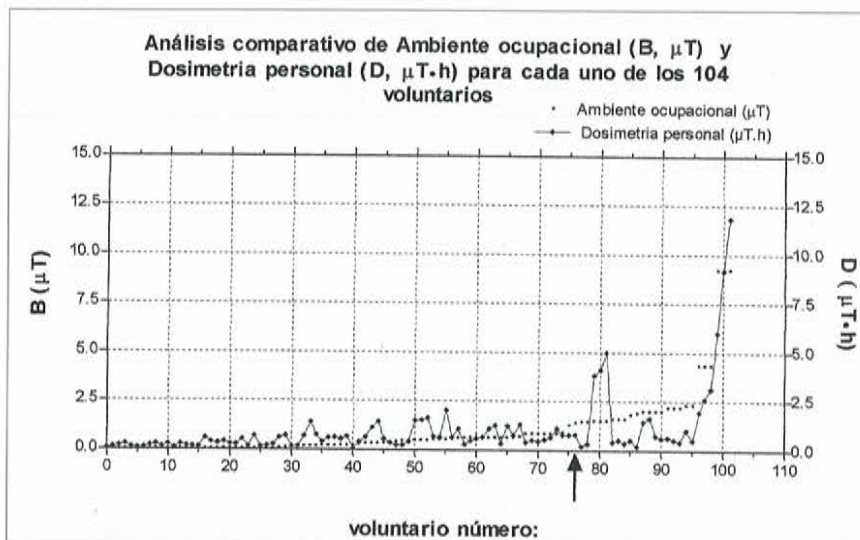


Figura 4: Representación comparativa de los niveles de ambiente ocupacional (B,  $\mu\text{T}$ ) para los distintos trabajadores (104 voluntarios) y de los correspondientes datos de dosimetrías personales ( $\mu\text{T}\cdot\text{h}$ ). La flecha señala los valores correspondientes al sujeto cuyo magnetograma se ilustra en la Figura 3



tegas diseñadas para la cuantificación de las exposiciones ocupacionales.

### Discusión

En su conjunto, los presentes resultados muestran que:

1. Los campos magnéticos de frecuencias 5 Hz- 2kHz (espectro ELF-ULF) estudiados se localizaron mayoritariamente en el rango de los 50 Hz y sus primeros armónicos. En consecuencia, aunque las determinaciones se hicieron para señales en un espectro de frecuencias más amplio, las conclusiones del presente estudio se refieren eminentemente a exposiciones a campos de frecuencia industrial.

2. El empleo de la dosimetría personal y la expresión de los resultados en términos de  $\mu\text{T}\cdot\text{h}$  proporciona datos precisos y coherentes que permiten una adecuada estimación de las condiciones reales de exposición de los trabajadores. Esta estrategia facilita el establecimiento de comparaciones entre los distintos niveles de exposición ocupacional a campos de frecuencia industrial propios de ambientes hospitalarios.

3. Los datos muestran, en términos generales, un gradiente en los niveles de dosimetría que va desde unos mínimos de  $0,247 \pm 0,049 \mu\text{T}\cdot\text{h}$  para los ATS de planta, hasta los  $3,73 \pm 1,25 \mu\text{T}\cdot\text{h}$  para el personal sanitario de fisioterapia. Es obvio, sin embargo, que dependiendo del cometido concreto de cada uno de los profesionales incluidos en los distintos grupos, existen diferencias de exposición entre individuos que pueden ser importantes.

4. La estimación de niveles de exposiciones en los ambientes considerados aquí no puede hacerse mediante

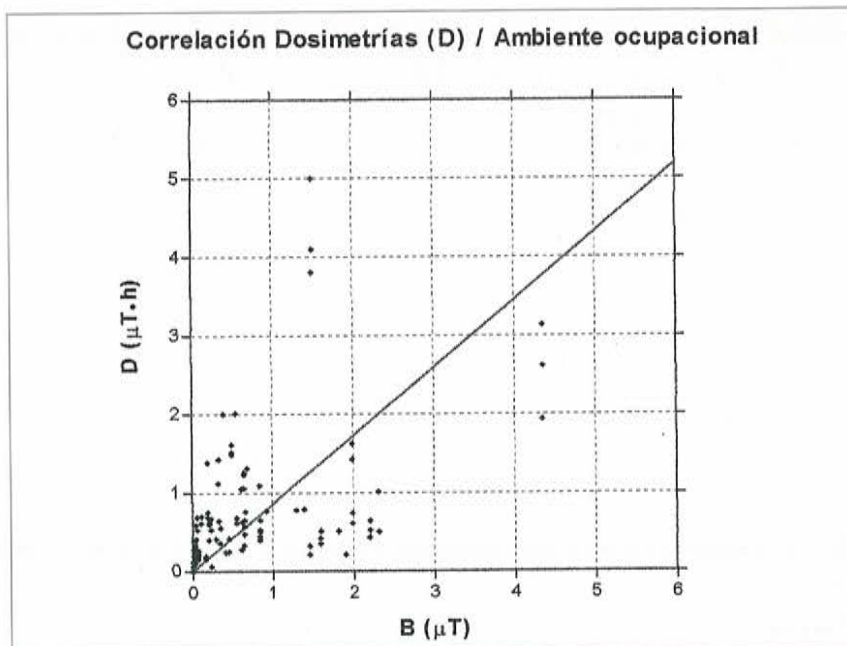


Figura 5: Comparación mediante regresión de los valores ilustrados en la Figura 3 ( $\mu\text{T}$  vs.  $\mu\text{T}\cdot\text{h}$ ).

la técnica estándar de "los cinco puntos", empleada en algunos estudios de exposiciones para público general y consistente en promediar valores puntuales obtenidos en los extremos y

el centro de la sala o laboratorio de trabajo. La inclusión en los cálculos de mediciones ambientales realizadas en las proximidades del instrumental electrónico localizado junto al

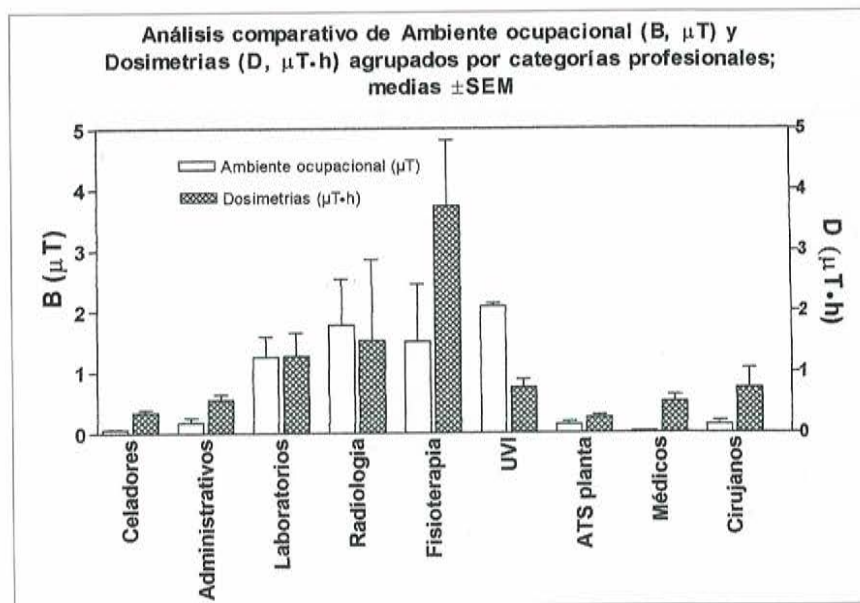


Figura 5: Comparación mediante regresión de los valores ilustrados en la Figura 3 ( $\mu\text{T}$  vs.  $\mu\text{T}\cdot\text{h}$ ).

puesto de trabajo habitual, y del tiempo de permanencia en el puesto de trabajo (50% de la jornada laboral), permite una mejor estimación de la exposición ocupacional. Por razones que resultan obvias, esta forma de estimación a partir de unas pocas mediciones en sala y puesto de trabajo, es notablemente más rápida, sencilla y barata que la basada en el análisis computerizado de dosimetrías personales de 8 horas de duración. Sin embargo, debido en parte a la naturaleza del trabajo hospitalario, la citada estrategia simplificada de estimación puede estar sujeta a un margen de error para determinados grupos de trabajadores.

En todo caso, es necesario subrayar el hecho de que la consideración de parámetros temporales en la descripción de las exposiciones, tiene como objeto fundamental valorar el aspecto crónico de tales exposiciones. Dicho aspecto es crucial para determinar la posibilidad de efectos nocivos a largo plazo en estudios epidemiológicos. Sin embargo las directrices de la International Commission on Non-Ionizing Protection Radiatio (ICNIRP<sup>16</sup>) reconocen explícitamente que tal posibilidad no ha sido considerada a la hora de establecer sus niveles de referencia y sus restricciones básicas. En otras palabras, el límite de 500  $\mu$ T propuesto por ICNIRP para exposiciones ocupacionales a campos de 50 Hz debe entenderse como independiente del tiempo de exposición. En consecuencia, sólo los datos crudos, de mediciones puntuales, obtenidos en el presente estudio pueden utilizarse en rigor a efectos de valorar las exposiciones en ambientes hospitalarios respecto de las recomendaciones ICNIRP. Nuestras estimaciones de ex-

posición a partir de las dosimetrías (D) y de las mediciones en sala/puesto de trabajo (B), al tener en cuenta el factor tiempo, no pueden ser valoradas directamente a través de los criterios de ICNIRP.

### Conclusión

Los trabajos realizados dentro de este proyecto han permitido desarrollar un sistema eficaz para la estimación de exposiciones a campos ELF y ULF en ambientes ocupacionales particularmente difíciles de estudiar debido, entre otras causas, a que las características específicas de la profesión imponen a los trabajadores cambios de tipo de actividad a lo largo de una misma jornada laboral. El método de valoración desarrollado es original y responde a una necesidad prioritaria para la valoración de potenciales efectos nocivos de exposiciones ocupacionales crónicas a radiaciones no ionizantes de frecuencia industrial. En su conjunto, nuestros resultados de mediciones puntuales muestran que los valores de inducción magnética medidos en los ambientes estudiados se encuentran muy por debajo de los niveles de referencia propuestos por ICNIRP. Ello implica que, en términos generales, los ambientes laborales hospitalarios son seguros de acuerdo con los criterios vigentes en lo que se refiere a exposiciones a campos magnéticos de frecuencia industrial.

### Referencias

1. Coogan, P.F. et al. *Epidemiology* 7: 459-64 (1996)
2. Davanipour, Z. et al. *Bioelectromagnetics* 18: 28-35 (1997)
3. Feychting, M. *Radiat. Environ.*

*Biophys.* 35: 237-42 (1996)

4. Hardell, L. et al. *Eur. J. Cancer Prev.* 4 Suppl 1: 3-107 (1995)

5. Ouellet-Hellstrom, R. and Stewart, W.F. *Am.J. Epidemiol.* 138: 775-86 (1993)

6. Sobel, E. *Neurology* 47: 1477-81 (1996)

7. Bonhomme - Faivre L. et al. *Arch. Environ. Health* 53: 87-92 (1998)

8. Stevens, R. G. et al. *FASEB J.* 6: 853-860 (1992)

9. The Melatonin Hypothesis. *Breast Cancer and Use of Electric Power. Section 3: EMF Effects on Melatonin.* Eds. Richard G. Stevens et al. Battelle Press. Columbus. Richland, 1997

10. Blask, D.E. En: "Melatonin in oncology". Eds. Yu, H. S. and Reiter, R.J. *Melatonin*, CRC Press, Boca Raton: 447-75 (1993)

11. Selmaoui, B. et al. *Life Sci.* 58: 1539-49 (1996)

12. Bullough, J. et al. *Bioelectromagnetics* 17, 396-405 (1996)

13. Bardasano, J.L. et al. *Revista de Radioprotección; (nº extr.):* 175-76 (1996)

14. EMF RAPID Program Engineering Project #3, 1996-1997

15. A.W. Perece et al. *Radiat. Prot. Dosim.* 83, 21-27 (1999).

16. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). *Health Phys.*, 74: 494-522, (1998).

### AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por Hospital Ramón y Cajal, ENDESA y FIS (99/0348). Parte de los resultados en que se basa el presente estudio fueron presentados en el *International Congress on Bioelectromagnetism*, Alcalá de Henares, Madrid (1999).

