

RADIOPROTECCIÓN, Nº 40 - Vol. XI • NUCLEAR ESPAÑA, Nº 241 - Mayo 2004 • FÍSICA MÉDICA, Nº Extra - Vol. 5, 2004

# Protección Radiológica en España

## Radiation Protection in Spain



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE FÍSICA MÉDICA  
miembro de la ESOMP  
y de la IOMP



## Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)

Spanish Radiological Protection Society

Tel. +34 91 749 95 17  
www.sepr.es

Presidente/President:  
**Pedro CARBONERAS**

Vicepresidente/Vicepresident:  
**José GUTIÉRREZ**

Secretario General/General Secretary:  
**Ramón ALMOGUERA**

Tesorero/Treasurer:  
**Eduardo GALLEGO**

**RADIOPROTECCIÓN**  
Nº 40 • Vol. XI • 2004

D. Legal: M-17158/1993 - ISSN: 1133-1747



## Sociedad Nuclear Española (SNE)

Spanish Nuclear Society

Tel. +34 91 308 63 18  
www.sne.es

Presidente/President:  
**Francisco MARTÍNEZ CÓRCOLES**

Vicepresidente/Vicepresident:  
**María Teresa DOMÍNGUEZ**

Secretario General/General Secretary:  
**Alfonso de la TORRE**

Tesorero/Treasurer:  
**Inés GALLEGO**

**NUCLEAR ESPAÑA**  
Nº 241 • mayo 2004

D. Legal: M-22.829/1982 - ISSN: 1137-2885



## Sociedad Española de Física Médica (SEFM)

Spanish Society of Medical Physics

Tel. +34 91 749 95 18  
www.sefm.es

Presidente/President:  
**Pedro GALÁN**

Vicepresidente/Vicepresident:  
**Cristina NÚÑEZ DE VILLAVICENCIO**

Secretario General/General Secretary:  
**Francisco CUTANDA**

Tesorero/Treasurer:  
**Mª Amparo IBORRA**

**FÍSICA MÉDICA**

Nº Extraordinario • Vol. 5 • 2004  
D. Legal: M-28926/2000 - ISSN: 1576-6632

Comité Editorial/Editorial Committee

**Agustín ALONSO, Natividad FERRER, Pilar LÓPEZ FRANCO, Ricardo MANSO, Paloma MARCHENA, Matilde PELEGRÍ, Almudena REAL, Carmen RUIZ, José María SASTRE, Alfonso de la TORRE.**

Editor/Publisher

**Senda Editorial, S.A.**

Isla de Saipán, 47. 28035 Madrid  
Tel. +34 91 373 47 50

Directora: **Matilde PELEGRÍ**  
Miembro de la AEEPP/FIAPP

# SUMARIO / SUMMARY

### ● PRESENTACIÓN / PRESENTATION

Pedro Carboneras (SEPR)  
Francisco Martínez Córcoles (SNE)  
Pedro Galán (SEFM)

3

### ● ENTREVISTA / INTERVIEW

Antonio NÚÑEZ GARCÍA-SAÚCO

Presidente de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).  
*President of the Board of Governors of the International Atomic Energy Agency (IAEA).*

11

### ● MARCO LEGAL DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

*LEGAL FRAMEWORK OF RADIOLOGICAL PROTECTION IN SPAIN*

J. Arana, A. Lama, M. Bezares

21

### ● LA FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. (Situación actual en España y líneas de evolución)

*TRAINING IN RADIOLOGICAL PROTECTION. (Current Situation in Spain and Lines of Evolution)*

Mª L. Marco, T. Eudaldo, A. Hernández, R. Ruiz-Cruces, F. González, E. Gallego

29

### ● INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

*RESEARCH AND DEVELOPMENT IN RADIOLOGICAL PROTECTION*

J.L. Butragueño, C. Villota, J. Gutiérrez, Á. Rodríguez

39

### ● GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

*RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN SPAIN*

J. Lang-Lenton

47

### ● METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES: BASES FÍSICAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

*IONISING RADIATION METROLOGY: PHYSICAL BASIS FOR THE RADIATION PROTECTION IN SPAIN*

J. Mª Los Arcos, A. Brosed, F. Fernández

55

### ● LA DOSIMETRÍA EN ESPAÑA

*DOSIMETRY IN SPAIN*

P. Marchena, I. Amor, E. Casal, A. Delgado, X. Ortega, E. Sollet

65

### ● LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

*ENVIRONMENTAL RADIOLOGICAL MONITORING IN SPAIN*

L. M. Ramos, C. Izquierdo, F. Legarda

77

### ● GESTIÓN DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

*MANAGEMENT OF RADIOLOGICAL EMERGENCIES*

J. C. Lentijo, E. Gil, J. San Nicolás, J. A. Lazúen

84

### ● PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL ÁMBITO SANITARIO

*RADIOLOGICAL PROTECTION IN THE FIELD OF HEALTH CARE IN SPAIN*

M. Canellas, Mª L. España, P. Fernández, E. Millán, C. Prieto

91

### ● APORTACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRONUCLEAR ESPAÑOLA

*CONTRIBUTION OF THE SPANISH ELECTRONUCLEAR INDUSTRY*

D. Sustacha

97

### ● PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LOS FOROS SUPRANACIONALES E INTERNACIONALES

*SPANISH PARTICIPATION IN SUPRANATIONAL AND INTERNATIONAL FORA*

J. I. Calvo, D. Cancio, M. J. Muñoz, R. Revuelta, J. Ruiz, E. Vañó, A. Alonso

104

La celebración en Madrid de IRPA'11 constituye un punto de encuentro excepcional en el campo de la protección radiológica.

Con este motivo, las sociedades profesionales Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Nuclear Española y Sociedad Española de Física Médica, han promovido la edición de este número extraordinario, en el que sus revistas oficiales se unen para presentar la situación actual de la protección radiológica en España.

*IRPA'11, to be held in Madrid, will be an exceptional gathering in the field of radiological protection.*

*For this reason, the Spanish Radiological Protection Society, the Spanish Nuclear Society, and the Spanish Medical Physics Society have sponsored publication of this extraordinary issue, in which their official journals join forces to present the current situation of radiological protection in Spain.*

*As a physical phenomenon typical of certain substances, radiation is a natural part of the planet we inhabit and has proven to be compatible with life, as conceived by human beings.*

*Since mankind "discovered" the existence of ionising radiations little more than a century ago, he has steadily and continuously striven to use them to his own benefit. This has led to a series of realities without which many of the activities that are now habitual in those countries that have achieved a certain standard of living would be inconceivable.*

*But he also soon became aware of the fact that, without due precaution, such radiations could have harmful effects on health (and indeed did have on the health of certain pioneers in the field), and that certain care and protection measures had to be adopted for their correct use.*

*Since that time, efforts to learn more of the benefits and risks entailed in society's use of ionising radiations have been unending, based on the realisation that, in view of their ubiquitous presence in nature, such radiations are an intrinsic part of human life and permanently and continuously impact both human beings and the environment. This knowledge has led to the evolution of a technical and scientific discipline known as "Radiological Protection" and to a corpus of standards and methods for its application, forming what we now know as the "Radiological Protection System".*

*The basic objective of this "System" is to allow for the justified and beneficial use of ionising radiations, as long as the associated risks are kept as low as is reasonably achievable. One of its main characteristics is the high degree of homogeneity that may be observed in its application in different countries, the reason for this being that essentially the "System" emanates from the International Commission on Radiological Protection (ICRP), an independent scientific body founded in 1928 whose recommendations are adhered to by the most relevant International Organisations (United Nations, Health and Labour Organisations, the European Union, etc.) and as a result by the different countries.*

*The Radiological Protection System thus defined may be considered to be powerful and well estab-*

## SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (SEPR) THE SPANISH RADIOLOGICAL PROTECTION SOCIETY

La radiactividad, como fenómeno físico propio de ciertas sustancias, forma parte natural del planeta que habitamos y se constata que ha resultado compatible con la vida, tal como la concebimos los seres humanos.

Desde que hace algo más de un siglo, el hombre "descubrió" la existencia de las radiaciones ionizantes, ha sido continuo y constante el esfuerzo para utilizarlas en su beneficio. Esto se ha plasmado en múltiples realidades, sin las que no serían concebibles muchas actividades que son habituales en los países que han alcanzado un cierto nivel de vida.

Pero también, y poco después, se fue consciente de que su utilización sin las debidas precauciones podía producir efectos perjudiciales para la salud (de hecho se produjeron en algunos de los pioneros), y se constató que era necesario adoptar determinadas medidas de cuidado y protección para su uso correcto.

Desde entonces no ha parado de crecer el esfuerzo humano pa-

ra conocer mejor los beneficios y también los riesgos que comporta la utilización de radiaciones ionizantes por la sociedad, a partir de la constatación de que tales radiaciones forman parte intrínseca de la vida humana, dada su presencia ubicua en la naturaleza y, por tanto, su permanente y continua acción sobre el ser humano y el medio ambiente. En base a ese conocimiento, se ha ido configurando una disciplina técnica y científica que se conoce como "Protección Radiológica", y se ha ido estableciendo un conjunto de normas y métodos para su aplicación, que configuran lo que hoy llamamos "Sistema de Protección Radiológica".

Este "Sistema" tiene como objetivo básico que sea posible el uso justificado y beneficioso de las radiaciones ionizantes, siempre que los riesgos asociados se hayan reducido todo lo razonablemente posible. Una de sus características principales es el alto nivel de homogeneidad que se observa en su aplicación en



los diversos países; la razón para ello estriba en que la esencia del "Sistema" emana de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), que se fundó en 1928, y que es un ente científico e independiente, cuyas recomendaciones son seguidas por los Organismos Internacionales más relevantes en la materia (Naciones Unidas, Salud, y Trabajo, Unión Europea, etc.), y, a partir de ahí, por los diversos países.

El Sistema de Protección Radiológica así definido puede considerarse como potente y bien establecido, habiendo contribuido, de forma decisiva, al logro de los niveles de protección que hoy existen. No obstante, en su intento de resultar de aplicación global, es un tanto complejo y de difícil comprensión para el público en general; adicionalmente, tampoco faltan críticas al mismo, tanto las que lo acusan de demasiado conservador, como las que preconizan que resulta insuficiente.

Con todo, la protección radiológica ocupa hoy el quehacer cotidiano de un número considerable de profesionales, afecta a otros muchos ciudadanos y de vez en cuando salta a los medios de comunicación convirtiéndose en objeto de interés generalizado. El modo en que la protección radiológica se concibe, se aplica y se percibe ha cambiado con el tiempo.

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) es una asociación de carácter científico y profesional, cuya función básica es la promoción científica y la divulgación del conocimiento sobre los riesgos de las radiaciones y sobre la forma de protegerse frente a ellos. Fue fundada en 1980 y tiene como objetivo agrupar a todos los profesionales de este campo y ofrecer un espacio de diálogo,

información y participación entre sus asociados, la sociedad en su conjunto y las empresas, organismos e instituciones públicas y privadas, en relación con el uso pacífico y beneficioso de las radiaciones.

La SEPR es una organización independiente, sin ánimo de lucro, que no representa intereses económicos ni de otro tipo, salvo los de naturaleza estrictamente científica y profesional. Se caracteriza por su alto grado de multidisciplinariedad, reflejado en la distribución por sectores de sus más de 550 socios.

La SEPR se rige por unos Estatutos, que otorgan a la Asamblea General el carácter de órgano supremo de gobierno. La Junta Directiva es, por delegación, el órgano a SNE ejecutivo. Además, existen cinco Comisiones de la Junta Directiva, para garantizar la distribución del trabajo y la participación de los socios.

Para fomentar esta participación, funcionan también diversos "grupos temáticos", que se ocupan de cubrir aspectos concretos de interés común para un determinado colectivo de profesionales.

La SEPR está afiliada a la *International Radiation Protection Association* (IRPA), que aglutina a casi 20.000 profesionales de protección radiológica de todo el mundo, y participa activamente en sus actividades y en sus órganos directivos. Además mantiene una estrecha relación con otras Sociedades "hermanas" de diversos países, con especial atención al área iberoamericana, y con los organismos internacionales más relevantes en la materia, tales como la ICRP, el OIEA, la OMS, la OIT y la NEA/OCDE.

El primer Congreso de la SEPR se celebró en Madrid en 1985, y desde entonces se viene celebrando cada dos años.