# ÍNDICE ARTÍCULOS RADIOPROTECCIÓN

AUTOR	ARTÍCULO	NÚMERO
	• Conferencia Internacional. Una década después de Chernobyl: recapitulación de las consecuencias del accidente.	Nº 12 Vol. IV 1996
	• Coloquio mantenido entre representantes de la Federación de Radioprotección de América Latina y El Caribe (FRALC), de la Sociedad Portuguesa de Protección contra las Radiaciones (SPPCR) y de la Sociedad Española de Protección Radiológica	Nº 14 Vol. V 1997
ALCÁZAR, F.J.; DURÁN, A.; Y OTROS	• Opiniones recogidas durante la Conferencia OIEA/OMS (Sevilla).	Nº 17 Vol. VI 1998
ALLISY, A.	• Ficha Médico-Laboral.	Nº 1 Noviembre 1991
	• Las primeras propuestas para la medida de los Rayos Röntgen (1896-1897).	Nº 8 Vol. III 1995
ALONSO, A.	• El Plan Quinquenal de Investigación (1996-2000) del Consejo de Seguridad Nuclear: Protección Radiológica.	Nº 12 Vol. IV 1996
ALONSO, A.	• Agustín Alonso Santos. Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.	Nº 24 Vol. VIII 2000
ÁLVAREZ, A.; SALVADOR, S.; Y OTROS	• Metodología para la evaluación de incorporaciones de radionucleidos mediante medidas indirectas.	Nº 10 Vol. III 1995
AMOR, I.	• Aspectos más relevantes de las nuevas normas básicas de protección radiológica de la Unión Europea (Directiva 96/26).	Nº 13 Vol. IV 1996
AMOR, I.	• Modificaciones más importantes en las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.	Nº 1 Noviembre 1991
ARRANZ, L.	• Perspectivas de la Protección Radiológica ante el desarrollo de las nuevas tecnologías médicas con radiaciones ionizantes.	Nº 1 1993
ASTUDILLO, J.	• II Jornadas de I+D en la gestión de residuos radiactivos.	Nº 10 Vol. III 1995
AZANZA, M.J.	• Las neuronas son sensibles a los campos magnéticos aplicados en el rango de intensidades de la RMN utilizada con fines de diagnóstico.	Nº 16 Vol. V 1997
BAYER, A.; KORN, H.; Y OTROS	• Organización de la Respuesta en el Exterior ante Emergencias Nucleares en Alemania.	Nº 21 Vol. VII 1999
BEA, J.; MARTÍ, J.F.	• Dosis impartida al paciente en medicina nuclear diagnóstica.	Nº 11 Vol. IV 1996
BENNETT, B.	• Informe 1993 del Comité Científico de UNSCEAR.	Nº 7 Vol. II 1994
BILBAO, A.; MARTÍN, J.C.	• Dicéntricos, Dosímetros Biológicos para la exposición a Rayos Gamma, procedentes del Cobalto-60.	Nº 2 Mayo 1992
BUTRAGUEÑO, J.I.	• D. José Luis Butragueño, Subdirector de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear.	Nº 12 Vol. IV 1996
CACYA, C.	• Concepción Cacya. Profesional peruano afectado por sobreexposición.	Nº 23 Vol. VII 1999
CAÑIZARES, J.; GRAS, P.; Y OTROS	• Gestión de Emergencias en instalaciones radiactivas.	Nº 12 Vol. IV 1996
CARBONERAS, P.; CANCIO, D.	• Recomendaciones más recientes de la ICRP sobre la evacuación de Residuos Radiactivos y la protección del Público en situación de Exposiciones Prolongadas.	Nº 23 Vol. VII 1999
CARBONERAS, P.; ORTIZ, M.T.	• ¿Dentro o fuera del sistema regulador? Situación actual y perspectivas.	Nº 19 Vol. VI 1998
CARMENA, P.; LABARTA, T.	• El Sistema de Información sobre Exposiciones Ocupacionales (ISOE).	Nº 22 Vol. VII 1999
CIEMAT	• La Investigación en Protección Radiológica en el CIEMAT.	Nº 0 Julio 1991
CLARKE, R.; ORTIZ, P.; Y OTROS	• La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y su programa de trabajo para los próximos años.	Nº 16 Vol. V 1997
CLARKE, R.H.	• Dosis controlables: Reflexión sobre el Control de las Dosis Individuales Originadas por cada Fuente de Radiación.	Nº 20 Vol. VII 1999
CONCEIÇÃO, M.; MANUELA, M.; Y OTROS	• Medidas para reducir el radón.	Nº 14 Vol. V 1997
CSN	• El Consejo de Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica.	Nº 0 Julio 1991

# ÍNDICE ARTÍCULOS RADIOPROTECCIÓN (cont.)

DE PINEDO, J.	• Javier de Pinedo Cabezudo, Presidente del Comité de Energía Nuclear de UNESA.	Nº 20 Vol. VII 1999
DEL CAMPO, E.; CASANOVA, T.	• Aplicación de criterios Alara a contratistas y otros trabajadores exteriores.	Nº 2 1993
DELGADO, A.	• Investigación e Innovación en Dosimetría de Radiaciones.	Nº 22 Vol. VII 1999
DELGADO, A.; GÓMEZ, J.M.; Y OTROS	• Medida de dosis absorbidas en el rango del $\mu\text{Gy}$ con LiF: Mg, Cu, P (GR-200).	Nº 1 1994
DIETZE, G.	• Dosimetría de Radiaciones: Estado Actual y Tendencias de Futuro.	Nº 22 Vol. VII 1999
DORESTE, L.; MARTEL, P.; Y OTROS	• Radiación gamma natural en Gran Canaria.	Nº 19 Vol. VI 1998
DUFTSCHMID, K.E.; LOCHARD, J.	• Entrevista con K.E. Duftschmid y J. Lochard.	Nº 18 Vol. VI 1998
ENRESA	• ENRESA. Una empresa al servicio de la Sociedad y del Medio Ambiente.	Nº 0 Julio 1991
ENUSA	• ENUSA. Sus actividades en la primera parte del Ciclo del Combustible Nuclear.	Nº 0 Julio 1991
ESPINOSA, A.; ARAGÓN, A.; Y OTROS	• Estudios de biocinética pulmonar de plutonio y americio asociados a partículas de suelo.	Nº 11 Vol. IV 1996
FERNÁNDEZ, F.; IÑIGUEZ, J.; Y OTROS	• EURADOS, Grupo Europeo para la colaboración en la investigación y desarrollo de la dosimetría.	Nº 2 1994
FERNÁNDEZ, J.A.; SUÁREZ, E.	• La Radiación Gamma Natural en España.	Nº 23 Vol. VII 1999
FERNÁNDEZ, J.L.; GOYANES, V.J.; Y OTROS	• Valoración del daño cromosómico originado por una dosis de Rayos X. Comparación de los análisis de cromosomas dicéntricos, micronúcleos e intercambios entre cromátidas hermanas.	Nº 1 1993
GALLEGO, E.	• La evaluación de consecuencias económicas de los accidentes nucleares, una puesta al día.	Nº 11 Vol. IV 1996
GARCÍA, O.; LLANES, R.	• Chernobil. Panorama del programa cubano con niños de áreas afectadas por el accidente.	Nº 13 Vol. IV 1996
GASCÓ, C.; ANTÓN, M.P.; Y OTROS	• Radioecología de Transuránidos en el Mediterráneo español.	Nº 1 1994
GÓMEZ, A.; ALCARAZ, M.; Y OTROS	• Inducción de micronúcleos en linfocitos humanos irradiados.	Nº 13 Vol. IV 1996
GÓMEZ, M.; CUETOS, A.	• Estudio de la Dinámica de Paso de Contaminación Superficial a Atmosférica en Radioyodos de uso Hospitalario.	Nº 21 Vol. VII 1999
GONZÁLEZ, A.J.	• Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante.	Nº 7 Vol. II 1994
GONZÁLEZ, V.	• Protección del paciente en Medicina Nuclear.	Nº 1 Noviembre 1991
GRUPO AULA SALINAS	• Dosis de radiación a pacientes en radiodiagnóstico en cinco hospitales españoles.	Nº 9 Vol. III 1995
GUASP, M.	• Polarización de rayos X en diagnóstico médico.	Nº 16 Vol. V 1997
GUIBELALDE, E.; VAÑO, E.; Y OTROS	• Protección y seguridad láser en el ámbito médico.	Nº 2 1993
GUTIÉRREZ, J.	• José Gutiérrez, Director del Departamento del Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT.	Nº 21 Vol. VII 1999
GUTIÉRREZ, J.; VÁZQUEZ, C.	• Recuperación ambiental postaccidente nuclear. Criterios y estrategias. Aplicación a un caso ejemplo en el escenario Chernobyl.	Nº 17 Vol. VI 1998
INSALUD	• Puesta en marcha del Programa de Protección Radiológica en el Ámbito del INSALUD.	Nº 0 Julio 1991
JANSSSENS, A.	• Perspectivas para la protección del Medio Ambiente en la legislación de Protección Radiológica de la UE.	Nº 24 Vol. VIII 2000
JOVA, L.	• Entrevista con Luis Jova Sed.	Nº 19 Vol. VI 1998
LEAL, J.; ÚBEDA, A.	• Problemática de las radiaciones no ionizantes.	Nº 9 Vol. III 1995
LEDO, A.; DE LAS HERAS, M.E.; Y OTROS	• Tratamiento de Radiodermitis agudas con secreción de <i>Cryptomphalus Aspensa</i> .	Nº 23 Vol. VII 1999
LLARI, O.	• Protección contra las radiaciones: del pasado al futuro.	Nº 14 Vol. V 1997



# ÍNDICE ARTÍCULOS RADIOPROTECCIÓN (cont.)

LLORENTE, A.	• D. Alfredo Llorente, Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española.	Nº 13 Vol. IV 1996
LOCHARD, J.	• Los efectos psíquicos y sociales de las situaciones post-accidentales: Algunas enseñanzas del accidente de Chernobyl.	Nº 8 Vol. III 1995
LÓPEZ, M.; MORANT, J.J.; Y OTROS	• Caracterización de la filtración del haz de radiación en equipos de tomografía computarizada. Influencia Dosimétrica.	Nº 24 Vol. VIII 2000
MARKKANEN, M.; JANSSENS, A.	• Disposiciones sobre radiación natural incluidas en la nueva Directiva de Normas Básicas de Seguridad.	Nº 13 Vol. IV 1996
MARTÍ, J.F.; BAÑOS, M.C.	• Personalización del criterio de alta del paciente ingresado para tratamiento ablativo de restos tiroideos con I-131.	Nº 15 Vol. V 1997
MARTÍN, J.E.; GALLEGO, E.	• Modelos de apoyo a la evaluación tras una contaminación radiactiva del medio ambiente.	Nº 1 1993
MARTÍNEZ, J.; ESPINOSA, A.; Y OTROS	• Resuspensión en suelos contaminados por el accidente de Chernobyl.	Nº 15 Vol. V 1997
MASSÉ, F.X.	• Establecimiento y mantenimiento de la acreditación profesional en protección radiológica.	Nº 7 Vol. II 1994
MENZEL, H.G.	• Hans Georg Menzel, Oficial Científico en la DG XII de la Comisión Europea.	Nº 22 Vol. VII 1999
MERILLAS, A.; GUIBELALDE, E.	• Diseño de una aplicación informática para el control de calidad de procesadoras automáticas de películas.	Nº 14 Vol. V 1997
MERINO, J.; SÁNCHEZ, J.A.; Y OTROS	• Estudios sobre el ciclo del plutonio en ecosistemas marinos.	Nº 18 Vol. VI 1998
MILLÁN, R.; ROMERO, L.; Y OTROS	• Experiencia de rehabilitación de suelos en el escenario de Chernobyl.	Nº 12 Vol. IV 1996
MINGOT, F.	• El Programa de I+D en Protección Radiológica de la CE.	Nº 1 1993
MORÁN, P.; CHEVALIER, M.; Y OTROS	• Protocolo de control de calidad en Mamografía.	Nº 2 Mayo 1992
MORENO, M.; PRIETO, M.J.; Y OTROS	• Implicación de los Procedimientos de Dosimetría Biológica en Radioprotección.	Nº 22 Vol. VII 1999
MUIRHEAD, C.; STAHLER, J.; Y OTROS	• Reunión de los Comités 1 y 2 de ICRP. Oxford. Septiembre 1997.	Nº 17 Vol. VI 1998
NAVARRO, T.; LÓPEZ, M.A.	• Medidas de contaminación interna y estudio dosimétrico en la población infantil.	Nº 9 Vol. III 1995
ORTIZ, M.T.; ONDARO, M.; Y OTROS	• ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós 1.	Nº 24 Vol. VIII 2000
PALOMINO, I.; MARTÍN, F.; Y OTROS	• Aplicación de un Modelo de Trayectorias de Masas de Aire Contaminadas al Incidente de Acerinox.	Nº 21 Vol. VII 1999
PRADES, A.; GONZÁLEZ, F.	• La percepción social del riesgo: algo más que discrepancia entre expertos/público.	Nº 10 Vol. III 1995
PRIETO, C.; ESPAÑA, M.L.; Y OTROS	• Estimación de dosis a pacientes de Medicina Nuclear. Implementación de un programa de cálculo y metodología para su puesta en marcha.	Nº 18 Vol. VI 1998
PRIETO, M.J.; MORENO, M.; Y OTROS	• Sobreexposición accidental a radiaciones ionizantes: seis años de seguimiento.	Nº 16 Vol. V 1997
PUJOL, L.; SÁNCHEZ, J.A.	• Radiactividad del agua superficial y los sedimentos en la cuenca del Ebro. Utilización del tritio como radiotrazador en el tramo catalán.	Nº 15 Vol. V 1997
QUINDÓS, L.S.; FERNÁNDEZ, P.L.; Y OTROS	• Dosis de radiación debidas al radón en España.	Nº 2 1993
RAMOS, L.M.	• Limitación, vigilancia y control de efluentes radiactivos en las centrales nucleares españolas.	Nº 11 Vol. IV 1996
REAL, A.; ORTEGA, M.; Y OTROS	• Nuevas aproximaciones para el estudio de los Mecanismos de Oncogénesis Hematológica Radioinducida. Representantes españoles en la CCE [CGC 10]	Nº 20 Vol. VII 1999

# ÍNDICE ARTÍCULOS RADIOPROTECCIÓN (cont.)

REVILLA, J.L.; SANCHO, C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación española en el programa de I+D en Protección Radiológica dentro del área de Seguridad de la Fisión Nuclear de la CE (1992-1993).</li> </ul>	Nº 2 1993
ROBLES, B.; SUÁÑEZ, A.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclado de metales procedentes del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.</li> </ul>	Nº 10 Vol. III 1995
RÓDENAS, J.; VERDÚ, G.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producciones y consumo de alimentos en España para su aplicación en evaluaciones de impacto radiológico.</li> </ul>	Nº 2 1994
ROMERO, J.; DE LA TORRE, A.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la normativa aplicable al cálculo de blindajes en aceleradores lineales.</li> </ul>	Nº 2 Mayo 1992
RUIZ-CRUCES, R.; VAÑO, E.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas experimentales en radiobiología: métodos de evaluación de radiosensibilidad en cultivos celulares.</li> </ul>	Nº 1 1994
SÁEZ, D.G.; BORROTO, M.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección Radiológica en Radiología Intervencionista.</li> </ul>	Nº 22 Vol. VII 1999
SÁNCHEZ, J.G.; ARDANUY, R.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio piloto de control de calidad en radiodiagnóstico de hospitales de Ciudad Habana. Resultados dosimétricos en las radiografías de tórax póstero-anterior y columna lumbosacra lateral.</li> </ul>	Nº 17 Vol. VI 1998
SININAEVE, J.; MINGOT, F.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios estadísticos aplicables a los controles ambientales y a la realización de bioensayos en trabajadores expuestos a la inhalación de aerosoles radiactivos.</li> </ul>	Nº 19 Vol. VI 1998
SMITH, H.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación en Protección Radiológica en el 4º Programa Marco de la Unión Europea (1994-1998).</li> </ul>	Nº 8 Vol. III 1995
SOLLET, E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respuesta adaptativa en células. El papel que puede desempeñar en los organismos vivos.</li> </ul>	Nº 18 Vol. VI 1998
SOLLET, E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influencia de las nuevas recomendaciones del ICRP en Diseños Operativos. Aplicación práctica a la Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares.</li> </ul>	Nº 1 Noviembre 1991
SOLLET, E.; CARMENA, P.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura de seguridad en protección radiológica.</li> </ul>	Nº 12 Vol. IV 1996
STATHER, J.; MUIRHEAD, C.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de la protección radiológica: valor monetario del Sv persona para dosis ocupacionales.</li> </ul>	Nº 14 Vol. V 1997
STATHER, J.W.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cáncer inducido por radiación a dosis y tasas de dosis bajas.</li> </ul>	Nº 10 Vol. III 1995
STRADLING, G.N.; HODGSON, S.A.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El riesgo de cáncer inducido por la radiación a bajas dosis y tasas de dosis con fines de protección radiológica.</li> </ul>	Nº 15 Vol. V 1997
SUÁREZ, E.; FERNÁNDEZ, J.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficiente de dosis y evaluación de la incorporación por inhalación de polvo contaminado. Aplicación de los nuevos modelos biocinéticos de la C.I.P.R.</li> </ul>	Nº 13 Vol. IV 1996
SUGIER, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mapa de radiación natural y dosimétrico de España (proyecto MARNIA).</li> </ul>	Nº 7 Vol. II 1994
SUGIER, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Annie Sugier. Presidenta Saliente de la Sociedad Francesa de Radioprotección.</li> </ul>	Nº 15 Vol. V 1997
TORRES, C.; SIMÓN, I.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos éticos de la gestión de los riesgos radiológicos.</li> </ul>	Nº 11 Vol. IV 1996
ÚBEDA, A.; TRILLO, M.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología para la evaluación comparativa de la seguridad de los sistemas para la disposición final de los residuos tóxicos y radiactivos.</li> </ul>	Nº 2 1994
USERA, F.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiaciones RF de Antenas de Telefonía y Salud Pública: El Estado Actual de la Cuestión.</li> </ul>	Nº 20 Vol. VII 1999
VAÑO, E.; GUIBELALDE, E.; Y OTROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas sustitutivas a la utilización de radioisótopos marcadores en investigación biológica.</li> </ul>	Nº 9 Vol. III 1995
VEGANZONES, A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio preliminar sobre aspectos de Protección Radiológica en Radiología Vasculat Intervencionista.</li> </ul>	Nº 2 1994
VILLAESCUSA, J.I.; CAMPAYO, J.M.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen del Cuarto Plan General de Residuos Radiactivos.</li> </ul>	Nº 8 Vol. III 1995
WEBB, G.A.M.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos de Test en Tomografía Axial Computarizada. Aportaciones al Protocolo Español sobre Control de Calidad.</li> </ul>	Nº 8 Vol. III 1995
YNDURÁIN, F.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de la Protección Radiológica: Una manera de pensar en plena evolución.</li> </ul>	Nº 1 1994
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Félix Ynduráin. Director General del CIEMAT.</li> </ul>	Nº 16 Vol. V 1997

## Conferencia Internacional sobre la Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en colaboración con la Comisión Europea, la Organización Mundial de la Salud y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, organizó en Córdoba del 13 al 17 de Marzo de 2000 una conferencia internacional sobre la seguridad de la gestión de los residuos radiactivos como foro de intercambio de información, para examinar los temas de seguridad de los residuos y discutir las cuestiones abordadas por la Convención conjunta de 1997 sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos.

Esta conferencia que forma parte del ciclo de conferencias temáticas que organiza el OIEA cada 4 o 5 años, ha sido la más relevante en el tema de los residuos en los últimos años. Se estructuró en 3 sesiones generales, 7 sesiones técnicas cada una de ellas acompañada de una mesa redonda y un panel de conclusiones. En ella participaron representantes de 55 estados miembros del OIEA y de 6 organizaciones internacionales.

En los discursos de apertura se puso de manifiesto la paradoja existente en este tema de los residuos radiactivos y las preguntas pendientes que supuestamente esta conferencia debería responder. Así por ejemplo se citó que el desarrollo tecnológico actual garantiza una gestión segura de los residuos radiactivos, sin embargo la opinión pública está en contra de todo ello y los poderes públicos no han sido capaces hasta ahora de tomar una decisión; to-

da la preocupación actual se dirige hacia los residuos de alta actividad pero nada o casi nada hacia los de baja actividad o sobre los que ya han sido emitidos. ¿Es oportuno o no esperar para tomar una decisión sobre el destino final de los residuos radiactivos de alta actividad?

### SESIONES GENERALES

A continuación se resumen las aportaciones más interesantes de las sesiones generales.

#### • Políticas de Residuos Radiactivos en la UE

Esta ponencia trató sobre las políticas comunitarias y nacionales y los programas de investigación en residuos radiactivos. Las áreas que abarca el programa comunitario se refieren a los programas ambientales, los planes de acción, el programa marco de investigación, la ampliación de la UE y las Directivas. Los programas y planes abarcan los asuntos derivados de los residuos radiactivos de periodo corto, de periodos intermedio y largo y los residuos de alta actividad y el combustible gastado. Se puso de manifiesto la no existencia de una política común entre los países de la Unión, diferencias tan importantes como la distinta elección de formaciones geológicas o los programas de tiempo considerados.

Finlandia va a empezar a construir en el año 2010 su repositorio en el emplazamiento de la central nuclear de Olkiluoto. Alemania ha optado por las minas de sal, pero con la llegada del nuevo gobierno, se ha revisado su programa de residuos radiactivos. Bélgica está pensando formaciones arcillosas pero no antes de 50 años. Francia ha decidido un almacenamiento profundo y está estudiando las formaciones graníticas y de arcilla. España va a posponer su decisión por lo menos durante 10 años más. El Reino Unido entierra

sus residuos de periodo intermedio y largo en formaciones profundas en Sellafield, los de alta actividad los va a mantener almacenados durante 50 años y en la actualidad está reconsiderando su política. Italia y Holanda contemplan almacenamientos entre 50 y 100 años antes de su destino final.

Los programas de investigación abarcan áreas como las siguientes: partición y transmutación, emplazamientos, técnicas de encapsulado, manejo y almacenamiento y la evaluación completa de seguridad fundamentada científicamente para los almacenamientos de corta y larga duración. Las formaciones geológicas sobre las que se está investigando son: las minas de sal, arcilla, granitos, rocas cristalinas y el subsuelo marino. Varios países europeos entre los que no se encuentra España tiene en operación laboratorios geológicos profundos de investigación.

En la UE la responsabilidad de la gestión de los residuos radiactivos recae en los países, pero mientras que la UE promueve la cooperación y la armonización de políticas, estas distan de ser uniformes, lo que explica la ausencia de decisiones definitivas.

#### • Políticas de Residuos Radiactivos en la NEA de la OCDE

También la NEA está promoviendo entre los países la cooperación mutua y la armonización de prácticas. Sus actividades se centralizan en el RWC (radioactive waste committee). El almacenamiento definitivo en formaciones geológicas profundas no debe ser contemplada como una opción irreversible, los residuos almacenados deberían tener la capacidad de ser recuperados en el futuro. La tecnología actual para este almacenamiento profundo de larga duración esta suficientemente madura y esta opción del almacenamiento geológico profundo es una opción segura y apropiada para la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad. La reversibilidad y la recuperación deben ser características de los repositorios finales de residuos radiactivos de alta actividad y las decisiones técnicas y políticas sobre los mismos deben contar con la aceptación y confianza de la opinión pública.

• **Perspectiva de los Residuos Radiactivos desde la Organización Mundial de la Salud**

Esta intervención se centró sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes entre los que hay que tener en cuenta además los de índole psicológica. Entre los efectos de carácter hereditario se citó el referente a la inestabilidad del genoma y entre los somáticos se habló el efecto de bystanders que se refiere a la respuesta de células que no han sido directamente impactadas por la radiación sino que son células adyacentes a estas últimas. Se aboga por una gestión integral de los riesgos en la que los residuos radiactivos sean considerados un subproducto de la energía nuclear como lo es el CO<sub>2</sub> que causa el cambio climático respecto de las centrales térmicas. La estrategia global de la OMS respecto a los efectos de las radiaciones ionizantes se centra en la evaluación del impacto en la salud de la inestabilidad del genoma en las exposiciones de la población y del efecto psicológico de tales exposiciones.

• **Recomendaciones de ICRP sobre Residuos Radiactivos**

El presidente del ICRP centra su presentación en las publicaciones de ICRP referentes a los residuos radiactivos emitidas con posterioridad a la publicación 60 del ICRP. En particular cita la publicación 77 que define la política general de ICRP sobre los residuos radiactivos, la publicación 81 sobre la gestión final de residuos radiactivos de periodo largo y la 82 respecto a la protección del público en situación de exposiciones prolongadas, estas dos últimas todavía no aparecidas.

La publicación 81 se refiere sobre todo a las técnicas de concentración y retención de los residuos radiactivos y a las dosis que ello puede dar lugar, dosis a futuro que quizás no se recibirán nunca.

Las estimaciones de dosis individuales que se realizan abarcan grandes periodos de tiempo y distancias haciendo en todo caso muy imprecisas y poco fiables las estimaciones de las dosis colectivas por las incertidumbres aportadas y por las técnicas de modelización empleadas. Las estimaciones de dosis y

riesgos solo son fiables para unos pocos cientos de años por lo que los factores de dosis derivados solo son indicativos de los riesgos pero no se deben aplicar con carácter cuantitativo. El criterio de restricción de dosis individual a un miembro el público que se aplica a los residuos radiactivos sólidos es de 0,3 mSv/año o lo que es lo mismo un riesgo equivalente de 10<sup>-5</sup> al año. Se debe reducir el riesgo de intrusión humana de las generaciones futuras en los repositorios y el nivel de protección de estas debe ser al menos igual que el de las actuales.

En lo referente a efluentes, la dosis colectiva solo tiene sentido si viene agrupada en bloques de dosis individuales y tiempo de recepción.

• **Dimensión sociopolítica, legal y científica de la gestión de los Residuos Radiactivos**

La consejera de la Nuclear Regulatory Commission (NRC) de los EE.UU. habla de la política prescriptiva seguida en USA para la gestión de los residuos radiactivos y delinea los elementos principales de tal política, como son: el establecimiento y puesta en práctica de un marco legal, el establecimiento de un organismo regulador, la definición de responsabilidades de los generadores de residuos radiactivos y de los operadores de las instalaciones de gestión de residuos radiactivos, la existencia de recursos adecuados, la exigencia del cumplimiento con los preceptos legales, la implantación de un proceso de licencia de las instalaciones, la asesoría a los gobiernos, y la participación y consulta con la opinión pública.

**SESIONES TÉCNICAS**

El contenido de las sesiones técnicas se resume a continuación

• **Cuestiones de seguridad en relación con el emplazamiento de instalaciones de gestión de desechos radiactivos.**

La primera sesión técnica versó sobre cuestiones de seguridad de los emplazamientos de las instalaciones de gestión de residuos radiactivos incluyendo su impacto ambiental y la aceptación

del público. El tema mas relevante que queda sin resolver es si los repositorios de residuos radiactivos de alta actividad tienen que tener una dimensión internacional compartida por varios países, con los problemas de índole ético asociados y las indudables ventajas de gestión, ó nacional con soluciones distintas y enfoques no necesariamente coincidentes. Se constata la necesidad de que el público participe en la toma de decisiones.

La comunicación eficaz con el público es un elemento importante para crear y mantener la confianza y promover contribuciones significativas al proceso de adopción de decisiones. Los especialistas técnicos tienen que expresar las cuestiones complejas de la gestión de desechos en términos que estén claros y sean comprensibles para todas las partes interesadas.

Los adversarios del emplazamiento de repositorios geológicos citan a menudo el riesgo como razón de su oposición. No obstante la consideración del riesgo en el contexto de la disposición final geológica es especialmente compleja, pues pueden ser significativas las cuestiones de transferencia de riesgos a otras poblaciones y a otras generaciones. Las personas son reacias con frecuencia a aceptar cualquier riesgo derivado de la disposición final de desechos porque no se percatan de su necesidad o de sus beneficios.

El emplazamiento de repositorios tiene dimensiones locales, nacionales e internacionales. Aumentar la confianza del público a nivel local es una etapa importante en cualquier proceso de emplazamiento de instalaciones para la disposición final.

El proceso de emplazamiento no puede ser, desde un punto de vista realista, cuestión de encontrar el mejor emplazamiento posible, debe determinar emplazamientos que sean, como mínimo, suficientemente adecuados para cumplir las normas básicas necesarias con el fin de proteger la salud y la seguridad del público y el medio ambiente y debería satisfacer el requisito de que las dosis se mantengan "en el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse".

### • Aspectos de seguridad legislativos y generales

La segunda sesión técnica trató sobre aspectos generales de seguridad y de protección radiológica. Se puso de manifiesto la contradicción existente entre la restricción de dosis para el público aplicable a la gestión de residuos radiactivos artificiales de 0,3 mSv/año y la que se propugna para los naturales de 1 mSv/año.