*lished, and has contributed decisively to the levels of protection achieved and now in place. Nevertheless, the attempt to make the System globally applicable has also made it rather complex and difficult to understand for the general public. Furthermore, it also comes in for criticism, both from those who accuse it of being excessively conservative and from others who maintain that it is insufficient.*

*One way or another, radiological protection is now the daily activity of a considerable number of professionals, affects many other people and from time to time finds its way into the media, becoming a subject of general interest. The way in which radiological protection is conceived, applied and perceived has changed with time.*

*The Spanish Radiological Protection Society (SEPR) is a scientific and professional association whose basic function is the scientific promotion and spreading of knowledge regarding the risks of radiations and protection against them. The Society was founded in 1980 and aims to bring together all the professionals working in this field and to provide a forum for dialogue, information and participation among its associates, society as a whole and public and private companies, organisations and institutions in relation to the peaceful and beneficial use of radiations.*

*The SEPR is an independent, non-profit making organisation that represents no interests, economic or otherwise, except for those of a strictly scientific and professional nature. It is characterised by its highly multidisciplinary structure, reflected in the distribution by sectors of its more than 550 strong membership.*

*The SEPR is governed by Statutes, according to which the General Assembly is the supreme governing body. The Management Board is the executive body by delegation. There are also five Management Board Commissions aimed at guaranteeing the distribution of work and the participation of the members. Various "subject area groups" also operate with a view to promoting such participation, covering specific areas of common interest for different groups of professionals.*

*The SEPR is affiliated to the "International Radiation Protection Association" (IRPA), which brings together almost 20,000 radiological protection professionals from across the world and participates actively in their activities and governing bodies. It also maintains close relationships with other "sister" Societies in various countries, with special emphasis on Central and South America, and with the most important international organisations working on the subject, such as the ICRP, IAEA, WHO, ILO and NEA-OCDE.*

*The first SEPR Congress was held in Madrid in 1985, and has been organised every two years since then. The Salamanca Congress in 1991 was a particularly transcendental event, since it included an international conference on the implications of*

the then recently published ICRP recommendations, as embodied in publication number 60. The SEPR is currently responsible for organising the eleventh of the International Radiation Protection Association's four-year congresses (IRPA 11).

Activities do not cease between one Congress and the next. It has become normal for all standards developments, changes in situation and important issues relating to radiological protection to be reviewed and analysed through specific forums or scientific working sessions organised by the SEPR, generally in collaboration with other Societies or Institutions. The courses on radiobiology, waste management, the protection of pregnant women, the transport of radioactive materials and other subjects have generally achieved high levels of quality. In view of the need for other channels for information and the exchange of ideas, since the summer of 1991 the Society has had its own journal, "Radioprotección". This initially modest publication has with time become more firmly established and richer in its content. The Society's website, ([www.sepr.es](http://www.sepr.es)) is also increasingly complete, operative and widely used.

The SEPR regularly issues technical publications on a variety of subjects covering the entire spectrum of radiological protection, and the clear trend is for such contents to be openly broadcast via its website.

Finally, it should be pointed out that the SEPR collaborates actively with other related professional Societies in Spain (the SNE itself, SEFM, SEMN, etc.), as well as with Institutions, public organisations and authorities. Regulatory and standards-related aspects constitute a considerable part of this collaboration.

Un momento de gran trascendencia fue el Congreso de Salamanca en 1991, que acogió en su seno una conferencia internacional sobre las implicaciones de las entonces recién editadas recomendaciones de la ICRP, en su publicación número 60. En los últimos meses, la Sociedad ha asumido la responsabilidad de organizar el 11º Congreso de IRPA, que se celebra en Madrid.

Entre congreso y congreso la actividad no se detiene. Ya se ha hecho habitual que todos los desarrollos normativos, todos los cambios de situación, todas las cuestiones importantes en protección radiológica, se revisen y analicen en un foro específico o una jornada científica, organizados por la SEPR, generalmente en colaboración con otras sociedades o instituciones. Los cursos sobre radiobiología, gestión de residuos, protección de las embarazadas, transporte de material radiactivo y sobre otros temas han conseguido cotas de calidad elevadas. Dado que eran necesarios otros cauces de difusión e intercambio de ideas,

desde el verano de 1991 la Sociedad cuenta con su revista, "Radioprotección", modesta en un principio, pero cada vez más asentada y enriquecida en cuanto a contenidos. Igualmente, su página electrónica ([www.sepr.es](http://www.sepr.es)) es cada vez más completa, operativa y utilizada.

La SEPR emite regularmente publicaciones técnicas sobre diversos temas que cubren todo el espectro de la protección radiológica, con una tendencia inequívoca a divulgar de forma abierta estos contenidos en su página electrónica.

La SEPR colabora de forma activa con otras sociedades profesionales nacionales relacionadas (la propia SNE, la SEFM, la SEMN, etc.), así como con instituciones, organismos públicos y autoridades. Los aspectos reguladores y normativos centran una parte apreciable de esta colaboración.

**Pedro Carboneras**  
Presidente  
President

5

The Spanish Nuclear Society, SNE, is a non-profit organization formed by professionals whose working lives are devoted to the development and cultivation of nuclear science and technology.

The Society's primary aim is to promote the progress of nuclear science and technology and of other sciences and technologies related to them. This is achieved by supporting research, preparing and disseminating scientific and technical information, and backing teaching and cooperation projects with public organizations and with other organizations with similar goals.

The SNE was founded in 1974 in the same mold as other American and European associations at a time when nuclear technology development in Spain was very advanced and a major nuclear power plant investment program was underway, coinciding with that being developed in the other Western economies after the first major worldwide oil crisis in the decade of the 1970s.

At present, the SNE has around 1000 individual members and nearly 70 nuclear sector companies

## SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA (SNE) THE SPANISH NUCLEAR SOCIETY

La Sociedad Nuclear Española, SNE, es una asociación sin ánimo de lucro constituida por profesionales que, dedicando su actividad profesional al cultivo de la ciencia y la tecnología nuclear, asumen el objetivo de contribuir al mejor desarrollo de las mismas.

El fin principal de la Sociedad es promover el avance de la ciencia y la tecnología nuclear, así como de las otras ciencias y técnicas relacionadas con ellas, mediante el apoyo a la investiga-

ción; la elaboración y la mayor difusión de la información científica y técnica; el impulso a los proyectos de enseñanza y la cooperación con las organizaciones públicas, así como con otras organizaciones con objetivos semejantes.

La SNE se constituyó en 1974, siguiendo el modelo de otras asociaciones americanas y europeas, en un momento en que el desarrollo de la tecnología nuclear en España era muy avanzado y estaba en marcha un importante

programa de inversiones en centrales nucleares, coincidente con el desarrollado en el resto de las economías occidentales tras la primera gran crisis mundial del petróleo, en la década de 1970.

En la actualidad la SNE agrupa a cerca de 1000 socios individuales y a cerca de 70 empresas del sector nuclear como socios colectivos. Entre éstas se encuentran empresas eléctricas y de suministro de combustible nuclear, los operadores de las centrales nucleares, empresas de ingeniería, servicios y fabricantes de bienes de equipo.

Además, la Sociedad Nuclear Española mantiene acuerdos de cooperación con diferentes sociedades nucleares europeas y americanas, citándose el existente con la Sociedad Nuclear Americana y con la Sociedad Nuclear Europea, entidad ésta de la que es miembro fundacional y en la que está presente en sus órganos directivos y que engloba a 23 sociedades nucleares similares con el objetivo de lograr una mejor coordinación de sus actuaciones.

Entre las diferentes actividades e iniciativas realizadas por la nuestra Sociedad cabe destacar la Reunión Anual que con una duración de tres días alberga la presentación de cerca de 200 ponencias, cuatro sesiones plenarios, además de destacados actos de contenido cultural y social. Los seminarios y jornadas técnicas, destacando la jornada anual de invierno dedicada al análisis de la "Experiencia Operativa" del parque nuclear español y la de primavera en la que últimamente se han incluido temas sobre Derecho Nuclear y sociológicos relacionados con la percepción del riesgo. Los ciclos de conferencias mensuales denominados "Jueves Nucleares" de contenido científico y cultural, abiertos a todas las áreas del saber y que a lo largo de sus diez

años de existencia han albergado cerca de un centenar de temáticas y conferenciantes. También el apoyo a las iniciativas de "Jóvenes Nucleares" y de "Women in Nuclear" .

Cabe destacar también la labor de una Comisión de Terminología que ha realizado trabajos de traducción del léxico nuclear para el OIEA y que se encuentran disponibles en la página web de ese Organismo Internacional y la participación en la edición del recientemente publicado "Diccionario Español de la Energía".

En el campo de la comunicación, el órgano de expresión de la Sociedad es su revista "Nuclear España", de edición mensual, y que ha superado los 20 años de existencia con cerca de 240 números publicados, lo que la convierte en un importante referente con respecto a la historia de la energía nuclear en España. En la página web: [www.sne.es](http://www.sne.es) se puede obtener información de detalle de la actualidad y los servicios prestados por la Sociedad.

Hay que destacar que a lo largo de sus treinta años de existencia, todas las actividades de la Sociedad Nuclear Española han quedado recogidas en publicaciones, legando, por consiguiente, un importante patrimonio sobre la historia del desarrollo de la energía nuclear en España.

La SNE organiza sus actividades a través del funcionamiento de sus comisiones de trabajo: Aula-Club/Programas; Publicaciones; Técnica; Terminología; Jóvenes Nucleares; y el Comité Organizador de la Reunión Anual. Cerca de medio centenar de socios dan vida anualmente a éstas con su trabajo desinteresado.

En el ámbito internacional, la Sociedad da cauce a la participación española en reuniones de contenido científico y técnico

as collective members. These latter include electrical utilities and nuclear fuel supply companies, nuclear power plant operators, and engineering, service and equipment manufacturing firms.

In addition, the Spanish Nuclear Society has cooperation agreements with different European and American nuclear societies, such as the American Nuclear Society and the European Nuclear Society. The latter, of which the SNE is a founding member and has a presence in its governing bodies, is an umbrella organization for 23 similar nuclear societies for the purpose of better coordinating their actions.

The different activities and initiatives undertaken by our Society include the three-day Annual Meeting with four plenary sessions, the presentation of nearly 200 papers and memorable cultural and social events; technical meetings and seminars, including the annual winter seminar on analysis of the "Operating Experience" of the Spanish nuclear fleet and the spring seminar that has lately included subjects on Nuclear Law and sociological issues related to risk perception; the cycles of scientific and cultural monthly conferences called "Nuclear Thursdays" that are open to all areas of knowledge and that over ten years of existence have hosted nearly one hundred themes and speakers; and finally support of initiatives such as "Nuclear Youth" and "Women in Nuclear".

Also of note is the work of a Terminology Committee that has done translations of nuclear vocabulary for the IAEA, which are posted on this international organization's Website, and has taken part in the recently published "Spanish Dictionary of Energy".

In the field of communication, the Society's channel of expression is the magazine "Nuclear España", which has been published on a monthly basis for more than 20 years. With nearly 240 issues published, it has become an important reference for the history of nuclear power in Spain. Detailed information on current news and services provided by the Society can be obtained on its Website: [www.sne.es](http://www.sne.es)

Of note also is that throughout its thirty years of existence, all the Spanish Nuclear Society's activities have been collected into publications, thus leaving a significant legacy on the history of nuclear power development in Spain.

The SNE organizes its activities through its various job committees: Aula-Club/Programs; Publications; Technical; Terminology; Nuclear Youth; and the Annual Meeting Steering Committee. Around fifty members altruistically donate their time each year to work on these committees.

On the international scene, the Society serves as a channel for Spanish participation in scientific and technical meetings such as: Top Fuel (nuclear



fuel), Top Safe (operating safety of nuclear facilities), ICAAP (advanced nuclear reactor engineering) and many more.

This year marks the thirtieth anniversary of the Spanish Nuclear Society, with a cumulative history of multitudes of documented activities, which is a magnificent reward for a non-profit professional institution. This has been possible thanks to the decisive, effective "Leadership" of the society's presidents, who have fit in this occupation with their senior management duties in Spanish nuclear industry firms, and also to the silent, unwavering support of nearly two hundred members and the continuous, decisive support of companies that have always appreciated the need for promoting an organization that articulates the opinions and concerns of Spanish professionals and broadens their know-how to other activities and areas of knowledge and culture.

In 1895 W.K. Roentgen discovered the X-rays. This appeared to be a new way of seeing the nature and also the beginning of the application of these physical procedures in human beings. It gave new methods in medical applications with a high influence on the diagnostic and in the therapeutic procedures, since then the appliance of this activity has been evolving and improving.

Medical Physics is an applied branch of physics; it is concerned with the application of the physics methods to health, which carries an important task in medical assistance, biomedical research and preventing.

It could be regarded as one of the physics applications that have most and more directly influenced people, because it works right on health.