Se insistió en que la Convención conjunta del OIEA sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos constituye un buen marco de referencia para el desarrollo de regulaciones nacionales y además existe actualmente una base bien establecida y comprendida para elaborar estructuras legislativas y regulatorias nacionales, aunque sigue todavía sin resolverse la cuestión de independencia y soberanía nacional en la promulgación de reglamentos respecto a la prevalencia de la normativa de carácter internacional, pero se constató que la regulación internacional debe ser independiente de las políticas nacionales y debe definir con claridad lo que se entiende por suficiente seguridad de un repositorio a largo plazo.

No tiene sentido hacer ejercicios de seguridad para 10.000 años de duración, es más razonable y creíble asegurar la seguridad para unas pocas generaciones posteriores y dejar que estas generaciones futuras puedan decidir consecuentemente.

Se expresó la firme convicción de que la opinión comúnmente expresada sobre que la generación actual debe adoptar medidas para la disposición final de los residuos actualmente existentes podría cuestionarse, dado que no puede tenerse la certeza de que incluso la próxima generación (o generaciones posteriores) compartan las opiniones actuales sobre la aceptabilidad y por lo tanto sobre los requisitos reglamentarios y porque serán las futuras generaciones las que tendrán que continuar y finalizar los proyectos actualmente comenzados.

El regulador debe mantener una independencia efectiva con respecto a los proponentes y a la interferencia política en el proceso de adopción de decisio-

nes en materia de reglamentación. Los sistemas legislativos deberían garantizar que así ocurra.

### • Cuestiones de seguridad en la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos.

La tercera sesión técnica trató sobre los aspectos de seguridad en la gestión de los residuos radiactivos antes de su gestión final.

Se trataron los temas de la exención y la desclasificación cuyos principios están bien establecidos y entendidos por reguladores y operadores. La filosofía de la desclasificación necesita ahora convertirse en un proceso administrativo práctico dentro de los sistemas regulatorios nacionales.



Siguen sin embargo habiendo problemas para la aplicación de la desclasificación a los materiales con radiactividad natural puesto que si se aplican los mismos valores numéricos que se utilizan en la actualidad para los radionucleidos artificiales, se obtendrían niveles de radionucleidos naturales que son imposibles de distinguir del fondo o que se producen como variaciones naturales de los niveles de actividad natural. Pueden formularse argumentos de protección radiológica para aplicar criterios de dosis más elevados a estos materiales (en comparación con los aplicados en caso de radionucleidos artificiales), pero puede ser difícil explicar a otras partes interesadas dichas diferencias.

Queda todavía por hacer que el público entienda y acepte el proceso de la desclasificación, sobre todo porque desclasificar significa que el material puede ser tratado a todos los efectos como no radiactivo, pero no porque la dosis máxima individual sea menos que 10µSv/año sino porque la protección radiológica ha sido optimizada, y este enfoque es el que los reguladores deben propiciar. De nuevo se resalta la necesidad de una armonización reguladora y

de prácticas a nivel internacional.

Si se quieren evitar problemas con el movimiento de materiales a través de las fronteras nacionales, es esencial un acuerdo internacional con respecto a los niveles por debajo de los cuales no es necesario el control. Este es un ejemplo de un caso en el que es necesario superar las preocupaciones de soberanía nacional para lograr la armonización internacional necesaria.

Se están desarrollando otras tecnologías, principalmente, la fragmentación y transmutación de radionucleidos de período largo, en una serie de países, como alternativas a los métodos existentes, pero seguirá siendo necesaria eventualmente la disposición final de desechos.

Las incertidumbres sobre la eventual disposición final originan problemas para la gestión previa a la disposición final (por ejemplo, la posible necesidad de reacondicionar desechos para un concepto de disposición final diferente), y estos problemas aumentarán si continúa demorándose la disposición final. Si no se dispone de ningún repositorio puede ser difícil emplazar la nueva capacidad de almacenamiento que será necesaria, porque el almacenamiento se considerará como potencialmente permanente.

Una de las medidas más beneficiosas en la gestión previa a la disposición final, en lo que se refiere a la seguridad, es convertir desechos líquidos de actividad alta a forma sólida.

### • Cuestiones de seguridad en la disposición final cerca de la superficie de desechos radiactivos.

La cuarta sesión técnica se ocupó de las cuestiones de seguridad relativas a los emplazamientos superficiales.

Por un lado se trataron los residuos en superficie de la minería con los problemas que ello lleva consigo como la exposición al radón, la migración de especies de período largo, la generación de polvo radiactivo, la generación de medios ácidos, su reconversión en materiales de construcción, la generación de chatarras con niveles muy altos de contaminación de hasta varios miles de Bq/g, la contaminación de las aguas, su proximidad a núcleos de población, la abundancia de instalaciones, la falta

de recursos nacionales para acometer labores de recuperación y de infraestructura reguladora de muchos países. Las principales líneas estratégicas de seguridad para la gestión de los residuos de las actividades mineras se basan en el principio de la intervención sin olvidar la necesidad de mantener una vigilancia institucional durante muchos años.

Por otro lado también se trató el tema de los repositorios superficiales que constituyen o pueden constituir un sistema seguro y socialmente aceptado para el almacenamiento definitivo de los residuos de baja y media actividad. Sin embargo el grado de desarrollo regulador en la materia no es uniforme en todos los países por lo que los programas de gestión de residuos del OIEA constituyen una buena referencia internacional. Se definieron las líneas básicas de los análisis de seguridad y protección de los repositorios superficiales teniendo en cuenta los procesos naturales, la intrusión humana, el control institucional, los límites de exposición, los objetivos de seguridad y los principios de intervención cuando estos objetivos se superan.

Un tema general que se puso de manifiesto en esta sesión técnica así como a lo largo de toda la conferencia fue el menor grado de uniformidad o incluso inconsistencia institucional y reguladora en el tema de los residuos radiactivos entre los diferentes países, mucho más acusado que sobre las centrales nucleares en el que se observa un mayor grado de uniformidad.

La referencia al control institucional "a perpetuidad" puede ser equívoca: la experiencia indica que dicho control no puede garantizarse más que durante unas pocas generaciones futuras. A partir de ahí, todo lo que podemos hacer es admitir que pasa a ser una cuestión para las generaciones futuras, y no podemos prejuzgar sus decisiones.

El concepto del control institucional a largo plazo debería ser, por lo tanto, establecer un vínculo para transmitir la información y la experiencia a las instituciones de las futuras generaciones que tendrán que mantener dicho control.

Para la mayoría de los tipos de disposición final de desechos, el control institucional es, como máximo, un elemento en

un sistema de defensa en profundidad; en realidad, en el caso de la disposición final geológica su principal finalidad sería proporcionar garantías, más que contribuir a la seguridad. En el caso de los desechos procedentes de la minería y tratamiento, puede ser solamente una línea de defensa viable para el futuro.

Las cuestiones de este tipo rebasan el escenario puramente técnico, y requieren amplias deliberaciones con un espectro mucho más amplio de personas para elaborar soluciones realistas que puedan ser objeto de amplio apoyo. Se ha sugerido la idea de un foro internacional para considerar dichas cuestiones.

Aunque la disposición final cerca de la superficie se utiliza en muchos países, existen otros enfoques o se están considerando, por ejemplo, almacenamiento en la superficie en espera de que se construya un repositorio geológico para varios tipos de desechos. Dichas variantes dependen mucho de las circunstancias nacionales, y se observó que la aceptación del público representaba un papel mucho más importante que el costo en tales decisiones.

#### • *Cuestiones de seguridad de la disposición final geológica de desechos radiactivos.*

La quinta sesión técnica trató sobre los almacenamientos profundos en formaciones geológicas. A este respecto se señaló que el almacenamiento superficial no es una alternativa a los geológicos profundos, es más bien una solución transitoria.

Los desechos radiactivos existen, y no adoptar decisiones ahora sobre cómo gestionarlos no es una opción. La disposición final geológica profunda de desechos radiactivos plantea una serie de problemas de seguridad y éticos. Debe realizarse de modo que la seguridad quede garantizada tanto ahora como en el futuro. La actual generación tiene que tener presentes las necesidades y la seguridad de las futuras generaciones y no cometer los mismos errores que se cometieron en el pasado.

Las cuestiones clave que hay que considerar son, entre otras: la demostración de la seguridad de la disposición final geológica profunda de desechos radiac-

tivos de período largo y el logro de la aceptación del público y un compromiso al respecto; la seguridad y sostenibilidad del almacenamiento superficial a largo plazo; las repercusiones para la seguridad del establecimiento de almacenamientos subterráneos de materiales recuperables hasta que se proceda a la disposición final; y las ventajas de las instalaciones internacionales o regionales de disposición final para ayudar a pequeños países y limitar el número de emplazamientos de disposición final.

Se ha realizado una gran cantidad de trabajo en investigación y desarrollo, con participación de laboratorios geológicos, y existen suficientes conocimientos técnicos para permitir a la presente generación la gestión y disposición final seguras de desechos radiactivos, no obstante, se han hecho pocos progresos a escala internacional en el establecimiento real de instalaciones de disposición final geológica.

El almacenamiento perpetuo de desechos radiactivos no es una práctica sostenible y no ofrece solución alguna para el futuro; más bien, es una fase intermedia en la gestión integrada de los desechos radiactivos. Aunque el almacenamiento vigilable, recuperable y pasivamente seguro de desechos puede lograrse para décadas, deben realizarse progresos hacia el desarrollo de la disposición final.

Las investigaciones han indicado que el almacenamiento en seco puede seguir siendo seguro durante muchas décadas, siempre que se mantenga el control regulatorio. No obstante, incluso si los adelantos tecnológicos hiciesen el almacenamiento seguro viable para largos períodos, las cuestiones relativas al mantenimiento del control institucional podrían ser un factor limitativo.

La transmutación y partición no invalidan la necesidad de un almacenamiento profundo y además sus costes riesgos pueden no estar justificados en base solo a la reducción de riesgos que aporta al almacenamiento profundo posterior. La capacidad de un almacenamiento profundo de poder recuperar los residuos allí almacenados impone servidumbres y penalizaciones de seguridad pero en general estas no son inaceptables.

Es más importante ser capaz de demostrar con sencillez la seguridad de uno de estos repositorios profundos que buscar niveles absolutos de seguridad. En la actualidad se posee la tecnología suficiente para asegurar que no se van a cometer errores en las opciones que se escojan más que para asegurar que dichas opciones van a ser perfectas.

La reversibilidad de los almacenamientos profundos debe ser entendida no como una opción de seguridad sino como una alternativa ética para dejar a las generaciones futuras la posibilidad de consolidar o no la opción elegida con anterioridad. A nivel internacional se debe encontrar el mayor grado de consenso sobre las siguientes cuestiones: ¿Es el almacenamiento profundo la mejor opción, o lo es el almacenamiento en superficie?, ¿Cuánto tiempo es razonable para los almacenamientos profundos?, ¿Qué opción se debe tomar después de finalizado el tiempo previsto para un almacenamiento superficial?

Se debe demostrar la seguridad a largo plazo de los almacenamientos profundos. Se debe conseguir la aceptación y compromiso del público y éste debe participar en el proceso de toma de decisiones. Se debe conseguir un consenso internacional en las bases de seguridad de estas opciones de gestión así como el periodo de control institucional hasta que las generaciones futuras se hagan cargo.

#### • *Gestión segura de fuentes radiactivas en desuso.*

La sexta sesión técnica trató sobre la gestión segura de las fuentes usadas. Son características comunes a nivel internacional de estas fuentes usadas las siguientes: almacenamientos no seguros, falta de repositorios, son objeto de robo o de potencial robo y no solo provienen de usos civiles sino también de usos militares.

En los accidentes debidos a las fuentes de radiación intervienen principalmente fuentes de radiografía industrial (aproximadamente el 90%) y fuentes de teleterapia (aproximadamente el 10%); en el caso de accidentes mortales, las proporciones correspondientes son del 70% y el 30%, aproximadamente. Los radionucleidos que más comúnmente intervienen son el iridio 192, cobalto 60 y

cesio 137. Aproximadamente el 75% de los accidentes se deben a fallos en los procedimientos del operador y sólo el 25% se deben a fallos del equipo.

El elemento clave para evitar dichos accidentes es la existencia de un sistema regulatorio nacional eficaz, aplicado por personas con los conocimientos adecuados. Dichos sistemas deben incluir un control riguroso del inventario de fuentes, pero también deben de garantizar las acciones a desarrollar en caso de pérdida del control de una fuente y la capacidad para llevar a cabo dichas acciones.

Las fuentes de radiación fuera de control pueden tener repercusiones en organizaciones no reguladas por el sistema regulatorio, tales como la industria del acero. En dichos casos, los reguladores pueden concertar con dichas organizaciones acuerdos voluntarios que ayuden a mantener o recuperar el control de las fuentes.

El OIEA ha desarrollado programas de asistencia internacional que incluyen actividades tales como: intercambio de información, educación y entrenamiento, apoyo y refuerzo de la acción reguladora, asistencia en situación de emergencia radiológica y cooperación internacional entre agencias. Las opciones para desprenderse de este tipo de fuentes deben ser viables, accesibles y baratas, y los fabricantes deben jugar un papel importante en estas opciones. En cualquier caso la principal responsabilidad recae en los propios países, aunque muy a menudo, sobre todo en los países pobres esta responsabilidad no se ejerce.

Entre las opciones que se pueden considerar se encuentran el devolver la fuente gastada al fabricante para así reducir el inventario internacional y reducir la posibilidad de accidentes, pero existen problemas de coste y de responsabilidad. Se aventura como solución incluir en el proceso de compra el coste de la opción de desprenderse de la fuente que se decida. Se propone categorizar este tipo de fuentes en tres grupos, de mayor a menor importancia radiológica para así facilitar su gestión y que solo las de mayor riesgo radiológico se devuelvan al fabricante. Los organismos reguladores deberían considerar esta propuesta y trabajar en su desarrollo.