Medical Physics concerns the design of equipment and procedures for the diagnostic, therapy and the development of calculus of models and algorithms which allow us to explain the behaviour of the human body. From the research, investigation and development in what concerns the ionizing radiations, non-ionizing radiations, nuclear magnetic resonance, ultrasound, biophysics, bioengineering, imaging and calculating tools.

Medical Physics, as a professional activity involved in health, is accredited in Spain by a health speciality known as Radiofísica Hospitalaria which is officially given by the Education Ministry of Spain. This Medical Physicist qualification is the one that allows professionals to work the field of health, where these specialists contribute with their own procedures to the different assistance procedures of health, helping to improve their quality, efficacy and efficiency.

como: Top Fuel (combustible nuclear), Top Safe (seguridad de funcionamiento de las instalaciones nucleares), ICAPP (ingeniería de reactores nucleares avanzados), así como otras muchas.

El presente año, la Sociedad Nuclear Española cumple los treinta años con un patrimonio acumulado de multitud de actividades realizadas y documentadas, lo que es magnífico galardón para una institución de profesionales sin ánimo de lucro. Esto ha sido posible gracias al liderazgo claro y eficaz de los presidentes que han compatibilizado esta ocupación con sus responsabilidades en la alta dirección de

las empresas del sector nuclear español, al trabajo callado y entusiasta de cerca de dos centenares de socios, y al apoyo continuo y certero de las empresas que siempre han valorado la necesidad de fomentar una organización que articule la opinión y las inquietudes de los profesionales españoles y extienda su buen hacer a otras actividades y áreas del saber y la cultura.

**Francisco Martínez  
Córcoles**

**Presidente  
President**

## SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA (SEFM)

### THE SPANISH SOCIETY OF MEDICAL PHYSICS

El descubrimiento de los Rayos X en 1895 por W.K. Roentgen supone el comienzo de un nuevo conocimiento de la Naturaleza, y es también el inicio de la aplicación directa de estos procesos físicos sobre las personas. Desde entonces, se ha desarrollado una actividad que proporciona nuevos métodos a las aplicaciones médicas con gran impacto en el diagnóstico y en los procesos terapéuticos.

La Física Médica es la aplicación de los métodos de la Física a las Ciencias de la Salud, desempeñando una importante función en la asistencia sanitaria, investigación biomédica y prevención. Se podría considerar como una de las aplicaciones de la Física que mayor y más directa incidencia tiene sobre las personas, ya

que actúa de forma directa en la Salud.

La Física Médica abarca desde el diseño de equipos y procedimientos para el diagnóstico y la terapia, hasta el desarrollo de modelos y algoritmos de cálculo que permiten conocer y explicar el comportamiento del cuerpo humano. Desde el estudio, investigación y desarrollo en radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes, resonancia magnética nuclear, ultrasonidos, biofísica y bioingeniería, hasta sistemas de cálculo y procesos de imágenes.

La actividad sanitaria en Física Médica, como actividad profesional, se regula en España mediante una especialidad sanitaria denominada Radiofísica Hospitalaria, reconocida oficialmente por el Ministerio de

Educación. Esta cualificación en Física Médica es la que faculta para la asistencia sanitaria, donde estos Especialistas aportan procedimientos propios a los diferentes Procesos Asistenciales de Salud, contribuyendo a la calidad, eficacia y eficiencia de los mismos.

La Sociedad Española de Física Médica se crea como sociedad científica en 1974. En ella se engloban los profesionales que desarrollan sus actividades en el ámbito de la asistencia, investigación, docencia e industria relacionadas con la Física Médica. En la actualidad, la SEFM está formada por unos 500 miembros.

La Misión de la SEFM es fomentar la práctica de la Física Médica como aplicación de los métodos de la Física a las Ciencias de la Salud a través de las aplicaciones clínicas, la investigación, docencia y desarrollo; como herramienta en los procesos asistenciales de la atención a la salud de los ciudadanos. Su objetivo es promover, difundir y promocionar las actividades en Física Médica, el desarrollo profesional y la excelencia profesional y científica de los profesionales de dicho campo.

Desde el año 2000, la SEFM edita la Revista de Física Médica, como medio de comunicación científica, técnica y profesional, y en la que se publican trabajos de la comunidad científica a criterio de su Comisión de Redacción y del Comité Científico de la misma. Además, dispone de un espacio en internet ([www.sefm.es](http://www.sefm.es)) como medio de información entre los socios y a la sociedad en su conjunto.

Con carácter bienal se celebra el Congreso Nacional de Física Médica con participación de socios y no socios e industrias del sector con aportaciones científicas y profesionales. Del mismo

modo, organiza reuniones científicas y técnicas sobre temas de interés y se participa activamente en otros congresos y reuniones tanto nacionales como internacionales. La SEFM participa en foros de actuación conjunta entre sociedades e instituciones, como el establecido entre el CSN, la SEPR y la SEFM, y mantiene relaciones fluidas y de colaboración con instituciones nacionales y regionales.

La SEFM desarrolla un programa de formación básica para especialistas en formación y un Programa de Formación Continuada de Profesionales con acreditación de la autoridad sanitaria y reconocimiento de las organizaciones europeas en Física Médica.

En el ámbito de la colaboración internacional, la SEFM es miembro de las organizaciones internacionales en Física Médica tales como: International Organization for Medical Physics (IOMP) y European Federation of Organizations in Medical Physics (EFOMP), mantiene relaciones especiales de colaboración con Universidades y sociedades Latinoamericanas, sociedades europeas y AAPM, así como con otras sociedades nacionales e internacionales de su entorno de actividad.

La Física Médica como actividad, la Radiofísica Hospitalaria como profesión y la SEFM como organización, participan y colaboran activamente en hacer que la aplicación de la Física en el ámbito de la Salud sea efectiva y segura, teniendo gran impacto e importancia en los procesos de Salud y contribuyendo a una mejora en la salud de los ciudadanos.

**Pedro Galán**  
**Presidente**  
**President**

*The SEFM (Spanish Society of Medical Physics) was founded as a scientific society in 1974. This Society gathers together all the professionals that develop their activities concerning the field of assistance, research, teaching and industry related to the Medical Physics. Nowadays, the SEFM consists of 500 members.*

*The goal of the SEFM is to outline the practice of the Medical Physics as the application of the physical method through clinic applications, research, teaching and developing as the tool in the assistance procedures of the citizens health care; promotes, expands and stimulates the activities regarding medical physics activities, the professional development and hard-work and scientific of the medical physicist.*

*Since 2000 the SEFM publishes the Revista de Física Médica (Medical Physics Journal), its official science journal, as a scientific communication tool, technical and professional, it publishes papers of the scientific community following the criteria of its scientific board.*

*It has also a web site ([www.sefm.es](http://www.sefm.es)) to communicate and inform the members of the society in the whole.*

*The National Medical Physics Meeting takes place every two years and it counts with the participation of the members and of those who are not members as well as the industries of the sector with professional and scientific contributions. It also organises scientific meetings regarding to items as well as it participates actively in national and international congresses. The SEFM takes part in workshops among societies and institutions as well as it has partnership relations with others national and regional institutions.*

*The SEFM develops a Training School meant for medical physicist in training, and a Continuous Training Program which has accreditation from the health authority and recognised by European Medical Physics organizations. In the scope of the international collaboration, the SEFM is member of the international organizations in Medical Physics: International Organization for Medical Physics (IOMP) and European Federation of Organizations in Medical Physics (EFOMP). The SEFM has also special relations with Latin-American societies and universities, with European societies, AAPM, as well as other national and international societies in the scope of its activity.*

*The Medical Physics as activity, the medical physicist as profession and the SEFM as organization participate and collaborate actively in order to assure that the application of physics in the scope of health to be effective and safe, as it has a huge impact and importance in health processes and above all with the goal of contribute in the improvement in the health of citizens.*



# Antonio NÚÑEZ GARCÍA-SAÚCO



Presidente de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

*President of the Board of Governors of the International Atomic Energy Agency (IAEA).*

11

*The International Atomic Energy Agency was founded in 1957 for the primary purpose, according to its Statute, of increasing the contribution of Member States to the peaceful uses of atomic energy. Considering the changes that have occurred over these nearly fifty years, what are the most important steps that, in your opinion, have been taken by the Agency?*

*Throughout the nearly fifty years since the IAEA was created, the Agency has had to evolve in order to adapt to a changing environment, not only in the technological but also in the geopolitical arena. In particular, we must remember that the peaceful uses of atomic energy in 1957 were in their early stages in the developed world and were practically unknown in the developing world. As regards the IAEA's structure and activities, I think the following figures will give an idea of the changes it has experienced over the years:*

- It has increased in size from 59 founding members to the current 137 members.
- Its Executive Body, the Board of Governors,

**El Organismo Internacional de Energía Atómica fue fundado en 1957 con el objetivo fundamental, según sus Estatutos, de aumentar la contribución de los países miembros a la aplicación pacífica de la energía atómica. Teniendo en cuenta los cambios acaecidos en estos cerca de cincuenta años, ¿cuáles son, en su opinión, los pasos más importantes que se han dado en el Organismo?.**

A lo largo de los casi 50 años transcurridos desde su creación, el OIEA ha tenido que evolucionar para adaptarse a un entorno cambiante, no sólo en el terreno tecnológico, sino también

en el geopolítico. Pensemos, en particular, que los usos pacíficos de la energía atómica estaban en 1957 dando sus primeros pasos en el mundo desarrollado y eran prácticamente desconocidos en el mundo en desarrollo. Respecto a la estructura y actividades del OIEA, creo que unas cifras pueden ilustrar el cambio que ha sufrido en estos años:

- De 59 Estados miembros fundadores ha pasado a 137.
- Su Órgano Ejecutivo, la Junta de Gobernadores, ha pasado de 23 a 35 miembros y ya se ha decidido una nueva ampliación a 43 miembros.
- El Programa de Cooperación Técnica disponía en 1958 de un

presupuesto de 125.000 US \$, cifra a comparar con los 75.750.000 US \$ del presente año 2004.

Esta tendencia expansiva del OIEA, paralela al desarrollo de las utilizaciones pacíficas de la energía atómica, ha tenido lugar sin prácticamente tener que modificar su "Estatuto", en el que se definen como objetivos tanto acelerar la contribución de la energía nuclear al desarrollo mundial como verificar su no-desviación hacia fines militares. La intensa actividad desarrollada por el OIEA a lo largo de estos años ha permitido que el Organismo disponga de:

- Un eficaz sistema de salvaguardias que le permite dar garantías a la comunidad internacional sobre el uso pacífico de la energía nuclear, sistema que actualmente está siendo reforzado mediante el denominado *Protocolo Adicional*.

- Un importante programa de cooperación técnica para la promoción de las aplicaciones de la energía nuclear en los países en desarrollo (en áreas como la salud, la lucha contra la malaria, la mosca tsé-tsé, el medio ambiente, los recursos hidrológicos, etc.) que ha puesto esas tecnologías al alcance de numerosos países.

- Un ambicioso programa de actividades en el campo de la seguridad nuclear y la protección radiológica, que está haciendo posible la consecución de una cultura de seguridad de ámbito mundial.

**Las diferentes sensibilidades existentes entre los países miembros en materia de producción nucleoelectrónica, y la nueva estructura de organizaciones internacionales, como la Unión Europea, implican cambios destacados.**

### **¿Cómo afronta el Organismo el reto del futuro?**

Según el Estatuto, compete a la Junta de Gobernadores proponer a la Conferencia General la aprobación del Programa de Trabajo y Presupuesto. Corresponde, no obstante, al Director General presentar las correspondientes propuestas, que en la práctica son objeto de considerables modificaciones a lo largo de su proceso de examen por la Junta de Gobernadores. En otras palabras, tanto el Director General como la Junta de Gobernadores tienen un papel clave a la hora de decidir la orientación de las actividades del OIEA, aun cuando la capacidad decisoria esté en manos de la Junta.

Ciertamente existen importantes divergencias entre los Estados miembros, en particular entre los 35 Estados miembros de la Junta, sobre una serie de cuestiones, una de ellas, a la que Vd. se refiere, el papel del OIEA en relación con la energía nucleoelectrónica. En la práctica las divergencias se salvan, de un lado, porque el Director General procura que sus propuestas reflejen la línea media entre posiciones ya conocidas y, por otra parte, la Junta de Gobernadores tradicionalmente adopta sus decisiones por consenso, lo que igualmente implica la búsqueda y consecución del compromiso.