La cuestión decisiva es la de las fuentes en desuso pero no necesariamente la de las fuentes gastadas. En algunos sistemas de reglamentación esta puede ser una distinción importante para aceptar la devolución de las fuentes en desuso (puede que las fuentes gastadas se consideren como desechos radiactivos, pero no las fuentes en desuso).

La Conferencia expresó su apoyo al plan de acción del Organismo para la seguridad de las fuentes de radiación y la seguridad de los materiales radiactivos y su interés en la elaboración en curso de un código internacional de conducta en esta esfera.

#### • *Movimiento transfronterizo de desechos radiactivos.*

La séptima y última sesión técnica trató sobre los movimientos transfronterizos de residuos radiactivos. Se resalta la necesidad de armonizar la legislación nacional en este tema. A este respecto el artículo 27 de la convención conjunta puede ser una buena base de partida pues en él se asignan responsabilidades tanto al país de origen del transporte como al de destino.

Ahora bien, sobre la cuestión del movimiento transfronterizo de los denominados "materiales de bajo riesgo", no existe consenso internacional alguno sobre qué materiales entran o no en el ámbito de la Convención conjunta. Sería de desear que hubiese uniformidad no sólo a nivel internacional, sino también a nivel nacional, de modo que quedase garantizada una determinada coherencia de diferentes leyes en diferentes temas, así como de las definiciones en dicha legislación.

No existe ningún requisito general según el derecho internacional para la aprobación por Estados costeros de las expediciones de desechos radiactivos a través de sus aguas territoriales, con tal de que se adopten las precauciones de seguridad necesarias. Se señaló la preocupación de los países del MERCOSUR acerca del tránsito de materiales radiactivos a través de las aguas de América del Sur, así como el reglamento de la Unión Europea sobre tránsito de materiales radiactivos.

Actualmente, la responsabilidad civil está en gran parte regida por el derecho

internacional privado, con todas las incertidumbres que se derivan del mismo para las víctimas potenciales. Dado el papel que dichas incertidumbres desempeñan en el fomento de la oposición al transporte internacional de materiales radiactivos, una mayor adhesión al régimen internacional de responsabilidad nuclear ayudaría a lograr una más amplia aceptación de dicho transporte.

La responsabilidad de la observancia de las normas internacionales para el transporte de materiales radiactivos por medios marítimos incumbe al Estado de abanderamiento, aunque se espera que la Organización Marítima Internacional (OMI) haga obligatoria en breve la observación de dichas normas. Con respecto al movimiento de materiales radiactivos a través de los estrechos internacionales, los tránsitos - en particular a través del Canal de Panamá - no han ocasionado ningún problema significativo. En muchos casos, la OMI ha introducido regímenes especiales relativos a dichos estrechos.

El transporte internacional de materiales radiactivos tiene un excelente historial de seguridad. No obstante, existe una amplia disparidad entre la percepción del público y la realidad a este respecto. Es necesario un diálogo constructivo y abierto con las partes interesadas ('stakeholders') para explicar el régimen, aunque a veces complicado, de transporte internacional de materiales radiactivos, incluidos los desechos, y el historial de seguridad del mismo. Los que lleven a cabo dicho diálogo necesitarán tener presentes los requisitos de la protección física de los materiales nucleares.

## Segundo Seminario Internacional del ISOE sobre gestión de dosis ocupacionales en Plantas Nucleares

Este Seminario tuvo lugar del 4 al 7 de abril en Tarragona, organizado por el CEPN (Centro Técnico Europeo del ISOE) en colaboración con la Comisión Europea. Colaboraron como patrocinadores la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (NEA), el Organismo Interna-

cional de Energía Atómica (OIEA) y el consorcio Ascó-Vandellós.

Estos seminarios se establecen como punto de reunión para seguir trabajando sobre los temas de mayor relevancia. Las conclusiones y recomendaciones que de él se desprendan sirven de guía para la adquisición de compromisos para los países participantes.

A este segundo Seminario asistieron cerca de 160 profesionales de 21 países, principalmente de Europa del Oeste y otros países, abarcando todos los continentes excepto África. Los países con una mayor representación fueron Francia



Vista general de la Exposición Comercial



El Seminario contó con una numerosa asistencia



Un momento de la Rueda de Prensa

y España. Asimismo resalta la participación de Alemania, Reino Unido, EE.UU. y países de la Europa del Este. Es importante destacar la presencia de relevantes personalidades de la PR en el ámbito mundial. Un gran porcentaje de los asistentes eran de Organismos reguladores y Jefes de PR de Plantas Nucleares.

La apertura del Seminario corrió a cargo de D. Aníbal Martín, Vicepresidente del CSN, quien resaltó los retos que plantea el nuevo marco de liberalización del Sector Eléctrico, a la vez que expresó la total confianza del CSN en que continuarán progresando los niveles de calidad desarrollados hasta el momento por las instalaciones.

El Seminario incluyó las siguientes actividades:

1. Conferencias englobadas en los siguientes grupos:

- Nuevos retos para la Protección Radiológica en Centrales Nucleares.
- Protección Radiológica en el desmantelamiento de Centrales Nucleares.
- Aplicación de la Protección Radiológica en tareas de larga duración.
- Protección Radiológica operacional.
- Gestión y control de la contaminación personal.
- Reducción de las tasas de dosis a partir de tratamientos químicos y de descontaminación.

2. Presentación de Posters encuadrados en las siguientes áreas:

- Implementación de los principios ALARA.

- Protección Radiológica.
- Gestión de residuos.

3. Reunión en grupos de trabajo y posterior puesta en común sobre los siguientes temas:

- Criterios de desclasificación de residuos. Diferencias entre distintos países.
- Establecimiento de criterios para emisión de residuos líquidos y gaseosos.
- Consecuencias de la desregularización del Sector Eléctrico en la Seguridad y la Protección Radiológica.
- ¿Utilidad de la dosis colectiva como indicador ALARA?
- Coste de la Protección Radiológica.
- Control de la contaminación personal y de materiales.
- Técnicas de descontaminación.

4. Presentación de Stands con carácter comercial.

5. Visita a las centrales nucleares Vandellós I y II.

Las **Conclusiones y Recomendaciones finales** del Seminario fueron:

- Continuar con las mejoras en la reducción de las tasas de dosis (inyección de zinc, de hidrógeno...).



- Necesidad de armonizar tanto las prácticas como la regulación de trabajadores externos, desclasificación, descontaminación del personal, etc.

- Mejorar el intercambio de información en el desmantelamiento, tanto de la operación como de los incidentes producidos.

- Imaginar nuevas vías de gestión de la PR para evitar impactos negativos de la desregularización sobre las exposiciones.

- Mantener el servicio de PR independiente de Operación y Mantenimiento y directamente conectado con la Dirección de la Planta.

- Mantener la dosis colectiva como herramienta de gestión muy útil, tanto como indicador de ejecución de trabajos como herramienta de optimización.

- Utilizar otros indicadores como: horas-hombre, índice de dosis, distribución de dosis individual...

El segundo día del Seminario se organizó una rueda de prensa con asistencia de los medios de comunicación locales y autonómicos. En dicha rueda de prensa participaron los representantes de la UE, NEA, OIEA y Centro Europeo del ISOE (CEPN) presentes en el Seminario.

Beatriz Gómez-Argüello

## Reorganización del CSN: Nueva estructura orgánica

Los cambios producidos en el sector eléctrico a raíz de la Ley 54/1997 hicieron imprescindible reforzar la actividad inspectora y de control de la experiencia operativa y la seguridad de las centrales nucleares. Posteriormente, la Ley 14/1999 atribuye al Consejo de Seguridad Nuclear nuevas competencias en materia de protección radiológica del público y del medio ambiente en todo el territorio español, calificación y gestión de residuos radiactivos, coordinación en situaciones excepcionales que puedan afectar a la seguridad nuclear en actividades no reguladas por la legislación nuclear y aprobación de normas de carácter técnico.

El Real Decreto 469/2000, de 7 abril, publicado en el B.O.E. el 10 de mayo, es la respuesta a ese reforzamiento de ciertas áreas de actuación del

Consejo de Seguridad Nuclear y la necesidad de hacer frente a las nuevas atribuciones. Según este Real Decreto, al frente de la estructura orgánica básica del Consejo de Seguridad Nuclear se encuentran el Presidente, asistido por dos Consejeros, y el Vicepresidente, asesorado por un Consejero. Del Presidente depende directamente el Secretario General, y de éste, a su vez, la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear, la Dirección Técnica de Protección Radiológica y la Subdirección General de Personal y Administración. Por su parte, de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear dependen la Subdirección General de Instalaciones Nucleares, la Subdirección General de Ingeniería y la Subdirección General de Tecnología Nuclear. De la Dirección Técnica de Protección Radiológica dependen la Subdirección General de Protección Radiológica Ambiental, la Subdirección General de Protección Radiológica Operacional y la Subdirección General de Emergencias. Y de la Subdirección General de Personal y Administración dependen la Asesoría Jurídica y la Subdirección General de Planificación, Sistemas de Información y Calidad.

## Programa de Fomento de la Investigación Técnica

El pasado 9 de marzo de 2000 se publicó, en el Boletín Oficial del Estado, la Orden Ministerial por la que se regulan las bases, el régimen de ayudas y la gestión del Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) perteneciente al Plan Nacional de Investigación Tecnológica 2000-2003.

Mediante el Acuerdo del Consejo de Ministros celebrado el 12 de noviembre de 1999, quedó aprobado el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003 que corresponde a la necesidad de definir una estrategia global para todas las actuaciones públicas gestionadas por los departamentos ministeriales con competencias sectoriales en investigación científica y desarrollo tecnológico. Los objetivos son contribuir a las condiciones favorables para el aumento de

la capacidad de absorción tecnológica de las empresas, el fortalecimiento de los sectores y mercados de rápido crecimiento y la creación o desarrollo de las empresas de base tecnológica.

El Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) comprende, en concreto, los programas nacionales de las áreas científico-tecnológicas que tengan que ser gestionadas por el Ministerio de Industria y Energía. La presente Orden establece las bases de las ayudas dentro del Programa de Fomento de la Investigación (PROFIT) pertenecientes a todo el período temporal del Plan Nacional. Esto permite que dentro del marco flexible que establece el Plan, se realicen las convocatorias de las ayudas a lo largo de todo su período de vigencia. La estructura y el ámbito material del Programa encierra las áreas de la Biotecnología, Diseño y Producción industrial, Materiales, Procesos y Productos Químicos, Recursos Naturales y Agroalimentarios entre otros, así como acciones horizontales de apoyo con otros proyectos y actuaciones.

## Seminario sobre "Bioefectos de la Exposición a Campos Electromagnéticos Transitorios"

Los días 6 y 7 de mayo pasado ha tenido lugar en Madrid un Seminario de la Acción Europea COST 254 bis, de la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), y del Ministerio Español de Sanidad y Consumo en colaboración con la SEPR sobre "Bioeffects of Transient Electromagnetic Fields Exposure", Bioefectos de la Exposición a Campos Electromagnéticos Transitorios (TF's).

El Seminario ha tenido lugar en el Hospital Ramón y Cajal. Han participado en su apertura el Presidente de la Acción Europea, el Dr. Arne Wennberg (Estocolmo, Suecia), el Presidente de la European Bioelectromagnetics Association, Dr. Paolo Vecchia (Roma, Italia), el Director Médico, Dr. José Perales y el Subdirector de Docencia e Investigación, Dr. Carlos Quereda, del Hospital Ramón y Cajal. Entre los trece Ponentes

se ha tratado de la generación de estos campos pulsados, tanto a bajas frecuencias como a radiofrecuencias, de sus características, mediciones, mecanismos de interacciones biológicas, e aplicaciones terapéuticas como tecnológicas no médicas.

La complejidad del tema y el hecho de las numerosas fuentes de TF's en la vida cotidiana ha llevado a los cuatro ponentes de la Primera Sesión (Austria, Finlandia e Inglaterra) a estudiar los modos de mediciones de estos campos complejos y las estimaciones de las exposiciones a ellos.

Las exposiciones transitorias se producen por ejemplo, tanto por sistemas antirrobos, como por los de identificación personal y los de seguridad, así como en trenes eléctricos. Este último tema ha sido ampliamente tratado en la tercera sesión por el Dr. S. Eggert (Federal Institute of Occupational Safety and Health, Berlin, Alemania). En las normativas actuales de exposición, los ponentes y participantes han considerado necesario que se tomen en cuenta especialmente los TF's y exposiciones transitorias frecuentes.

La Segunda Sesión con cinco ponentes (de los Estados Unidos, Italia, Suecia y Alemania) se ha desarrollado sobre las constantes de tiempo en sistemas biológicos in vivo e in vitro. Se ha mostrado cómo y porqué no solamente procesos de tiempos constantes acompañados de alteraciones eléctricas son importantes para bioefectos, sino que también se pueden producir alteraciones de procesos metabólicos casi electroneutrales. Una de las conclusiones de esta sesión fue que se necesita desarrollar métodos para evaluar precisamente constantes de tiempo con posibles significancias para procesos eléctricos induciendo respuestas biológicas. Dentro de este tema se analizó el tratamiento dielectroferético y la electrorotación, esta última con especial atención. El comportamiento y las alteraciones de la conductividad membranar por los TF's a ELF's como a RF's se han estudiado y discutido ampliamente.

Las aplicaciones terapéuticas y militares como estudios precisos de las fuentes de campos pulsados de fuertes potencias fueron ampliamente expuestos y

discutidos en la Tercera Sesión del Seminario por los cuatro ponentes (de Alemania, Polonia y Holanda).

Jocelyne Leal.