O si se quiere, más en concreto, el planteamiento aceptado por todos es que el OIEA no haga lo que podríamos llamar "propaganda" de la energía nuclear, sino que se limite a seguir de cerca su desarrollo, manteniendo informados a los Estados miembros, de forma que éstos dispongan de una base científica para la toma de decisiones sobre opciones energéticas. El OIEA solamente presta asistencia a petición de parte, es decir, a países

has increased in size from 23 to 35 members and a new enlargement to 43 members has just been agreed.

- The Technical Co-operation Programme had a budget of US \$125,000 in 1958, compared to the 2004 budget of US \$75,750,000.

*This growth trend of the IAEA, in parallel with the development of peaceful uses of atomic energy, has taken place practically without any need for modifications to its Statute, which defines as objectives both an acceleration of the contribution of nuclear power to worldwide development and verification of non-diversion to military purposes. Thanks to the activities developed by the IAEA over the years, the Agency now has:*

- An effective safeguards system that allows it to provide assurances to the international community regarding the peaceful use of atomic energy; this system is currently being strengthened with the so-called Additional Protocol.

- An important technical co-operation programme for promoting the applications of nuclear power in developing countries (in areas such as health, the battle against malaria and the tsetse fly, the environment, hydrological resources, etc.), thus helping to put these technologies within reach of numerous countries.

- An ambitious program of activities in the field of nuclear safety and radiological protection, which is making it possible to achieve a worldwide safety culture.

**The different concerns of Member States in matters of nuclear power production, and the new structure of international organizations such as the European Union, imply significant changes. How is the Agency confronting the challenge of the future?**

*According to its Statute, it is the Board of Governors' task to propose approval of the Work Programme and Budget to the General Conference. However, it is the General Director's responsibility to submit the corresponding proposals, which in practice are modified considerably throughout the process of review by the Board of Governors. In other words, both the General Director and the Board of Governors play key roles when deciding how to target the IAEA's activities, even though the Board holds the decision-making power.*

*It is true that there are major disagreements between Member States, and in particular between the 35 Member States represented on the Board, regarding a series of issues, and one of these issues, as you indicate, is the role of the IAEA in relation to nuclear power. In practice, these differences are overcome because, on one hand, the General Director makes sure that his proposals reflect the midline between already known positions and, on the other, the Board of Governors traditionally adopts its decisions by consensus, which*

likewise means that compromise must be sought and achieved.

More specifically, the approach accepted by everyone is that the IAEA will not spread what we could call "propaganda" about nuclear power, but rather it confines itself to closely tracking its development and keeping Member States informed so that they will have scientific grounds on which to base their decisions about energy options. The IAEA only provides assistance on request, i.e. to countries that have decided to include nuclear energy among their energy supply sources. In any event, the IAEA allots only 9% of its regular budget to the nuclear power issue.

As regards the influence on the IAEA of structural changes in other international organizations, and in particular the EU, we should remember that the Agency's only "stockholders" are the Member States. It is true that the EU, which has 11 countries on the Board, wields considerable weight during debates, especially when the country holding the Presidency takes the floor on behalf of the EU. But the EU's interventions are, in turn, the result of compromise between discrepant positions, and one of the most controversial issues is precisely the role of nuclear power.

In short, it is only this willingness to compromise that allows the IAEA to move forward in its different spheres of activity and that will help it to face the challenges of the future.

**Your proposals included the suggestion that the Board of Governors promote the Agency's Action Plan to combat nuclear terrorism and ratify the Additional Protocols in order to strengthen the safeguards system. What is the status of this process? What are your objectives at this time for the second part of your term of office?**

As regards the prevention of nuclear terrorism, significant progress has been made on executing the Action Plan approved by the Board of Governors in March 2002. Since then, numerous activities have been carried out in the three areas contained in this Plan: improved prevention, enhanced ability to detect illicit trafficking in nuclear and radioactive materials, and development of the ability to respond to acts or threats of nuclear terrorism. I am not going to list all the activities carried out, as there are many of them.

But I do want to say that execution of the Action Plan against Terrorism has been possible thanks to the voluntary contributions of numerous Member States – including Spain – which to date have pledged a total of \$28,000,000 in the Nuclear Security Fund that is used to finance the Plan. I am confident that this financial support will continue in the future and thus make it possible to complete execution of the Plan.

With regard to ratification of the Additional Protocol, which is vital if the Safeguards System is going to have the capability to detect clandestine nuclear programs, progress has been limited

que han decidido incluir la energía nuclear entre sus fuentes de abastecimiento energético. En todo caso, al tema "energía nucleoelectrica" el OIEA solamente dedica el 9% de su presupuesto regular.

Respecto a la influencia sobre el OIEA de cambios de estructura en otras Organizaciones Internacionales y, en particular, de la UE, conviene recordar que los "accionistas" del Organismo son exclusivamente los Estados miembros. Ciertamente, la UE, de la que 11 países son miembros de la Junta, tienen un peso considerable en los debates, en particular cuando toma la palabra, en nombre de la UE, el país que ostenta la Presidencia. Pero a su vez, las intervenciones de la UE son también fruto del compromiso entre posiciones divergentes, siendo precisamente el papel de la energía nucleoelectrica uno de los temas más controvertidos.

En resumen, solamente esa buena disposición al compromiso permite al OIEA avanzar en sus diversos campos de actividad y le permitirá hacer frente a los retos del futuro a que se refiere.

**Dentro de sus propuestas se encontraba el impulso que la Junta de Gobernadores debía dar al Plan de Acción del Organismo para la prevención del terrorismo y la ratificación de los Protocolos Adicionales para reforzar el sistema de salvaguardias. ¿En qué situación se encuentra este proceso?. ¿Cuáles son, en este momento, sus objetivos para la segunda parte de su mandato?.**

En relación con la prevención del terrorismo nuclear, se han producido avances importantes en la ejecución del Plan de Acción que aprobó la Junta de Gobernadores en marzo del 2002. Desde entonces se han lle-

vado a cabo numerosas actividades en los tres capítulos que componen ese Plan: la mejora de la prevención, el refuerzo de la capacidad de detección del tráfico ilícito de materiales nucleares y radiactivos, y el desarrollo de la capacidad de respuesta ante actos o amenazas de terrorismo nuclear. No voy a entrar en la enumeración de todas -y son muchas- las actividades realizadas.

Pero sí quiero decir que la ejecución del Plan de Acción contra el Terrorismo está siendo posible gracias a las contribuciones voluntarias que han efectuado numerosos Estados miembros -incluida España- que hasta esta fecha han aportado un total de 28.000.000\$ al *Fondo de Seguridad Física Nuclear*, con el que se financia el Plan. Confío en que este apoyo financiero se mantenga en el futuro y permita completar su ejecución.

Respecto a la ratificación de los Protocolos Adicionales, verdadera pieza clave para que el Sistema de Salvaguardias pueda detectar programas nucleares clandestinos, los progresos son limitados, pues hasta la fecha solamente ha entrado en vigor en 39 países. Un aspecto para nosotros esperanzador, es que todos los países de la UE lo han ratificado. Se espera, pues, que próximamente entre en vigor para el conjunto de la UE. Otro aspecto positivo, es que en julio pasado la Junta de Gobernadores aprobó el importante incremento del presupuesto de salvaguardias, que pude negociar y al que antes me referí, lo que permitirá al OIEA aplicar plenamente los Protocolos Adicionales.

Respecto a los objetivos para la segunda fase de mi mandato, una serie de temas candentes están ya sobre la mesa.

El primero es el de la aplicación del Acuerdo de Salvaguardias en



Irán, y ahora del Protocolo Adicional que aprobó la última Junta de Gobernadores, de los que han dado extensa y detallada cuenta los medios de comunicación, y que espero pueda quedar resuelto durante mi presidencia o debidamente encauzado.

El segundo es el del equilibrio entre los aspectos de verificación y de cooperación. Como he señalado, las funciones de verificación y salvaguardias han experimentado un muy importante incremento de recursos financieros desconocido en el pasado. La gran mayoría de los países en desarrollo -que carecen de instalaciones donde realizar salvaguardias- espera que los proyectos de cooperación técnica mantengan una posición relativamente equilibrada con el incremento de los recursos en salvaguardias. Sin embargo, hasta ahora, aunque han aumentado, las dotaciones para el Fondo de Cooperación no han adquirido los niveles esperados, equiparables a los de salvaguardias.

Pero también hay otros temas nuevos que habrá que abordar y tratar de encauzar.

Primero, el problema de la red de "mercado negro nuclear" que ha puesto de manifiesto, con dimensiones inesperadamente extensas, el caso de Libia y sobre el que ya empiezan a formularse propuestas en distintos foros, como en el Grupo de Suministradores Nucleares.

Segundo, el del posible control del ciclo sensible del combustible, sobre el que se han expresado tanto el Presidente Bush y el ministro británico de Exteriores, Sr. Straw, como el Director General del OIEA, con propuestas diferenciadas, pero dirigidas a este fin.

Finalmente, está el tema siempre importante del terrorismo nuclear y la amenaza de la llamada

"bomba sucia", lo que obliga a un esfuerzo constante por reforzar la seguridad de las fuentes radiactivas.

**Este número que han decidido publicar de forma conjunta la Sociedad Nuclear, la de Protección Radiológica y la de Física Médica españolas, dedicado a analizar la situación de la protección radiológica en España, tendrá una difusión extraordinaria en el Congreso Internacional IRPA'11. Con el fin de dar a conocer a los lectores la situación de la protección radiológica, ¿cuáles son los cometidos del OIEA en esta materia?, ¿cómo se estructuran sus actuaciones?**

Los dos objetivos básicos del programa de protección radiológica del OIEA son el desarrollo y aplicación de normas y guías de seguridad radiológica y la promoción de actividades que permitan avanzar en el conocimiento científico y tecnológico, a través de la formación de científicos y expertos.

Con la mira siempre puesta en alcanzar estos dos objetivos, el programa de trabajo del OIEA aborda los temas básicos y clásicos en esta materia como la protección radiológica ocupacional, la seguridad radiológica en el transporte de materiales nucleares y radiactivos, la seguridad de las fuentes radiactivas y la preparación y respuesta a situaciones de emergencia.

Respecto de la seguridad radiológica, el OIEA se ha convertido en una de las Organizaciones internacionales de referencia, de la que emanan estándares mundiales.

Los lamentables accidentes en radioterapia, acaecidos durante las últimas décadas, algunos de ellos con decenas de muertos, junto con nuevas prácticas médicas

*because it has only taken effect in 39 countries. It is encouraging to us that all the EU countries have ratified it, and thus we expect that it will soon be put into effect for the EU as a whole. Another positive development is that, last July, the Board of Governors approved a significant hike in the safeguards budget, which I was able to negotiate, and this will allow the IAEA to fully enforce the Additional Protocols.*

*As regards the objectives for the second part of my term of office, there is already a series of hot issues on the table.*

*The first is application of the Safeguards Agreement in Iran and now the Additional Protocol approved by the last Board meeting, which was extensively reported on in the communication media. I hope that this issue can be resolved or duly channeled during my presidency.*

*The second is the balance between verification and co-operation. As I have mentioned, the financial resources allocated to verification and safeguards functions have increased significantly, to levels unknown in the past. Most of the developing countries – which do not have facilities where safeguards are needed – hope that the technical cooperation projects will maintain a relatively balanced position in relation to safeguard resources. However, although voluntary contributions to the Cooperation Fund have increased, they have still not reached the expected levels that would be comparable to the safeguards.*

*But there are also other new issues that we will have to address and try to resolve.*

*First is the problem of the network of "nuclear black market", which the case of Libya has brought to light with unexpectedly broad implications. Proposals have already begun to be introduced in different fora such as the Nuclear Suppliers Group.*

*Second is the possible control of the sensitive phases of the nuclear fuel cycle, regarding which President Bush, the British Foreign Secretary, Mr. Straw, and the General Director of the IAEA have come forward with differing proposals but all targeting this goal.*

*Finally, it is the ever-important issue of nuclear terrorism and the threat of the so-called "dirty bomb", which requires ongoing efforts to reinforce the security of radioactive sources.*

***This issue, which the Spanish Nuclear, Radiological Protection and Medical Physics Societies have jointly decided to publish for analyzing the situation of radiological protection in Spain, will have an extraordinary circulation in the International Congress IRPA'11. In order to inform readers on the situation of radiological protection, what are the missions of the IAEA in this field? How are your actions structured?***

*The two basic objectives of the IAEA radiological protection program are development and application of radiological safety standards and guidelines, and promotion of activities that help to advance scientific and technological know-how*

through training of scientists and experts.

With these two objectives always in mind, the IAEA's work program addresses the basic, classic issues in this area, i.e. occupational radiological protection, radiological safety in nuclear and radioactive material transportation, security of radioactive sources, and preparations for and response to emergency situations.

In the area of radiological safety, the IAEA has become one of the international reference organizations that issues worldwide standards.

Because of the unfortunate accidents in radiotherapy that have occurred during the last few decades, some of them with dozens of deaths, together with new medical practices that expose the patient to radiological risks that must be controlled, the IAEA also develops and consolidates new aspects of this discipline, extending the concepts and practices of radiological safety to patient protection.

As regards the promotion of scientific knowledge and personnel training, especially in less developed countries, the IAEA has developed a far-reaching programme of international cooperation. To appreciate the importance given to the application of radiation, I will say that this area represents one third (31%) of all IAEA resources for Technical Cooperation.

In recent years, the IAEA has also included environmental radiological protection in its programme, an issue that is as novel as it is controversial.

Another part of the IAEA programme in this field concerns activities related to the safety of radioactive waste management, including all aspects of radiological safety of the radioactive waste cycle from segregation, treatment and processing to final disposal, either through controlled discharges to the environment or else through waste storage in surface or deep geological repositories. This work is very important and relevant, as many of the Agency's Member States face these problems, especially in the Eastern European countries.

I would like to conclude by emphasizing the relevance of the radiological protection programme for controlling radioactive sources and materials, as this is a way to combat the potential threat of nuclear terrorism and illicit trafficking and improper use of these sources.

**From the exceptional vantage point of your high-ranking post in the IAEA, how would you qualify Spanish participation in international organizations?**

Let's begin with the IAEA. The fact that Spain is the 8th regular contributor and, on the other hand, the 11th ranking country in installed nuclear power, gives it a significant weight in the Agency, even though it does not belong to the club of permanent members on the Board of Governors. The discontinuity of our presence on the Board, which stems from the political context

que exponen al paciente a riesgos radiológicos que han de ser controlados, justifican que el OIEA, además, desarrolle y consolide nuevos aspectos de esta disciplina, extendiendo los conceptos y prácticas de seguridad radiológica a la protección de los pacientes.

Con relación a la promoción del conocimiento científico y a la formación de personal, sobre todo en países menos desarrollados, el OIEA ha desarrollado un amplio programa de cooperación internacional del que, para que puedan apreciar la importancia acordada a la aplicación de radiaciones, le diré que ésta representa un tercio (el 31%) de los recursos totales del OIEA para Cooperación Técnica.

En los últimos años, el OIEA ha incluido, además, en su programa la protección radiológica del medio ambiente, tema éste tan novedoso como controvertido.

Otro aspecto del programa del OIEA en este campo, se refiere a las actividades relacionadas con la gestión segura de los residuos radiactivos, abordando todos los aspectos de seguridad radiológica del ciclo del residuo radiactivo, desde su segregación, tratamiento y acondicionamiento hasta su eliminación final, bien mediante descargas controladas al medio ambiente o mediante su disposición en almacenamiento de residuos superficiales o en medios geológicos profundos. Esta labor es de gran importancia y relevancia ya que muchos de los Estados miembros del Organismo se enfrentan a esta problemática, especialmente importante en los países de Europa del Este.

Quisiera terminar recordando la relevancia del programa de protección radiológica cara al control de las fuentes y del material radiactivo, luchando de esta forma contra la posible amenaza

del terrorismo nuclear y contra el tráfico ilícito y el uso indebido de estas fuentes.

**Desde la excepcional atalaya que representa su alta responsabilidad en el OIEA, ¿cómo califica la participación española en los organismos internacionales?**

Comencemos por el OIEA. El hecho de que España sea el 8º contribuyente regular y, por otra parte, el 11º país en potencia nuclear instalada, le da en el Organismo un peso notable, aun cuando no pertenezca al club de miembros permanentes de la Junta de Gobernadores. La discontinuidad en nuestra presencia en la Junta, fruto del contexto político en que surgió el OIEA en 1957, se ve, sin embargo, compensada por la presencia de expertos españoles en la mayoría de los Grupos Asesores del Director General, en particular en los relativos a la seguridad nuclear, protección radiológica y energía nuclear. Para darle a Vd. las últimas cifras disponibles del 2003, España acogió 78 especialistas en 7 cursos de formación, 47 becarios y proporcionó al Organismo 47 expertos para misiones de proyectos de asistencia técnica y como profesores en cursos de capacitación.

Aparte de la Administración central, nuestras Instituciones nucleares (Consejo de Seguridad Nuclear y Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) y varias de nuestras empresas públicas y privadas están muy presentes en las actividades y programas del OIEA, contribuyendo a ellos de forma muy importante, en particular, mediante el suministro de expertos para reuniones técnicas y misiones de cooperación técnica. Otros entes públicos (Universidades, Hospitales, Centros de

Investigación, etc.) también participan en reuniones técnicas y misiones del OIEA. Además, todas ellas han participado en la organización de seminarios, congresos y conferencias, entre éstas últimas, quiero mencionar, en especial, las de Sevilla (bajas exposiciones), Córdoba (tratamiento de residuos) y Málaga (protección del paciente).

En resumen, España tiene una presencia activa en el OIEA, pero existe todavía un considerable potencial inexplorado en esa relación, y todos los que de una u otra forma tenemos que ver con ello, debemos unir nuestros esfuerzos para que nuestro país aproveche al máximo lo que el Organismo le ofrece.

**En los inicios de su mandato, usted afirmó que uno de sus objetivos como presidente era mantener la concordia y el espíritu de consenso tradicional en el OIEA, conocido como “el espíritu de Viena”. ¿ Cómo evalúa el alcance de este objetivo?.**

Como ya he indicado, en un Foro tan universal como el de las Naciones Unidas, y éste es el caso del OIEA, las sensibilidades existentes, por emplear su expresión anterior, están extraordinariamente diferenciadas y, a veces, contrapuestas.

Los países tienen sus propios intereses nacionales, distintos sistemas políticos y sociales, se insertan en varios niveles económicos, pertenecen a diferentes grupos regionales, se adscriben a diversas alianzas políticas o militares, etc., y, por supuesto, desde sus específicos posicionamientos tratan de lograr, como es natural, los resultados más ventajosos.

Lo que la diplomacia multilateral en Viena trata de evitar, en lo posible, es que las ventajas caigan sólo de un solo lado, y, cuan-

to menos, que esto no sea la regla.

Por ello, como he dicho, tanto las propuestas que provienen del Organismo, como las resoluciones de la Junta de Gobernadores o de la Conferencia General procuran buscar puntos de equilibrio, de modo que se evite cualquier tipo de imposición, aunque sea por la vía legítima de la mayoría.

Concretamente en Viena, la tradición ha sido siempre la negociación del consenso y como Presidente, aun en varios momentos muy delicados, en los que algunos países podían exigir una votación y fácilmente ganarla, propiciándola además como única forma de resolver un grave impasse, he insistido en mantener la vía del consenso y hacer prevalecer el “espíritu de Viena”, alegando, con cierto humor o ironía, que si no todos podían resultar igual de satisfechos, todos quedarán al menos parecidamente insatisfechos.

**Su nombramiento como presidente de la Junta de Gobernadores del OIEA ha significado una importante proyección de la participación española en los organismos internacionales con sede en Viena. ¿ Qué representa este nombramiento, tanto desde el punto de vista personal como nacional y de representación?.**

Quiero comenzar significando que es la primera vez que un español ostenta la Presidencia de la Junta de Gobernadores en la historia del OIEA, por tanto, desde 1957.

Esta Presidencia no se ocupa, como ocurre en otros Organismos, por sistema rotatorio de países (por lo que España ya hubiera accedido en su turno), sino por elección o selección dentro de los distintos Grupos regionales.

*in which the IAEA was born in 1957, is nevertheless compensated by the presence of Spanish experts in most of the General Director's Advisory Groups, and in particular in those regarding nuclear safety, radiological protection and nuclear power. The latest figures available from 2003 show that Spain received 78 specialists in 7 training courses and 47 fellowship holders, and it assigned 47 experts to the Agency for technical co-operation projects and as lecturers in training courses.*

*Apart from the central administration, our nuclear institutions (Consejo de Seguridad Nuclear and Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) and several of our public and private enterprises have a very significant presence in and make major contributions to the IAEA's activities and programmes, in particular by sending experts to technical meetings and technical cooperation missions. Other public entities (universities, hospitals, research centers, etc.) also take part in IAEA technical meetings and missions. In addition, all of them have participated in the organization of seminars, congresses and conferences; of the latter, I would especially like to mention those in Seville (low exposure), Cordoba (waste treatment) and Malaga (radiological protection of patients).*

*In short, Spain has an active presence in the IAEA but there is still considerable untapped potential in this relationship, and all of us who are involved in one way or another should join forces so that our country can take utmost advantage of what the Agency has to offer.*

***At the beginning of your term, you claimed that one of your objectives, as president was to maintain the harmony and traditional spirit of consensus in the IAEA, known as “the spirit of Vienna”. To what extent would you say this objective has been achieved?***

*As I have already indicated, in a Forum as universal as the United Nations, the existing concerns, to use your previous term, are extraordinarily different and, at times, diametrically opposed.*

*Countries have their own national interests, different political and social systems and varying economic levels, and they belong to different regional groups, join different political or military alliances, etc., and naturally, from their specific positions, try to gain the most advantageous results.*

*What multilateral diplomacy in Vienna tries to avoid as much as possible is that the advantages fall on only one side and that this at least not be the general rule.*

*Therefore, as I have said, both the proposals of the Director General and the resolutions of the Board of Governors or the General Conference seek to find points of equilibrium so as to prevent any kind of imposition, even through the legitimate channel of the majority.*

*In Vienna specifically the tradition has always been to negotiate a consensus and, as President,*



even in some very delicate moments when some countries could demand a vote and easily win it and also encourage it as the only way to overcome a serious deadlock, I have insisted on supporting consensus and making the "spirit of Vienna" prevail, contending with some humor or irony that if everyone cannot be equally satisfied, everyone should at least be similarly dissatisfied.

**Your appointment as Chairman of the IAEA's Board of Governors has given Spanish participation in the international bodies based in Vienna a lot of visibility. What does this appointment represent, both in personal and national terms and as regards representation?**

I would like to begin by saying that it is the first time ever in the history of the IAEA, and thus since 1957, that a Spaniard has held the Chair of the Board of Governors.

This Chairmanship is not occupied, as is the case in other organizations, by a rotating system of countries (through which Spain would already have had a turn), but rather by election or selection within the different regional groups.

From a personal point of view, my election was a result of an immediate 3-year experience as Governor on the Board and one year as Vice-Chairman; in addition, I co-chaired the IAEA's most important Committee – Programmes and Budgets - during my vice-chairmanship, where after 2 years we succeeded in concluding the hardest negotiations in the last decade, i.e. a 20% hike in the Safeguards Budgets. Traditionally, the IAEA followed a rule of zero real growth. It was not at all easy, at such difficult economic and financial times for most countries, to break this rule and increase the compulsory fee by such a high percentage.

In any event, there was no doubt at all that this year for the IAEA was going to be its hardest. We only need mention North Korea, Iraq, Iran and Libya as proof. These cases have made the IAEA and the Board of Governors the most relevant international organization after the Security Council, and it seems that the States have opted for a senior Chairman with internal experience on the Board of Governors.

On the other hand, thanks to the specific situation of Spain – a country with an open foreign policy that is able to deal with the same credibility with the United States and Iran, with Libya and Israel or with Brazil and Philippines – it represents a solid, reliable guarantee.

In fact, with this Chairmanship of the Board of Governors, Spain, which simultaneously held a seat on and presided over the Security Council and the International Committee against Terrorism, took a place in the most relevant realm today within the United Nations system.

In conclusion, this Chairmanship has represented both for Spain and for me personally a very difficult challenge that, for now, we have been able to meet with dignity and success.



Desde el punto de vista personal, mi elección respondió a una experiencia inmediata de 3 años como Gobernador en la Junta por España y un año de Vicepresidente, además de haber copresidido durante esta Vicepresidencia el Comité más importante del OIEA: el de Programas y Presupuestos, donde se logró concluir, después de 2 años, la negociación más ardua del último decenio: el incremento de un 20% del Presupuesto para Salvaguardias. Tradicionalmente el OIEA mantenía como regla un crecimiento real cero. Romper esta regla e incrementar en tal alto porcentaje la cuota obligatoria, en momentos económicos y financieros tan difíciles para la mayoría de los países, no fue nada fácil.

En cualquier caso, existía un consenso indiscutible en cuanto a que este año iba a ser -como ha sido- el más difícil del OIEA. Basta poner en el telón de fondo Corea del Norte, Irak, Irán y Libia, para atestiguarlo. Estos casos han hecho del OIEA y de la Junta de Gobernadores, el organismo internacional más rele-

vante después del Consejo de Seguridad, los Estados parece que optaron por un Presidente "rodado" y con experiencia interna de la Junta de Gobernadores.