### El Servicio de BioElectromagnética-Investigación del Hospital Ramón y Cajal, participante español en el Proyecto Europeo REFLEX, que investiga los efectos de las radiofrecuencias de telefonía móvil

El pasado 20 de marzo la Comisión Europea hizo públicos los detalles sobre su plan de apoyo a investigaciones "relacionadas con el potencial impacto en la salud humana de la radiación electromagnética en el rango kHz-GHz" dentro de su 5 Programa Marco para la Investigación y el Desarrollo. El Proyecto REFLEX: *Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Energy Electromagnetic Fields Exposure Using Sensitive in vitro Methods*, fue seleccionado. Se trata de un proyecto multidisciplinar y multilaboratorio, coordinado por el Prof. Dr. Franz Adlkofer, de la VERUM Foundation, Munich. Su objetivo es "llevar a cabo investigaciones in vitro sobre respuestas moleculares y funcionales a radiaciones no ionizantes, empleando modelos celulares y tisulares apropiados." Un total de 9 laboratorios de 7 países europeos colaborarán en estudios sobre los efectos de señales típicas de sistemas GSM en la proliferación, transformación, genotoxicidad, expresión génica, diferenciación, desarrollo y estrés oxidativo. Cada equipo será responsable de una parte de la investigación. El equipo español del hospital Ramón y Cajal, que ha conseguido una reputación internacional a lo largo de sus cerca de 20 años investigando en el área de las aplicaciones biomédicas de las radiaciones no ionizantes, fue invitado a sumarse al proyecto. Este equipo forma parte de la SEPR, con la que colabora activamente desde hace años dentro de la sección

de radioprotección ante radiaciones no ionizantes, y llevará a cabo investigaciones de respuesta inducida por señales de telefonía móvil en células stem embrionarias y en cultivos de células de cánceres humanos. El Proyecto REFLEX tendrá una duración de 3 años y un coste aproximado de 3.149.621 Euros. La Unión Europea contribuirá con 2.059.450 y el resto será aportado por la Fundación VERUM y los gobiernos suizo y finlandés.

### Comité Estratégico de I+D sobre Energía Nuclear (CEIDEN)

A instancias del Ministerio de Industria y Energía, y en concreto de su Director General de la Energía, D. Antonio Gomis, el 22 de setiembre de 1999 se constituyó el Comité Estratégico de I+D sobre Energía Nuclear, conocido como CEIDEN.

El Comité, presidido por el propio Director General, está constituido por representantes de primer nivel del CSN, las Empresas Eléctricas, ENUSA, ENRESA, el CIEMAT y la OCYT y se ha fijado como objetivos:

- Definir las líneas de investigación a desarrollar y establecer un Plan estratégico conjunto de I+D a nivel nacional, a partir de los análisis, estudios y propuestas preparadas por los diferentes agentes tecnológicos

- Establecer los esquemas de financiación de los nuevos desarrollos y orientar cuando sea posible la obtención de fondos de otros programas, como puede ser el V Programa Marco de EURATOM.

- Realizar el seguimiento de los Programas de I+D en desarrollo, y efectuar recomendaciones para corregir las desviaciones.

En definitiva se trata de establecer una coordinación entre todas las entidades implicadas en el área de la I+D sobre Energía Nuclear para optimizar los medios disponibles, siguiendo la línea de anteriores esfuerzos como fue el caso de la UET (Unidad de Estrategia Tecnológica) sobre Energía Nuclear, elaborada en el año 1995.

Como tareas inmediatas el Comité se

impuso el conocimiento de la realidad de los distintos programas en curso para, a partir de ahí, establecer una primera propuesta de temas prioritarios y estrategias a seguir para alcanzarlos.

Para realizar estas tareas se constituyó una Comisión, presidida por el Subdirector General de Energía Nuclear, D. Javier Arana, e integrada por altos representantes de las entidades que constituyen el Comité, así como de DTN, ENSA y TECNATOM.

Esta Comisión ha recogido datos sobre los proyectos de I+D nuclear con los

que ha constituido una primera base de datos, y ha abordado la elaboración de unas estrategias de I+D, a través de siete Grupos de Trabajo concernientes a: Explotación del Parque actual; Seguridad Nuclear; Protección Radiológica; Combustible; Residuos y Desmantelamiento; Centrales Avanzadas, y; Aspectos Horizontales.

Se espera contar con una primera versión de las Estrategias y Prioridades para antes del verano, y se confía en la continuidad de la labor iniciada. De momento está prevista la celebración de

una primera Jornada en el próximo mes de diciembre, en la que puedan exponerse las tareas ya realizadas y someterlas a un diálogo aún más amplio

Rafael Martín Moyano

(N.E. Esta nota hace referencia al Ministerio de Industria y Energía, parte de cuyas competencias ha pasado al Ministerio de Economía. En próximos números se hará un seguimiento del desarrollo del Comité y sus líneas de dependencia oficiales.)

## NOTICIAS

del

## MUNDO

### 10º Congreso de la IRPA en Hiroshima

Entre el 14 y el 19 de mayo de 2000, se ha celebrado el 10º congreso de la IRPA (International Radiation Protection Association) en Hiroshima (Japón), contando con la participación de aproximadamente 1100 especialistas de todos los campos de la Protección Radiológica procedentes de 58 países diferentes. La representación española (19 asistentes), sin ser muy numerosa, sí se dejó notar debido a la defensa hecha de la candidatura de la SEPR para organizar el siguiente congreso, IRPA-11, en Madrid incluyendo un stand en la exposición técnica, así como a la presencia de españoles en las mesas de una sesión plenaria, tres sesiones temáticas y un curso de refresco. En la exposición técnica se presentaron 46 stands de las principales compañías del mundo relacionadas con la protección radiológica del mundo sanitario e industrial.

#### ACTIVIDADES DE LA IRPA

Como actividades propias de las sociedades afiliadas a la IRPA, se celebró el miércoles la Asamblea General de la IRPA, a la que asistió una delegación de

la SEPR (X. Ortega, L. Arranz, A. Delgado, J.M. Campayo, M.T. Macías, y E. Gallego) encabezada por nuestro Presidente. Durante el desarrollo de la misma se procedió a la elección de nuevos miembros para el Congreso Ejecutivo de IRPA. Se confirmó como nuevo presidente a Geoffrey Webb (Reino Unido), nuevo Secretario Ejecutivo a Jacques Lochard (Francia), nuevo Tesorero a Frank Masse (EE.UU.), y nuevos vocales, tras una disputada elección, a Shohei Kato (Japón), Christian Wernli (Suiza) y Rodolfo Touzet (Argentina).

La candidatura de la SEPR para organizar el próximo Congreso IRPA-11 en Madrid, fue presentada por Leopoldo Arranz y Eduardo Gallego resultado elegida por unanimidad. Por ello Leopoldo Arranz pasó a ser el nuevo Vicepresidente de la IRPA para congresos.

Además, el martes tuvo lugar el Foro de las Sociedades Asociadas a la IRPA, en el que participaron activamente 19 sociedades, bajo la presidencia de G. Webb y J. Lochard, en el que se abordaron los siguientes temas de interés general:

- La elaboración de un código ético sobre Protección Radiológica, cuya elaboración se acometerá próximamente, para su discusión y aprobación en el Congreso IRPA-11.

- El establecimiento de sociedades IRPA afiliadas en el resto del mundo. Se simplificarán y aclararán los procedimientos de admisión a fin de integrar nuevos países y regiones geográficas, en particular de África.

- La organización y soporte para reuniones internacionales: aclarando que cualquier sociedad afiliada puede emplear el logotipo de IRPA en sus congresos. En el caso de unirse varias, para organizar congresos o reuniones de carácter regional, se requiere la aprobación formal del Consejo Ejecutivo y que alguno de sus miembros sea invitado a participar.

- Publicaciones: además de las actas de los congresos, IRPA mantiene la publicación regular de un boletín, disponible en su página Web, que se quiere potenciar, añadiendo por ejemplo los índices de las revistas de las sociedades afiliadas. Por otra parte, se continúa con la política de gestionar suscripciones a coste muy reducido a revistas de alto interés profesional.

- Sobre entrenamiento y educación, se pretende proseguir con la política de estímulo a la participación en los congresos y reuniones científicas de estudiantes y personas procedentes de países





Asistentes españoles al 10º Congreso de la IRPA

ses en vías de desarrollo con cuotas reducidas.

- La IRPA pretende también incrementar su participación en la futura generación de normas básicas de PR, puesto que la opinión de las asociaciones de profesionales parece fundamental en dicho proceso. Se han de buscar los mecanismos más adecuados para ello. Como primer ejemplo, la discusión estimulada por la ICRP en el seno del congreso, que recibió una elevada valoración.

- Por último, se destacó el papel que la IRPA podría y debería jugar para evitar la ocurrencia de más accidentes con fuentes de radiación. Se pretende crear un foro de discusión al respecto en Internet.

De todas estas cuestiones y de las conclusiones alcanzadas, se dispondrá un resumen en la página Web de IRPA.

De la importancia del congreso en Japón dice mucho el hecho de que fuese inaugurado oficialmente por los príncipes herederos del Imperio. También en la víspera, el domingo día 13, hubo una sesión especial para los ciudadanos de Hiroshima, en la que se impartieron varias conferencias sobre los efectos de las radiaciones. Sin duda, la significación de Hiroshima para toda la humanidad, como primera ciudad víctima de la bomba atómica, y la de su población afectada, como miembros del principal estudio sobre los efectos de la radiación ionizante sobre los seres humanos, tiñeron todo el congreso de una atmósfera especial, reforzada por celebrarse éste en el edificio contiguo al que alberga el Museo de la Paz de Hiroshima. La Presidenta del Congreso, Dra. Tomoko Kusama, al glosar el lema del congreso durante el acto inaugural -

"Armonizar la radiación, la vida humana y el ecosistema"-, resaltó su convencimiento de que la Protección Radiológica contribuye y contribuirá en el nuevo milenio a que las radiaciones se empleen para mejorar la calidad de vida del ser humano, manteniendo el respeto a todos los seres vivos.

Durante el congreso se presentaron en total cerca de mil trabajos, de ellos 15 eran españoles. El programa definitivo contó con 24 sesiones temáticas, 12 sesiones de pósters, 6 conferencias invitadas y varias sesiones plenarias.

### SESIONES PLENARIAS

La primera conferencia invitada fue la tradicional *Conferencia Sievert*, acompañada del correspondiente galardón que otorga la IRPA en sus congresos, a cargo del Prof. Itsuzo Shigematsu, quien fue Director de la Fundación para el Estudio de los Efectos de la Radiación (RERF) y miembro de la ICRP, quien expuso la evolución en los conocimientos sobre los riesgos de las radiaciones ionizantes, gracias al seguimiento de las poblaciones afectadas por las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki. Otras conferencias invitadas estuvieron dedicadas a la presentación de las actividades de la RERF, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), la Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiológicas (ICRU) y el Comité Científico de Naciones Unidas para el

estudio de los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR). Tuvo especial emotividad la entrega de la Medalla de Oro de la Protección Radiológica, que otorga la Academia Sueca de Ciencias, a la Dra. Angelina Guskova, de Rusia, verdadera experta en daños a la salud y pionera en el tratamiento a pacientes con síndrome de radiación aguda, líder del equipo médico que trató a los afectados por el accidente de Chernóbil.

Entre las sesiones plenarias se celebraron tres simposios sobre temas que respondían a las preocupaciones actuales de la PR, con la intervención de tres destacados ponentes invitados y tiempo de coloquio. En el primero -presidido por nuestro compañero David Cancio- se abordó el tema "*Efectos sobre la salud de la exposición a bajas dosis y bajas tasas de dosis de radiación*". Sin pretender reflejar más que el tono general de la discusión, cabe decir que quedó patente que la polémica científica sobre los efectos biológicos de las bajas dosis y bajas tasas de dosis, lejos de haber concluido, se encuentra en plena efervescencia. Parece demostrado que, a nivel celular e incluso de pequeños mamíferos, la radiación induce un incremento de la resistencia frente a posteriores exposiciones, sin que aún se hayan explicado todos los mecanismos bio-moleculares de tales respuestas. No obstante, la extrapolación al conjunto sistémico-orgánico del ser humano dista de estar aclarada. Esta cuestión surgió prácticamente en todos los demás coloquios durante el congreso, ya que no cabe duda de que su solución podría afectar a la aplicación práctica de los principios básicos de la PR.

En el segundo simposio, sobre "*La toma de decisiones en situaciones de exposición crónica del público a la radiación*" se expusieron casos prácticos de solución de problemas de contaminación crónica, en los que la búsqueda de la mejor alternativa siempre pasa por integrar a los agentes sociales en todo el proceso de decisión. Con respecto al tercero, estuvo dedicado a los "*Retos para la Protección Radiológica del siglo XXI: Las radiaciones, su utilización, medición y protección*", en donde se presentaron



Stand español en la exposición técnica

cuestiones en plena evolución.

Por las mañanas, de martes a jueves, se impartieron como es habitual, 16 cursos de refresco, gráficamente llamados "eye-openers", cuyos contenidos se pondrán próximamente en la página Web de la IRPA (<http://irpa.sfrp.asso.fr>) como ya se hiciera con los del congreso de 1996 en Viena. Entre ellos, nuestro compañero Antonio Delgado impartió el dedicado a la "Dosimetría en campos mixtos de radiación".

### SESIONES TEMÁTICAS Y DE PÓSTERES

Las comunicaciones presentadas, como criterio general en forma de póster, se han publicado en un CD-ROM, con una extensión de hasta 10 páginas para cada trabajo (más de 7000 páginas en total), lo que supone reflejar el estado de la cuestión en cada tema. Su amplitud y variedad hacen imposible un adecuado resumen en este breve espacio. Sin embargo, además de los pósteres, en las sesiones temáticas intervinieron un orador "clave", especialista reconocido en el tema, y hasta cuatro ponentes seleccionados entre los que enviaron comunicaciones. De esas sesiones, y con arreglo al siguiente reparto por temas, hemos tratado de elaborar un resumen hasta donde nos ha resultado posible<sup>2</sup>.