Por otro lado, la situación específica de España, un país con una política exterior tan abierta, capaz de hablar con la misma credibilidad con Estados Unidos que con Irán, con Libia que con Israel, con Brasil que con Filipinas, representaba una garantía incuestionable y fiable.

De hecho, con esta Presidencia de la Junta de Gobernadores, España, que simultáneamente estuvo y presidió el Consejo de Seguridad y el Comité Internacional contra el Terrorismo, se situó en el vértice del triángulo más relevante hoy día dentro del sistema de las Naciones Unidas.

En resumen, tanto para España como para mí personalmente, esta Presidencia ha representado, en todo caso, un reto muy difícil que, por ahora, hemos sabido salvar con mucha dignidad y con claro éxito.

# MARCO LEGAL DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

## LEGAL FRAMEWORK OF RADIOLOGICAL PROTECTION IN SPAIN

**Javier Arana.** Subdirector General de Energía Nuclear. Dirección General de Política Energética y Minas. Ministerio de Economía. / *Deputy General Director of Nuclear Energy. General Directorship of Energy Policy and Mines. Ministry of the Economy.*

**Adolfo Lama.** Asesor del Secretario General, CSN. / *Adviser to the Secretary General. Consejo de Seguridad Nuclear.*

**Mercedes Bezares.** Jefa de Servicio de Evaluación Sanitaria de Riesgos Ambientales. Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo. / *Head of Environmental Risk Health Evaluation Service. Deputy General Directorship of Environmental and Occupational Health. General Directorship of Public Health. Ministry of Health and Consumer Protection.*

Spain has a clearly defined legal framework and a regulatory system for radiological protection that is updated in accordance with the latest advances in scientific knowledge of the effects of ionizing radiation, in keeping with the recommendations made by international organizations specialized in this area and, in particular, community directives.

These regulations ensure the radiological safety and protection of exposed workers and the general population in accordance with the principles of dose justification, optimization and limitation in practices, and they address issues concerning the radiological protection of patients in medical exposures by requiring the implementation of quality assurance programs and adequate training of medical specialists for deciding on the advisability of an exposure in accordance with the risk/benefit criterion.

*España cuenta con un marco competencial claramente definido y un régimen normativo sobre protección radiológica actualizado de acuerdo con los últimos avances en el conocimiento científico de los efectos de las radiaciones ionizantes, que se deriva de las recomendaciones emanadas de las organizaciones internacionales especializadas en la materia, y en particular, de las Directivas comunitarias.*

*Esta normativa garantiza la seguridad y protección radiológica de los trabajadores expuestos y de la población en general, de acuerdo con los principios de justificación, optimización y limitación de dosis para prácticas, y tiene en cuenta los aspectos relativos a la protección radiológica del paciente en exposiciones médicas, exigiendo la implantación de programas de garantía de calidad y la formación adecuada del especialista médico para decidir la procedencia o no de una exposición de acuerdo con el criterio riesgo/beneficio.*

21

### SCOPE OF COMPETENCIES

*In Spain, competencies in matters of radiological protection are as follows:*

- *The Government, as the executive power, dictates regulatory standards.*
- *The Ministry of the Economy adopts provisions for developing the Government's laws and regulations and it acts as the licensing authority, except for second- and third-category radioactive facilities, for which the functions have been trans-*

### ÁMBITO COMPETENCIAL

En España, las competencias en materia de protección radiológica recaen en:

- El Gobierno, como poder ejecutivo, dicta normativa reglamentaria.
- El Ministerio de Economía, adopta disposiciones en desarrollo de las leyes y de los reglamentos del Gobierno, y actúa co-

mo autoridad de licenciamiento, con excepción de las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría, cuyas funciones han sido transferidas a la mayoría de las Comunidades Autónomas.

- El Ministerio de Sanidad y Consumo, adopta disposiciones en materia de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos.

• El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), como organismo público independiente de la Administración Central del Estado, que únicamente da cuenta de sus actuaciones al Parlamento, es el único competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Emite informes preceptivos con carácter previo al otorgamiento de las autorizaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas, y asume la facultad de inspección y control de las mismas. Asimismo, tiene la capacidad de elaborar y aprobar instrucciones, circulares y guías de carácter técnico, en el ámbito de sus competencias, en los dos primeros casos de carácter vinculante y en el tercero recomendatorio.

## RÉGIMEN NORMATIVO

La protección radiológica es una materia regulada dentro de la jerarquía normativa del ordenamiento jurídico español, que tiene como norma fundamental la Constitución Española de 1978, por la cual queda sujeta a las disposiciones de los tratados o convenios internacionales ratificados por España, entre los cuales son relevantes, a estos efectos, el Tratado de la Comunidad Europea de Energía Atómica (EURATOM), por el cual la Comunidad viene estableciendo normas básicas para la protección sanitaria de la población y los trabajadores contra los peligros que resulten de las radiaciones ionizantes, y la Convención sobre Seguridad Nuclear, así como las disposiciones nacionales de rango legal y reglamentario en esta materia.

Las disposiciones en materia de protección radiológica en la legislación española se recogen fundamentalmente en:

*Ley 25/1964, de 29 de abril, de Energía Nuclear.*

Esta ley recoge y desarrolla los principios rectores de la energía nuclear y la protección contra las radiaciones ionizantes, fomenta el desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en España y regula su puesta en práctica en el territorio nacional.

*Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.*

Asigna a este organismo funciones en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, que han sido modificadas y ampliadas mediante la nueva redacción que le ha sido otorgada por la disposición adicional primera de la Ley 14/1999, de 4 de mayo, de tasas y precios públicos por servicios prestados por el CSN. Así, al CSN le corresponde controlar las medidas de protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos, del público y del medio ambiente, así como controlar y vigilar las dosis de radiación recibidas por el personal de operación y las descargas de material radiactivo al exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas y su incidencia, particular o acumulativa, en las zonas de influencia de estas instalaciones.

*Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.*

Este Reglamento establece las normas relativas a la protección de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, de acuerdo con la Ley 25/1964, y transpone a la legislación española, junto con el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y

ferred to most of the Autonomous Regions.

- The Ministry of Health and Consumer Protection adopts provisions in matters of radiological protection of people undergoing medical examinations and treatments.

- The Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), as an independent public body of the State's Central Administration that reports its actions solely to Parliament, is the only competent body in matters of nuclear safety and radiological protection. It issues preceptive reports prior to the granting of licenses for nuclear and radioactive facilities, and it is responsible for inspecting and controlling these facilities. Likewise, it prepares and approves technical instructions, circulars and guidelines within the scope of its competencies, in the former two cases of a binding nature and in the latter of a recommendatory nature.

## REGULATORY SYSTEM

Radiological protection is a regulated area within the regulatory hierarchy of Spanish legal jurisdiction. The fundamental norm is the Spanish Constitution of 1978, whereby radiological protection is subject to the provisions of international treaties or conventions ratified by Spain, of which the most relevant ones, for these purposes, are the European Community Atomic Energy Treaty (EURATOM), whereby the Community has been laying down basic rules for health protection of the population and workers against the dangers resulting from ionizing radiation, and the Convention on Nuclear Safety, as well as national provisions of legal and regulatory standing in this area.

The provisions on radiological protection in Spanish legislation are primarily contained in the following:

Nuclear Energy Act 25/1964 dated April 29.

This law provides and develops the guiding principles of nuclear energy and protection against ionizing radiation, it fosters the development of peaceful applications of nuclear power in Spain, and it regulates its use in the national territory.

Law 15/1980 dated April 22, creating the Consejo de Seguridad Nuclear.

This body is assigned functions in matters of nuclear safety and radiological protection that have been modified and broadened by the new wording of the first additional provision of Law 14/1999 dated May 4, regarding public rates



and prices for services provided by the CSN. Thus, it is the CSN's responsibility to control radiological protection measures for professionally exposed workers, the public and the environment, as well as to control and monitor the radiation doses received by operating personnel and exterior discharges of radioactive material from nuclear and radioactive facilities and their particular or accumulative impact on the zones of influence of these facilities.

Royal Decree 783/2001 dated July, whereby the Regulation on health protection against ionizing radiation is enacted.

*This Regulation establishes the rules regarding protection of workers and the public against the risks resulting from ionizing radiation, in accordance with Law 25/1964, and, together with Royal Decree 1836/1999 dated December 3 that enacts the Regulation on nuclear and radioactive facilities, it transposes EURATOM Directive 96/29 to Spanish legislation. [1]*

*The basic principles of protection addressed in this regulation are those of dose justification, optimization and limitation in practices, and it establishes the fundamental principles of operational protection of exposed workers, people in training and students on carrying out practices, as well as measures for radiological protection of the population under normal circumstances. For each of these groups, it defines the admissible dose limits in accordance with the recommendations of the International Commission on Radiological protection contained in its publication no. 60 (ICRP 60).*

*Likewise, it introduces the concept of intervention and establishes the general principles and requirements that apply to intervention in the event of a radiological emergency or of long-lasting exposure. Finally, it requires that radiological protection requirements be identified and applied to those industrial activities in which there is a significantly higher exposure due to natural radiation sources.*

*On the other hand, the scope of this Regulation does not include protection of people exposed to ionizing radiation in processes of medical diagnosis or treatment. These are subject to the criteria of radiological protection of patients that are regulated in Royal Decree 1132/1990 dated September 18, which establishes the basic radiological protection measures for people undergoing medical examinations and treatment, and other royal decrees referred to below.*

Royal Decree 413/1997 dated March 21, on Operational Protection of Outside Workers



Detector de humos con fuente de Ra-226.  
Smoke detector with Ra-226.

radiactivas, la Directiva 96/29 EURATOM [1].

Como principios básicos de protección contempla los de justificación, optimización y limitación de dosis para prácticas y establece los principios fundamentales de protección operacional de trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes durante la ejecución de prácticas, y los aspectos relativos a la protección radiológica de la población en circunstancias normales. Para cada uno de estos grupos establece los límites de dosis admisibles de acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica en su publicación nº 60 (ICRP 60).

Asimismo, se introduce el concepto de intervención y se establecen los principios generales y los requisitos aplicables a la intervención en caso de emergencia radiológica y en caso de exposición perdurable. Finalmente, se requiere la identificación y aplicación de requisitos de protección radiológica en aquellas actividades laborales en las que exista un incremento significativo de la exposición debida a fuentes naturales de radiación.

Por otra parte, queda excluida del ámbito de este Reglamento la protección de las personas sometidas a radiaciones ionizantes en

cualquier proceso de diagnóstico o tratamiento médico, en los que se aplicarán los criterios de protección radiológica del paciente que se encuentran regulados en el Real Decreto 1132/1990, de 18 de septiembre, por el que se establecen las medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamiento médicos, y demás reales decretos de desarrollo, a los que se hará referencia posteriormente.

*Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre Protección operacional de trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada*

Transpone a nuestra legislación la Directiva 90/641/EURATOM [2], y en él se requiere que las empresas que vayan a realizar actividades en zona controlada se inscriban en un registro establecido por el CSN declarando las actividades que realiza y asegurando disponer de medios adecuados para el cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto. Las empresas están obligadas al cumplimiento de lo establecido en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, proporcionar formación sobre protección



Panel con indicadores con pintura radioluminiscente conteniendo Ra-226.  
Board with indicators with radioluminescent paint containing Ra-226.

radiológica a los trabajadores, controlar las dosis recibidas por estos, mantener su vigilancia médica y solicitar al CSN la asignación del Documento Individual de Seguimiento Radiológico.

En lo que se refiere al ámbito de la *protección radiológica del paciente en exposiciones médicas*, el Ministerio de Sanidad y Consumo, a través de la Dirección General de la Salud Pública, ha venido desarrollando en estos últimos años la legislación correspondiente.

La Directiva 84/466/EURATOM [3], reconocía que al margen de la exposición a las fuentes naturales de radiación, la exposición médica era la fuente más importante de exposición a radiaciones ionizantes de los ciudadanos de la Unión Europea. Mediante esta Directiva se establecieron las medidas fundamentales que permitían mejorar la protección radiológica de los pacientes sin renunciar a los beneficios que se obtienen de las radiaciones en el plano de la detección precoz, el diagnóstico o el tratamiento de las enfermedades. Además, con estas medidas se evitan las exposiciones inadecuadas o excesivas a las radiaciones y mejoran la calidad y eficacia del acto radiológico médico, atendiendo así las recomendaciones formuladas por la ICRP.