Exposición a la radiación natural (102 comunicaciones): Se dedicaron tres sesiones al tema. La primera sobre la exposición a la radiación cósmica, de interés para calcular las dosis recibidas por tripulaciones aéreas, viajeros habituales, mujeres embarazadas, etc., en donde destacan la utilización de los nuevos dosímetros de neutrones del tipo TEPC (contador proporcional equivalente a tejido) y de los programas para el cálculo de la dosis según la ruta (EPCARD). La segunda sobre la exposición al radón y su mitigación, en donde se discutieron aspectos normativos y de medida, destacando la aparición de dosímetros bronquiales para medir el depósito de aerosoles descendientes del radón en los pulmones. Por otra parte, la adopción de



Delegación de la SEPR.

acciones de remedio parece estar justificada a partir de los 30-300 k/pers.Sv. En cuanto a la exposición y efectos en las zonas con radiación natural incrementada, el máximo interés se centra en la evaluación de la incidencia de aparición de cánceres en dichas zonas, sobre lo que hay varios estudios en curso.

Efectos de las radiaciones ionizantes sobre la salud (151 comunicaciones): En este campo de investigación tan vivo, al que se dedicó una sesión, tal vez lo más destacable sean los avances en el estudio de los mecanismos bio-moleculares de la producción del daño celular por las radiaciones, junto con la investigación sobre la predisposición genética para los daños, así como los riesgos trans-generacionales. Sin duda, al igual que en otras áreas de la investigación, la biología molecular y la genética darán pasos significativos en el inmediato futuro.

Dosimetría e instrumentación (188 comunicaciones): El número de comunicaciones en este apartado fue el máximo, y a él se dedicaron tres sesiones temáticas. Sobre dosimetría interna se presentaron los nuevos modelos para estimar los coeficientes de dosis al embrión y al feto, el nuevo modelo para el tracto gastro-intestinal, así como mejoras en el modelo pulmonar. Se trabaja en el sentido de aumentar la compatibilidad entre los modelos dosimétricos y los métodos analíticos de muestras biológicas. Con respecto a emisores alfa, resultan de interés los métodos de detección in-vivo del Am-241, usado como marcador del Pu en el organismo, con lo que se han detectado, por ejemplo, entre los traba-

jadores del complejo Mayak (Cheliabinsk) una heterogeneidad en la distribución del Pu en los pulmones asociada al tabaquismo. Sobre dosimetría externa (sesión co-presidida por Xavier Ortega) se presentaron los avances más recientes en cuanto a técnicas de medida, destacando los dosímetros para neutrones que emplean nuevas tecnologías, como el almacenamiento directo de iones (DIS), sistemas ópticos, o la combinación de varios detectores de estado sólido para permitir estimar el espectro neutrónico. En los últimos años se han desarrollado dosímetros capaces de indicar directamente las medidas de las nuevas magnitudes introducidas con las últimas normas básicas. Por último, en la sesión sobre dosimetría ocupacional fue presentada por Xavier Ortega, entre otros trabajos, la intercomparación de dosímetros activos realizada por el INTE-UPC dentro del plan de investigación del CSN.

Protección radiológica en el medio ambiente (111 comunicaciones): Las cuestiones relacionadas con el medio ambiente en general también merecieron tres sesiones temáticas. En la primera sobre la protección del ser humano y la biota en general se insistió en que la complejidad de los ecosistemas hace preciso basar su protección en evaluaciones integradoras de todos los aspectos implicados. Un hecho admitido y constatado es que realmente no se dispone aún de un sistema de protección radiológica para el medio ambiente en general, debido a la convención aceptada hasta ahora de que una protección suficiente para el ser humano también supondría una protección suficiente para el entorno. El desarrollo necesario en este sentido pasa por establecer magnitudes y unidades adecuadas para la dosis recibida por las otras especies, modelos dosimétricos de referencia, con geometrías y organismos suficientemente representativos, y medidas del daño y los efectos biológicos causados. Una segunda sesión estuvo dedicada a la problemática sobre el tratamiento y descarga de efluentes radiactivos al medio ambiente, cuestión que afecta de lleno

principalmente a las instalaciones del ciclo de combustible nuclear. Se observó la tendencia a descargas de efluentes virtualmente nulas a medio plazo, si bien se constató la necesidad de establecer niveles de desclasificación y una definición suficientemente clara de los criterios para su establecimiento. Quedó una pregunta en el aire a este respecto: ¿deben basarse las decisiones en la optimización (ALARA) o bien en la corrección política? Por último, en la tercera sesión, se abordó la problemática de la evaluación de dosis en situaciones de contaminación medioambiental, poniendo de manifiesto, en particular, las diferencias de enfoque según se trate de evaluaciones retrospectivas o prospectivas: mientras que en las últimas suele aceptarse la incorporación de un cierto conservadurismo y se hace un empleo intensivo de modelos, en las primeras ha de buscarse el máximo realismo, lo que no siempre es sencillo, debiendo apoyarse al máximo en medidas físicas, siendo habitual el empleo de técnicas de dosimetría biológica o de indicadores como el esmalte dental o la termoluminiscencia de los materiales de construcción. Se presentaron los estudios más significativos en curso de realización: reconstrucción de dosis en las zonas contaminadas por el accidente de Chernóbil, y en los emplazamientos del río Techa (región de Cheliabinsk), Semipalatinsk (polígono de ensayo de armamento atómico, en Kazajstán), Hanford (EE.UU.), así como seguimiento del impacto de las descargas de la instalación de re-elaboración de La Hague.

Residuos radiactivos y desmantelamiento (53 comunicaciones): Una primera sesión abordó el problema de



Eduardo Gallego y Leopoldo Arranz.

las chatarras contaminadas y de las llamadas "fuentes huérfanas", tanto de origen médico, incluyendo las antiguas fuentes de radio, como las de uso industrial o militar, causantes según se citó de hasta 2600 incidentes y 300 accidentes de cierta importancia. Es éste un problema creciente frente al que distintos países (entre otros, se presentaron los casos de Austria, Italia, China, EE.UU.) están actuando con decisión reforzando los controles administrativos e instalando medios de detección en los puntos clave. Como dato para la preocupación: en EE.UU. se reconoce perder el control sobre aproximadamente 200 fuentes radiactivas cada año. Una segunda sesión estuvo dedicada a la gestión de residuos de vida larga y elevada actividad, en donde se presentaron las tendencias actuales en cuanto a criterios de evaluación de la seguridad, con valores optimizados del orden de 0,3 mSv/año para la exposición del público, la distinción entre los escenarios de evolución natural y los de intrusión humana en el repositorio, y la necesidad de evaluar las dosis y efectos sobre la biota. También se expusieron los resultados de los últimos estudios de evaluación del comportamiento realizados en Suecia para tres emplazamientos, mediante una aproximación realista y práctica, incluyendo la evaluación de incertidumbres. Por último, también se dedicó una sesión a la PR en el desmantelamiento y el desarmamiento nuclear, con varios casos prácticos de desmantelamiento de instalaciones civiles, cuya principal diferencia con respecto al campo de las armas que son desmanteladas, es que parece ser que en dichas actividades no se ha conseguido la plena aplicación de las normas básicas, pensando que la IRPA tal vez pudiese jugar un papel al estimular la adecuada consideración de la PR.

Protección radiológica en el ámbito laboral (86 comunicaciones): En la única sesión temática dedicada a esta cuestión fundamental, se incidió en la aplicación de los conceptos fundamentales para una adecuada protección: prevenir los accidentes y las exposicio-

nes potenciales y optimizar las dosis. Se resaltó la importancia de la adecuada gestión, basada en la "cultura de seguridad" y en los principios de garantía de calidad: evaluación de la seguridad mediante indicadores adecuados, revisiones por equipos independientes, aprendizaje de lecciones a partir de las experiencias ajenas, formación continua, etc. La coincidencia de objetivos en cuanto a la seguridad, la calidad y la productividad es extensible a todos los sectores: medicina, industria, ciclo de combustible y centrales nucleares, investigación y reactores experimentales.

Protección radiológica en el ámbito médico (68 comunicaciones): Sobre esta cuestión se celebraron dos sesiones temáticas, una sobre mejora de técnicas en radiodiagnóstico y otra sobre protección radiológica en radiología intervencionista (con una presentación de Pedro Ortiz), en las que los problemas de índole práctica fueron puestos de manifiesto. Así, en la primera se expusieron las dificultades que se están encontrando para cumplir con los niveles de dosis al paciente recomendados en las Normas Básicas. Como ejemplo, se presentó un estudio realizado sobre 2800 hospitales de China, en donde se constata la necesidad de mayor y mejor entrenamiento para los profesionales y de mejores dotaciones instrumentales en cuanto a dosimetría. Con respecto a la radiología intervencionista, se constata la importancia mayor de la cuestión cada día, con un número creciente de casos de heridas radio-inducidas en la piel de los enfermos unido a los de cataratas en los doctores y enfermeras. Se citan casos en que la tasa de dosis local puede alcanzar valores superiores al miliGray por hora. Como soluciones, se apuntaron principalmente la formación, concienciación y entrenamiento del personal sanitario, unidas a la mejora técnica del instrumental, aplicando controles de calidad a todo el proceso, con el fin de reducir los tiempos de exposición al máximo.

Protección frente a radiaciones no ionizantes (19 comunicaciones): La participación en este campo no fue

más numerosa debido sin duda a la celebración, la semana posterior al congreso, de una reunión específica sobre el tema en Kyoto. De la sesión celebrada, tal vez la conclusión más destacada fue la necesidad de progresar en la investigación sobre los efectos sanitarios de los ultrasonidos y de la RMN.

Normativa y su interpretación (45 comunicaciones): En dos sesiones se discutieron por un lado la puesta en práctica de las nuevas normas básicas, emanadas de las recomendaciones ICRP60, y por otro, en una sesión incentivada desde la propia ICRP, los factores críticos y aproximaciones alternativas para el establecimiento de criterios de PR, incluyendo el concepto de dosis controlable. Después de la introducción de Roger Clarke, sobre la propuesta de un nuevo sistema de PR por parte de la ICRP ("evolución y no revolución"), las presentaciones efectuadas por las distintas sociedades (entre otras, la de nuestro compañero Patricio O'Donnell) mantuvieron un tono en general crítico, sobre todo en dos direcciones: la de considerar que es demasiado pronto para una nueva revisión de las normas básicas, cuando apenas se está comenzando a aplicar la última; y la de que no se debería situar todo el peso del sistema sobre la dosis individual, cuando la dosis colectiva resulta fundamental para la optimización. Además, es preciso abordar con rigor la protección radiológica del medio ambiente.

Entrenamiento, educación y comunicación (51 comunicaciones): En la sesión sobre estas cuestiones, se hicieron interesantes reflexiones en torno al objetivo de normalizar la percepción del público sobre la PR y los riesgos de la radiación. Parece necesario cambiar el enfoque tradicional "arriba-abajo", propio del pasado, en el que las autoridades imponían o recomendaban lo que el público había de respetar, por otro más acorde con las sociedades educadas, desarrolladas, democráticas, en las que la discusión pública de objetivos, que implique a todos los agentes sociales afectados, es la única vía para el éxito. Se propuso tam-

bién una "escala para la presentación de los riesgos de la radiación ionizante", con la que poder transmitir claramente al público la importancia de los mismos en cada situación.

Accidentes nucleares y con fuentes de radiación (102 comunicaciones): Enlazando directamente con el tema anterior, en una de las sesiones de este apartado, dedicada a la gestión de la PR en sitios y territorios contaminados, se incidió sobre la implicación de los agentes sociales como clave fundamental para el éxito de las políticas de restauración ambiental. También se comprobaron los avances en cuanto a sistemas de apoyo a la evaluación y toma de decisiones para esas circunstancias (incluyendo la presentación del sistema MOIRA por Eduardo Gallego, co-presidente de la sesión). Se dedicó una sesión a los avances en sistemas para respuesta en emergencias nucleares, destacando la presentación del sistema japonés WSPEDI y el europeo RODOS, capaz este último de integrar en redes los centros de crisis de varios países, de tal modo que, a escala europea, se disponga de un sistema común para evaluar la gravedad de un accidente y las medidas de protección necesarias para el público. También fueron presentados los ejercicios internacionales INEX, que organiza la AEN/OCDE, para probar los mecanismos de comunicación y evaluación en emergencias. Las dos últimas sesiones estuvieron dedicadas a las lecciones aprendidas de los mayores accidentes con fuentes de radiación (co-presidida por Pedro Ortiz) y los mecanismos que a nivel internacional se están poniendo a punto para un mejor intercambio de experiencias, así como su importancia para el conocimiento de los efectos sobre la salud, y a la puesta al día de las consecuencias del accidente de Chernóbil, donde claramente se destaca la aparición de cánceres de tiroides en niños (hasta unos 1800 casos registrados).

También hubo dos sesiones especiales dedicadas respectivamente a las causas y efectos del accidente ocurrido en septiembre de 1999 en Tokai-Mura (Japón) al tema abordado en

una reciente conferencia (dic. 1999, Warrenton, Virginia, EE.UU.) sobre el establecimiento de puentes entre la ciencia y la política de protección radiológica.

Para terminar, tal vez la actividad IRPA de mayor emotividad resultó ser la sesión de clausura del congreso, en donde recibieron diplomas de agradecimiento, en primer lugar, el Presidente del Comité del Programa del congreso, Ken Kase, el Secretario General, Shohei Kato, y el Secretario Científico, Jun Ichiro Ishida. A continuación, la Dra. Kusama, Presidenta del Congreso hizo entrega de regalos de recuerdo al Presidente saliente de la IRPA, Klaus Dufschmidt, a Ken Kase, y al Secretario Ejecutivo saliente, Chris Huyskens. Por último, se efectuó formalmente la transferencia de cargos a la nueva Comisión Ejecutiva, así como la entrega de diplomas de agradecimiento por los servicios prestados a los miembros salientes.

Eduardo Gallego

(1) Por ejemplo, actualmente, para cualquier socio individual de la SEPR, por pertenecer ésta a la IRPA, la suscripción a la revista "Health Physics" tendría un coste de 65\$ al año. Y las revistas del grupo Nuclear Technology Publishing, tales como "Radiation Protection Dosimetry" gozan de un descuento del 50%. La información detallada se encuentra en el boletín de IRPA, disponible en su página web.