*Real Decreto 1132/1990, de 18 de septiembre, por el que se establecen las medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamiento médicos.*

Tiene por objeto transponer a nuestra legislación la citada Directiva 84/466/EURATOM, estableciendo que toda exposición a radiaciones ionizantes en un acto médico deberá realizarse al nivel más bajo posible, que su utilización exige que esté médicamente justificada y que se lleve a cabo bajo la responsabilidad de médicos u odontólogos.

En su artículo 4 se establece que, con independencia de lo previsto en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, todas las instalaciones de radiodiagnóstico, radioterapia y de medicina nuclear serán objeto de vigilancia estricta por parte de la Administración Sanitaria competente en cuanto a los criterios de calidad en radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear para garantizar la protección radiológica del paciente. Asimismo, en su artículo 5 se contempla la necesidad de que las instalaciones cuenten con un experto cualificado en radiofísica.

En desarrollo de estas disposiciones, fueron aprobados los Reales Decretos que se reseñan a continuación:

running the risk of exposure to ionizing radiation due to operations in controlled zones.

*This transposes Directive 90/641/EURATOM [2] to our legislation, and it requires that companies that are going to be working in controlled zones be registered in a register set up by the CSN, declaring the activities to be carried out and ensuring that suitable means are provided for fulfilling the provisions of the Royal Decree. The companies are required to comply with the provisions of the Regulation on health protection against ionizing radiation, provide training in radiological protection to workers, control the doses received by workers, provide medical check-ups to workers, and request the CSN to assign the Individual Radiological Tracking Document.*

As regards the area of radiological protection of patients in medical exposures, the Ministry of Health and Consumer Protection, through its General Directorate for Public Health, has been developing the necessary legislation in recent years.

Directive 84/466/EURATOM [3] acknowledged that, apart from exposure to natural radiation sources, medical exposure was the major source of exposure to ionizing radiation for European Union citizens. This Directive established the fundamental measures for improving radiological patient protection without giving up the benefits obtained from radiation in the area of early detection, diagnosis or treatment of diseases. In addition, these measures help to prevent unsuitable or excessive exposures to radiation, and they improve the quality and effectiveness of medical radiological procedures, thus heeding the recommendations made by the ICRP.

Royal Decree 1132/1990 dated September 18, which enacts basic radiological protection measures for persons undergoing medical examinations and treatments.

*Its purpose is to transpose to our legislation the above mentioned Directive 84/466/EURATOM, and it specifies that all exposures to ionizing radiation in medical situations should be at the lowest possible level, that the use of radiation must be medically justified and that it should be used under the supervision and responsibility of medical doctors and dentists.*

*Its article 4 stipulates that, independently of the regulation's provisions on health protection against ionizing radiation, all radiodiagnostic, radiotherapy and nuclear medicine facilities must be strictly monitored by the competent health care authorities for quality criteria in radiodiagnosis, radiotherapy and nuclear medicine in order to guarantee radiological protection of the patient.*



In addition, article 5 of this regulation addresses the need to have an expert qualified in radiophysics in these facilities.

To develop these provisions, the Royal Decrees indicated below were approved:

Royal Decree 220/1997 dated February 14, which creates the title of Specialist in Hospital Radiophysics and regulates the degree.

*This Royal Decree creates the above mentioned title as an official postgraduate degree that is professionally valid throughout the national territory. It specifies that the degree must be obtained in order to use the name of Specialist and occupy job posts in public or private establishments and institutions denominated as such. The inclusion of a hospital radiophysics specialist has been an important step, and training is provided in a hospital environment for three years within the different health specialties.*

Royal Decree 1841/1997 dated December 5, which establishes quality criteria in nuclear medicine.

Royal Decree 1566/1998 dated July 17, which establishes quality criteria in radiotherapy.

Royal Decree 1976/1999 dated December 23, which establishes quality criteria in radiodiagnosis.

*These three Royal Decrees contain provisions on quality assurance programs, owner obligations, protection of exposed volunteers in clinical research practices, patient information, quality control programs for equipment and clinical stages, evaluation of doses administered to patients, etc.*

Royal Decree 815/2001 dated July 13, on justification of the use of ionizing radiation for radiological protection of people in medical exposures.

*This Royal Decree covers liabilities in medical exposures for purposes of diagnosis or therapy, preliminary procedures for justifying the exposures, and radiological protection of assisting volunteers and of people in contact with patients undergoing treatment or diagnosis with radionuclides. In addition, it covers training in radiological protection for people responsible for the use of ionizing radiation in medicine, so that radiological protection is included in the teaching programs of medical specialties such as Radiodiagnosis, Radiotherapeutic Oncology and Nuclear Medicine, and it is expected to be included in the programs of other specialties such*



Pieza de acero contaminada con Ra-226.  
Steel part contaminated with Ra-226.

*Real Decreto 220/1997, de 14 de febrero, por el que se crea el título de Especialista en Radiofísica Hospitalaria y regula su obtención.*

Mediante este Real Decreto se crea el referido título con carácter oficial de postgrado y validez profesional en todo el territorio nacional, estableciéndose que será necesaria su obtención para utilizar la denominación de Especialista y ocupar puestos de trabajo en establecimientos o instituciones públicas o privadas con tal denominación. Ha sido un paso importante la inclusión del especialista en radiofísica hospitalaria, que realiza su formación en régimen hospitalario durante tres años, dentro de las especialidades sanitarias.

*Real Decreto 1841/1997, de 5 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear.*

*Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia.*

*Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.*

Estos tres Reales Decretos contienen preceptos sobre programas de garantía de calidad, obligaciones del titular, protec-

ción de los voluntarios expuestos en prácticas de investigación clínica, información al paciente, programas de control de calidad del equipamiento y de las etapas clínicas, evaluación de dosis impartidas a pacientes, etc.

*Real Decreto 815/2001, de 13 de julio 2001, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.*

Este Real Decreto contempla las responsabilidades en las exposiciones médicas por razones de diagnóstico o terapia, procedimientos previos para la justificación de las exposiciones, la protección radiológica de los voluntarios que ayudan, y de las personas en contacto con pacientes sometidos a tratamiento o diagnóstico con radionucleidos. Asimismo, tiene en cuenta la formación en protección radiológica de los responsables de la utilización de radiaciones ionizantes en medicina, de manera que especialidades médicas como las de Radiodiagnóstico, Oncología Radioterápica y Medicina Nuclear, han incorporado la protección radiológica en sus programas docentes, y se pretende incorporarla en los de otras especialidades, como Cardiología, Traumatología y Cirugía Ortopédica, que también contienen técnicas diagnósticas o terapéuticas basadas en la





Tubo contaminado con Ra-226.  
*Tube contaminated with Ra-226.*

utilización de las radiaciones ionizantes. Igualmente se incluirá un curso de protección radiológica en los programas de formación de las Facultades de Medicina y Odontología, y en las Escuelas Universitarias de Podología.

Mediante este Real Decreto se concluyó la incorporación a nuestro ordenamiento jurídico de la Directiva 97/43/EURATOM [4] relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, que sustituyó a la Directiva 84/466/EURATOM, en aquellas materias no recogidas en los cuatro últimos Reales Decretos citados anteriormente. Esta nueva Directiva mantiene el objetivo de eliminar las exposiciones innecesarias, sobre todo teniendo en cuenta que cada vez existen más técnicas alternativas que no precisan la exposición a las radiaciones ionizantes.

Las disposiciones anteriores introducen medidas que, si bien pueden conllevar algunos costes para los titulares de las instalaciones radiológicas, producirán beneficios por la reducción de las exposiciones médicas. Es evidente que si se tiene en cuenta la justificación de cada examen radiológico, disminuirá su número y el coste para la sociedad.

Por último, aunque no forma parte del marco legal de la protección radiológica, ya que se trata de un instrumento por el que de forma voluntaria se asumen una serie de compromisos, se considera oportuno hacer una breve referencia, por su estrecha vinculación con este ámbito, a la iniciativa española que en 1999 se tradujo en la firma de un *Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos* [5], por parte de los Ministerios afectados, el CSN, ENRESA, los sectores industriales con mayor implicación en esta problemática y las organizaciones sindicales, que se podría decir que sitúa a nuestro país entre los pioneros a escala mundial en esta materia.

Es un motivo de preocupación internacional la problemática que plantean aquellas fuentes radiactivas en desuso que, por cualquier motivo, están fuera del control reglamentario (fuentes huérfanas), y que deberían ser consideradas y gestionadas como residuos radiactivos, pero al no ser identificadas como tales, constituyen un riesgo para la población y el medio ambiente, pudiendo provocar accidentes en ámbitos que, al ser ajenos al nuclear o radiactivo, no están preparados para hacer

as Cardiology, Traumatology and Orthopedic Surgery, which also use diagnostic or therapeutic techniques based on the use of ionizing radiation. A radiological protection course will also be included in the training programs of the Schools of Medicine and Dentistry and in University Podology Schools.

With this Royal Decree, implementation of Directive 97/43/EURATOM [4] in our legal ordinances was concluded. This Directive, concerning health protection against the risks resulting from ionizing radiation in medical exposures, replaces Directive 84/466/EURATOM in those areas not covered in the last four Royal Decrees mentioned above. This new Directive is intended to eliminate unnecessary exposures, especially considering that there is an increasing number of alternative techniques that do not require exposure to ionizing radiation.

The above provisions introduce measures that, although they may entail some costs for the owners of radiological facilities, will yield benefits by reducing medical exposures. It is obvious that if each radiological examination must be justified, the number of these examinations and their cost to society will decrease.

Finally, because it is closely connected to this area, we should mention the Spanish initiative in 1999 that led to a Collaboration protocol on radiological monitoring of metallic materials [5], signed by the affected Ministries, the CSN, ENRESA, the industrial sectors most involved in this issue and the trade union organizations. Although it does form part of the legal framework of radiological protection, as it is an instrument whereby a series of commitments are voluntarily assumed, it is an initiative that ranks our country among the world's pioneers in this area.

An issue of international concern is the problem posed by some obsolete radioactive sources that, for whatever reason, are outside regulatory control (orphan sources) and that should be considered and managed as radioactive waste. However, since they are not identified as such, they could pose a risk to the population and environment and could cause accidents in places that, because they do not have nuclear or radioactive associations, are not prepared to confront this kind of situation, e.g. those sources that are detected in processing or scrap retrieval facilities.

This problem made it advisable to draw up the above mentioned Protocol, which binds the owners of the industries that have ratified it to have technical and administrative procedures in place so that, if a source is detected, it will be isolated, the radioactive isotope and its activity will be identified, and it will be kept in safe condition until removed, and also so that the consequences of an eventual contamination incident will be mini-

mized. This is complemented by development of training activities targeted at people involved in any activities that could be affected.

As regards this issue at the community level, of note is the approval, at the initiative of Spain, of the Resolution dated May 7, 2002, by the EU's Council of Ministers that creates national systems in the member States for monitoring and controlling the presence of radioactive materials in metallic material recycling.

In addition, Directive 2003/122/EURATOM [6] dated December 22, 2003, was recently approved. This provides for the control of high-level sealed radioactive sources and orphan sources and, among other things, it binds the Member states to the obligation of taking measures to retrieve orphan sources, deal with the radiological emergencies that these may cause, and guarantee the financial resources needed for the resulting interventions.

#### REFERENCES

[1] Consejo DIRECTIVE 96/29/EURATOM, dated May 13, 1996, establishing the basic rules regarding health protection of workers and the population against the risks resulting from ionizing radiation (D.O.C.E. Series L no. 159, dated 29/06/1996).

[2] Consejo DIRECTIVE 90/641/EURATOM, dated December 4, 1990, regarding operational protection of outside workers at a risk of exposure to ionizing radiation from working in controlled zones (D.O.C.E. Series L no. 349, dated 13/12/1990).

[3] Consejo DIRECTIVE 84/466/EURATOM, dated September 3, 1984, establishing the basic measures for radiological protection of people subjected to medical examinations and treatments (D.O.C.E. Series L no. 265, dated 05/10/1984).

[4] Consejo DIRECTIVE 97/43/EURATOM, dated June 30, 1997, regarding health protection against the risks resulting from ionizing radiation in medical exposures, whereby Directive 84/466/EURATOM is repealed (D.O.C.E. Series L no. 180, dated 09/07/1997).

[5] Collaboration protocol concerning radiological monitoring of metallic materials, dated November 2, 1999.

[6] Consejo DIRECTIVE 2003/122/EURATOM, dated December 22, 2003, on control of sealed, high-level radioactive sources and orphan sources (D.O.C.E. L 346, dated 31/12/2003).

frente a situaciones de este tipo, como es el caso de aquellas fuentes que se detectan en las instalaciones de procesado o recuperación de chatarras.