(2) La sesión final del congreso con los "highlights" de cada sesión ha servido de ayuda fundamental con este fin.

## Olé IRPA-11 en Madrid

De esta manera anuncia la Revista Health Physics el Congreso IRPA-11



Miembros de la Delegación española con los anfitriones de IRPA 10

que se celebrará en Madrid en 2004: "Durante la celebración de IRPA 10, Madrid fue seleccionada como sede del próximo Congreso Internacional, que tendrá lugar del 23 al 28 de ma-



Tomoko Kusame, Presidenta de IRPA 10 con

yo de 2004. El Congreso estará organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica. Leopoldo Arranz se incorporará al Comité Ejecutivo de IRPA como Vicepresidente para Congresos. Por sugerencia de los organizadores españoles, Annie Sugier, de IPSN (Francia) será la Presidenta del nuevo Comité Internacional de Programas del Congreso. Apunte estas fechas en su agenda"

## UNSCEAR 2000

A continuación se transcribe la nota de prensa hecha pública el 6 de Junio pasado por el Chairman del UNSCEAR, Dr. Lars-Erik Holm a raíz de la presentación del nuevo informe UNSCEAR 2000.

El Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) acaba de aprobar su Informe UNSCEAR 2000 a la Asamblea General de ONU. Este informe constituye un examen detallado de las fuentes de radiación y sus efectos sobre la salud. Se ha hecho un énfasis especial sobre la evaluación de las exposiciones y consecuencias sanitarias del accidente de Chernobyl.

### El Accidente de Chernobyl

De acuerdo con las evaluaciones del Comité científico, se han dado alrede-

dor de 1800 casos de cáncer de tiroides entre los niños expuestos durante el accidente, y si esta tendencia actual continúa, habrá mas casos en la próxima década. Aparte de este incremento, no existe evidencia de ningún impacto importante sobre la salud de las personas achacable a la exposición a la radiación 14 años después del accidente. No existe evidencia científica de aumentos en la incidencia general o mortalidad por cáncer o de alteraciones no malignas que pudieran asociarse a la exposición a las radiaciones. El riesgo de leucemia, uno de los de mayor inquietud debido a su corto periodo de latencia, no parece que se haya elevado ni aún entre los trabajadores (liquidadores) que participaron en las labores de recuperación. Aunque aquellos individuos más expuestos siguen teniendo un riesgo aumentado de desarrollar algún efecto a su salud radioinducido, no es probable que la gran mayoría de la población padezca ninguna consecuencia sanitaria seria por su exposición a las radiaciones del accidente de Chernobyl.

### Riesgos de Cáncer

El Comité ha vuelto a evaluar los riesgos de cáncer asociados a la exposición a las radiaciones ionizantes en base a la revisión de estudios epidemiológicos y a los resultados de investigaciones básicas radiológicas. La principal fuente de información sigue siendo el Estudio de Duración de Vida (Life Span Study) de los supervivientes de las bombas atómicas de Hiroshima

y Nagasaki. Este estudio comprende 86500 personas de todas las edades y ambos sexos con buenos datos dosimétricos sobre un amplio rango de dosis. Alrededor del 5% de las 7800 muertes por cáncer o leucemia de este grupo de personas expuestas son debidas a la radiación.

Para una población de todas las edades y ambos sexos, el riesgo para toda la vida de morir por cáncer radioinducido es de alrededor del 9% para hombres y del 13% para mujeres después de una dosis aguda de 1000 mSv (esencialmente igual que anteriores estimaciones del UNSCEAR y que no modifica las estimaciones de riesgo del ICRP-60 que constituyen la base y fundamento de la futura reglamentación de protección radiológica española cuando en este año 2000 se transponga la directiva específica 96/29 de EURATOM \*). A modo de comparación, la dosis promedio anual por persona de fuentes naturales de radiación es de 2,4 mSv.

### Fuentes de Radiación

La mayor contribución a la dosis de la población mundial proviene del fondo radiactivo natural. La segunda mayor contribución es la de las exposiciones médicas. Las actividades humanas originan otras exposiciones a las radiaciones además de la radiación natural, por ejemplo la contaminación de las pruebas nucleares y la producción de energía eléctrica de origen nuclear contribuyen a la exposición de la población a las radiaciones. La exposición

#### Dosis promedio de radiación en el año 2000 a causa de fuentes naturales y artificiales expresadas en milisievert (mSv)

Fuente	Dosis efectiva promedio anual a nivel global
Fondo natural	2,4
Exámenes de diagnóstico médico	0,4
Pruebas nucleares atmosféricas	0,005
Accidente de Chernobyl	0,002
Producción de Energía Nuclear	0,002

\* Inserto que no aparece en la nota original incluido aquí como contraste y aclaración



ocupacional es la que reciben los trabajadores de la industria, medicina e investigación. La tabla anterior resume las estimaciones del UNSCEAR de la dosis promedio anual por persona a nivel mundial.

### Nota de los editores

UNSCEAR fue establecida por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955. Se compone de científicos de 21 países y ha elaborado hasta la fecha 13 informes principales

sobre los efectos de las radiaciones. Dentro del sistema de las Naciones Unidas, UNSCEAR tiene el mandato de evaluar e informar sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes. Gobiernos y organizaciones de todo el mundo confían en las estimaciones del Comité y son consideradas como la base científica para la evaluación de los riesgos de las radiaciones, el establecimiento de normativa de protección radiológica y seguridad y la regulación de las fuentes de radiación.

El informe UNSCEAR 2000 tiene 10 anexos que constituyen una extensiva revisión científica y evaluación sobre: exposición a fuentes naturales de radiación, exposición de la población a fuentes artificiales de radiación, exposición a fuentes médicas de radiación, exposición ocupacional, mutagénesis y reparación del ADN, efectos biológicos de las bajas dosis de radiación, efectos combinados de la radiación y otros agentes, revisión de los riesgos de cáncer radioinducido y exposición y efectos del accidente de Chernobyl.

## PUBLICACIONES

### Publicaciones OIEA

#### Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants

Publicación que desarrolla los principales objetivos de seguridad diseñados para la operación de centrales nucleares. Tfno: 43 1 2600-22529

#### Management of operational safety in nuclear power plants

Información sobre los procedimientos necesarios para el manejo de la maquinaria en centrales nucleares. Una guía especial dedicada a los problemas laborales y las reglas de seguridad a establecer. Tfno: 43 1 2600-22529

#### Safe Management of the operating lifetimes of Nuclear Power plants

Condiciones generales para la seguridad en las operaciones de las centrales nucleares y su regulación. Tfno: 43 1 2600-22529

#### Health and Environmental impacts of Electricity generation systems

Publicación dedicada al diseño y la implementación de los riesgos para la sa-

lud y el medio ambiente de la energías de generación. Tfno: 43 1 2600-22529

#### State of the art technology for decontamination and dismantling of nuclear facilities

Este documento es una revisión del actual estado de las tecnologías en desmantelamiento de instalaciones de centrales nucleares. Resumen de la experiencia práctica ganada en los últimos 10 años en el campo del desmantelamiento. Tfno: 43 1 2600-22529

### Programa Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos X en México

Publicación que presenta el inicio del Plan Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos X. Los aspectos legales, administrativos y técnicos, son explicados por sus autores, Maricela



Verdejo Silva y Raúl Ramírez García.

El documento da a conocer las pautas a seguir desde el Gobierno para controlar el uso de las fuentes de radiación, los puntos a verificar y la forma de realizar un dictamen de la información del acta de verificación para proponer medidas correctivas en caso de que no se cumplan los requisitos establecidos en la normativa vigente.

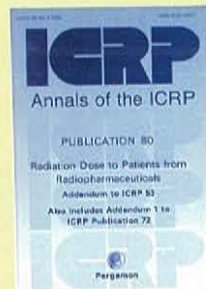
### ICRP

#### ICRP-60

La SEPR ha reeditado la publicación de ICRP-60 que está disponible en la Secretaría de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Precio: Socios SEPR: 4.000 Ptas. No Socios: 6.000 Ptas.

#### ICRP-80

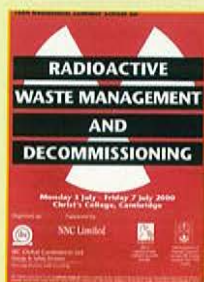
También se ha publicado recientemente el ICRP-80 sobre "Dosis a pacientes", que incluye el anexo del ICRP-53, así como el anexo 1 de la publicación ICRP-72.



# CONVOCATORIAS

## Cursos de Protección Radiológica y Residuos Radiactivos en el Reino Unido

### - Radioactive waste management and decommissioning



XVI Edición de los cursos de verano sobre Residuos Radiactivos y Desmantelamiento que se celebrará del 3 al 7 de julio de 2000 en Cambridge.

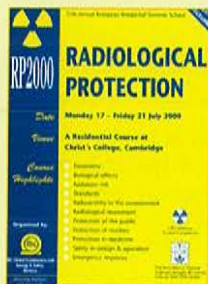
Con la colaboración de NNC LIMITED,

IBC Global Conferences Ltd. Energy & Safety Division, se convoca a los participantes de este curso a un intercambio de conocimientos en diferentes conferencias que se celebrarán a lo largo de cinco días con la presencia de profesionales de distintos puntos del mundo

Más información en:

Chirst's College. Cambridge CB2 3BU  
Tel: +44 (0) 1223 334936  
Fax: +44 (0) 1223 339557

### - PR 2000



También en Cambridge y durante los días 17 a 21 de julio de 2000, se celebrará la XI Convocatoria anual Europea en Protección Radiológica ofrecida por el Instituto de Energías Nucleares

e IBC. Se desarrollarán sesiones relacionadas con la Dosimetría, Riesgos Radiológicos, Protección Laboral y Médica, entre otros temas.

Más información:

Para registrarse,

The Bookings Department  
IBC Global Conferences Limited.  
Gilmora House. 57-61 Mortimer Street  
London W1N 8JX, England  
e-mail: cust.serv@ibcuk.co.uk

Otras cuestiones:

Tel.: +44 (0) 20 7453 5491

Estas dos convocatorias forman parte de los tradicionales cursos de verano sobre Protección Radiológica y Residuos Radiactivos (Gestión y Desmantelamiento) organizados por el IBC Global Conferences Limited. Energy & Safety Division.

El precio de los cursos es de 1800 libras cada uno y en este precio están incluidos el alojamiento, la manutención y la inscripción en el curso.

Más información en:

cust.serv@ibcuk.co.uk

o en las páginas web:

[www.ibcglobal.com/ea1133](http://www.ibcglobal.com/ea1133) y

[www.ibcglobal.com/ea1134](http://www.ibcglobal.com/ea1134) o contactando con Penny Richards en el teléfono: +44 (0) 171 453 5491.

### • IAEA-CN-85

Primer anuncio de la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica de pacientes, Diagnóstico e Intervención Radiológica, Medicina Nuclear y Radioterapia.

El Organismo internacional de Energía Atómica y el Gobierno Español anuncian esta convocatoria con la colaboración de la Organización Mundial de la Salud, la Comisión Europea y Pan American Health Organization.

Del 25 al 30 de marzo de 2001 en Torremolinos, Málaga.

Más información:

<http://www.puma.uma.es/ci2001.html>

Martínez, 12 - E-29005 Málaga

Tel: +34-952-600840

Fax: +34-952-226997

### • TM-MerPE 2000

Segundo anuncio de la convocatoria de Medical Radiation Physics and Engineering que celebra la Fundación Calouste Gulbenkian del 20 al 22 de noviembre en Lisboa, Portugal, con el objetivo de investigar e intercambiar los conocimientos más recientes relacionados con la terapia y el diagnóstico radiológico.

Más información:

Luisa Olivera. Secretaría de la conferencia MerPE 2000

Physics Department, ITN

Estrada Nacional 10,

P-2686-953 Sacavém, Portugal

Tfno: +351-21-994 60 00

Fax: +351-21-994 15 25

### • Investing in trust. Nuclear Regulators and the Public

Anuncio preliminar de la Conferencia organizada por la OECD/NEA en París, Francia, del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2000. El objetivo de esta convocatoria es el intercambio internacional de autoridades en el ámbito de las acciones de las autoridades con el público que afectan a la Regulación Nuclear.

Más información:

Mr. Jacques RYEN

OECD Nuclear Energy Agency,

Le Seine Saint-Germain

12 Boulevard des Iles, F-92130

Issy-les-Moulineaux, France

Telefax: +33 1 4524 1129

E-mail: [jacques.royen@oecd.org](mailto:jacques.royen@oecd.org)

### • European ALARA Network. Ambers 2000

Durante los días 20 al 22 de noviembre del año 2000, se celebrará el Cuarto Seminario de la RED ALARA EUROPEA que tratará sobre LA GESTIÓN DE RIESGOS OCUPACIONALES RADIOLÓGICOS Y NO RADIOLÓGICOS: LECCIONES A APRENDER en Ambers (BÉLGICA). El propósito de este cuarto seminario es discutir en un foro común la gestión tanto de los riesgos radiológicos como otros riesgos ocupacionales en la industria involucrando a todas las partes interesadas (gestores, mano de obra, empresas de contratistas, organismos reguladores) para el intercambio de información y experiencia.

# Socios colaboradores de la SEPR



Asociación Nuclear Ascó, A.I.E.



**COFRENTES**  
CENTRAL NUCLEAR



UNION FENOSA  
CENTRAL NUCLEAR "JOSÉ CABRERA"



C. N. VANDELLOS II A.I.E.



**GEOCISA**  
GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A.

**H. Cornic, S.L.**  
INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS E INDUSTRIALES



**tecnatom, s. a.**

**UNESA**  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA  
DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

# calidad y experiencia



## al servicio de las centrales nucleares

Diseño, fabricación y suministro de elementos combustibles para reactores de agua a presión (PWR) y de agua en ebullición (BWR)



 **ENUSA**