Esta problemática aconsejó la elaboración del mencionado Protocolo, que establece la obligación de los titulares de las industrias adheridas al mismo de disponer de procedimientos técnicos y administrativos para, en el caso de detectar una fuente, proceder a su aislamiento, identificar el isótopo radiactivo y su actividad, y mantenerla en situación segura hasta su retirada, así como para minimizar las consecuencias de un eventual incidente de contaminación. Ello se complementa con el desarrollo de actividades formativas dirigidas a las personas que desarrollan actividades que puedan verse afectadas.

Por lo que se refiere al ámbito comunitario, en relación con esta cuestión cabe señalar la aprobación, a iniciativa española, de la Resolución de 7 de mayo de 2002, por el Consejo de Ministros de la UE, sobre la creación en los Estados miembros de sistemas nacionales de vigilancia y control de la presencia de materiales radiactivos en el reciclaje de los materiales metálicos.

Asimismo, recientemente se ha aprobado la Directiva 2003/122/EURATOM [6], de 22 de diciembre de 2003, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas, en la que, en-

tre otras cosas, se establece para los Estados miembros la obligación de adoptar medidas para recuperar las fuentes huérfanas, hacer frente a las emergencias radiológicas que puedan provocar y garantizar los recursos financieros necesarios para las intervenciones a que den lugar.

#### REFERENCIAS:

[1] DIRECTIVA 96/29/EURATOM, del Consejo, de 13 de mayo de 1996, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes (D.O.C.E. Serie L nº 159, de 29.06.1996).

[2] DIRECTIVA 90/641/EURATOM, del Consejo, de 4 de diciembre de 1990, relativa a la protección operacional de los trabajadores exteriores con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (D.O.C.E. Serie L nº 349, de 13. 12. 1990).

[3] DIRECTIVA 84/466/EURATOM, del Consejo, de 3 de septiembre de 1984, por la que se establecen las medidas fundamentales relativas a la protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos (D.O.C.E. Serie L nº 265, de 05. 10. 1984).

[4] DIRECTIVA 97/43/EURATOM, del Consejo, de 30 de junio de 1997, relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas por la que se deroga la Directiva 84/466/EURATOM (D.O.C.E. Serie L nº 180, de 09.07.1997).

[5] Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos, de 2 de noviembre de 1999.

[6] DIRECTIVA 2003/122/EURATOM, del Consejo, de 22 de diciembre de 2003, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas (D.O.C.E. L 346, de 31.12.2003).

#### Nota / Note:

Las competencias en energía, incluidas en el Ministerio de Economía en el momento de la elaboración de este artículo, han pasado al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, como consecuencia de la reestructuración ministerial realizada por el gobierno surgido de las elecciones generales del 14 de marzo.

*Energy responsibilities pertaining to the Ministry of the Economy at the time this article was written have been transferred to the Ministry of Industry, Commerce and Tourism as a result of the ministerial restructuring carried out by the new government that won the general elections on March 14.*

# LA FORMACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

(Situación actual en España y líneas de evolución)

## TRAINING IN RADIOLOGICAL PROTECTION (Current Situation in Spain and Lines of Evolution)

**M<sup>a</sup> Luisa Marco.** Responsable de formación en PR del CIEMAT. / *CIEMAT RP training director.*

**Teresa Eudaldo.** Presidente de la Comisión de Docencia de la SEFM. / *Chairman of the SEFM Educational Committee.*

**Araceli Hernández.** Profesora titular de Radiología y Medicina Física de la Facultad de Medicina de Zaragoza. / *Tenured Professor of Radiology and Medical Physics of the Zaragoza Medical School.*

**Rafael Ruiz-Cruces.** Profesor Titular de Radiología y Medicina Física de la Universidad de Málaga. / *Tenured Professor of Radiology and Medical Physics of the University of Malaga.*

**Fernando González.** Jefe de la unidad de PR, Emergencias y Dosimetría de TECNATOM, S.A. / *Head of the TECNATOM, S.A. RP, Emergency and Dosimetry Unit.*

**Eduardo Gallego.** Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid. / *Tenured Professor of the Department of Nuclear Engineering at Madrid's Polytechnic University.*

29

The Radiological Protection (RP) educational system in Spain is extensive and well defined. Two factors should be considered: on one hand, the need to guarantee basic training of a collective of workers exposed to ionizing radiation and the public when necessary; on the other hand, specialized activities in the areas of RP and safety should be developed. This paper thoroughly analyzes the situation of radiological protection training programs implemented in our country on a more or less regular basis.

As regards the sectors involved in implementation, this paper considers the areas of health, research, industry, the nuclear sector, and university programs related to the training of professionals from these areas.

*El sistema educativo en Protección Radiológica (PR) en España es amplio y bien definido. Se pueden considerar dos vertientes, por un lado la necesidad de garantizar la formación básica de un colectivo de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes y del público cuando sea necesario; por otro lado, debe desarrollar actividades especializadas en temas de PR y seguridad. El trabajo analiza ampliamente la situación de los programas de formación en protección radiológica establecidos en nuestro país con carácter más o menos regular.*

*Desde el punto de vista de los sectores implicados en su implantación, se consideran en este trabajo los sectores del área de la salud, de la investigación, la industria, el sector nuclear y los programas universitarios relacionados con la formación de los profesionales pertenecientes a estos.*

### INTRODUCTION

*Education and training, together with research, are considered as one of the main mechanisms and the primary strategy for application of safety standards [1-3]. Specialized education in radiological protection (RP) is one of the main factors of the programs for optimizing and reducing exposure in the*

### INTRODUCCIÓN

La educación y capacitación, unida sustancialmente a la investigación, se consideran uno de los principales mecanismos y la principal estrategia para la aplicación de las normas de seguridad

[1-3]. La educación especializada en protección radiológica (PR) es uno de los principales factores de los programas de optimización y reducción de la exposición en las diferentes prácticas. Desde el punto de vista de los sectores implicados en



su implantación se consideran en este trabajo los sectores del área de la salud, de la investigación, la industria, el sector nuclear y los programas universitarios relacionados con la formación de los profesionales pertenecientes a éstos.

Un programa de formación y educación en protección radiológica debe contemplar los siguientes objetivos:

- Mejorar la seguridad y la cualificación del colectivo de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.
- Abordar programas de formación especializados para todos los colectivos, los profesionales implicados, el público y los pacientes.
- Mejorar la capacidad y calidad del sistema de formación en PR.

### **Entorno Nacional: Antecedentes**

Un programa de formación en PR (FPR) debe incluir la formación académica y la regulación: la inicial de clasificación como trabajador expuesto y la de capacitación. También incluirá la formación continua de perfeccionamiento, (refresco y de reciclaje), y la formación en el puesto de trabajo. En el área de la salud, la situación de los programas de FPR tiene especial relevancia, tanto desde el punto de vista de los programas académicos universitarios, como la de los profesionales implicados y la del público y pacientes.

En España, los programas de formación ocupacional se basan en certificaciones y licencias de carácter individual. Desde 1964 la normativa española contempla la necesidad de una formación especializada del personal científico y técnico y, desde 1972 están establecidas las bases de los requisitos de forma-

ción y capacitación profesional para el personal de operación de las instalaciones nucleares y radiactivas [3,5]. Los profesionales suelen complementar la formación académica con programas de PR homologados por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) para obtener las licencias.

El sector eléctrico ha desarrollado una guía, CEX-37, donde se definen los requisitos mínimos de formación del trabajador sin licencia. Su contenido ha sido acordado en un grupo de trabajo constituido entre el CSN y la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) [4].

## DESARROLLO

**La formación en PR en el área de la salud** se encuentra ampliamente reglada [2, 6]. La formación inicial y continuada para los distintos profesionales implicados en el uso de radiaciones ionizantes (RI) se recoge en disposiciones legales, referidas a su propia protección y a la del público que pudiera verse afectado por su trabajo así como a la de los pacientes a los que atienden [8]. Los requisitos sobre justificación de las prácticas médicas recomiendan la formación del personal sanitario en los programas de sus respectivas facultades o escuelas universitarias.

Sin embargo, un análisis de los programas de formación universitarios realizado a partir de los temarios de las asignaturas troncales, obligatorias y optativas del área de conocimiento de radiología y medicina física recoge la situación real de la docencia teórico-práctica en PR en las 27 facultades de medicina españolas. Los resultados (Tabla I) muestran la gran dispersión existente en la actualidad. Solo el 30% superan las

*different practices. As regards the sectors involved in implementation, this paper considers the areas of health, research, industry, the nuclear sector, and university programs related to the training of professionals from these areas.*

*A radiological protection training and education program should set the following objectives:*

- *Improve the safety and qualification of the collective of workers exposed to ionizing radiation.*
- *Implement specialized training programs for all collectives, the professionals involved, the public and patients.*
- *Improve the capacity and quality of the RP training system.*

### **National Scheme: Background**

*A RP training (RPT) program should include academic training and compulsory training: initial classification as an exposed worker and qualification. It should also include further continuous training (refresher courses and recycling) and on-the-job training. In the area of health, the situation of RPT programs is especially relevant, both from the standpoint of academic university programs and of the professionals involved, the public and patients.*

*In Spain, occupational training programs are based on individual certificates and licenses. Since 1964 Spanish regulations address the need for specialized training of scientific and technical personnel, and since 1972 the bases for occupational training and qualification requirements for operating personnel of nuclear and radioactive facilities have been established [3,5]. Professionals usually complement academic training with RP programs certified by the Nuclear Safety Commission (CSN) to obtain licenses.*

*The electric sector has developed a guideline, CEX-37, that defines the minimum training requirements for a unlicensed worker. Its contents were agreed on by a working group set up by the CSN and Spanish Electric Industry Association (UNESA) [4].*

## DEVELOPMENT

*RP training in the area of health is extensively regulated [2, 6]. Initial and continuous training for the different professionals involved in the use of ionizing radiation (IR) is regulated in legal provisions related to their own protection and protection of the public that could be affected by their work, as well as the patients they care for [8]. The requirements concerning justification of medical practices recommend that health care personnel be trained in the programs of their respective university schools or faculties.*

*However, an analysis made of university training*

programs, based on the curricula of core, compulsory and optional subjects in the area of radiology and medical physics, shows the actual situation of theoretical-practical teaching in RP in the 27 Spanish medical schools. The results (Table I) show the significant differences existing at present. Only 30% of them dedicate more than 30 hours to RPT in a medical degree. At the other extreme, six faculties do not devote any time to RP training in a medical degree.

Occupational training programs in the area of health include the following aspects:

- All people who begin to work in a hospital service where there is a risk of irradiation or contamination will previously receive training on these risks and the way to protect themselves; this is followed by continuous training [2].

- People who direct nuclear medicine or radiotherapy facilities or who handle radiation-emitting equipment or sources shall have licenses granted by the CSN or certificates in the case of radiodiagnosis. This training is normally acquired through CSN-certified training courses with well defined contents [3], or they are directly requested by specialists in nuclear medicine, radiodiagnosis, radiotherapeutic oncology, specialized technicians in these areas and health care technicians, or university graduates in nursing specialized in electrology and radiology for facilities used for diagnostic purposes [9].

Training of specialists in hospital radiophysics is based on EURATOM Directive 97/43 [6], which requires that all professionals involved in radiological practices receive suitable theoretical and practical training to be able to practice their profession. The Directive defines the figure of *expert in medical physics*, who is someone directly involved in therapeutic procedures in the areas of radiotherapy, nuclear medicine and radiodiagnosis. In Spain, professionals who work in medical physics in a hospital environment have been recognized since 1997 as having their own health care specialty. The training of these specialists is provided through the residency system in units certified for teaching by the Ministries of Health and of Education and Culture [10].

This specialty can be accessed with a university bachelor's degree in Physical Sciences, or with other higher university degrees in scientific and technological disciplines, after having passed some national screening tests. The resident follows a three-year training program, approved by the competent Ministries and proposed by the National Board of Hospital Radiophysics. The program abides by the recommendations of international organizations: EFOMP (European Federation of Organizations for Medical Physics) [12,13], or ESTRO (European Society for Therapeutic Radiology and Oncology). In matters of Radiological Protection, the regulations

Tabla I / Table I  
Horas dedicadas a la PR en Facultades de Medicina Españolas (2004).  
Hours Devoted to RP in Spanish Schools of Medicine (2004).

FACULTAD / SCHOOL	T	OB	OPT	TOTAL
Málaga	7	50	0	57
Murcia	7	0	45	52
Extremadura	4	45	0	49
Madrid, Complutense	4	0	45	49
Cádiz	2	0	45	47
Santiago de Compostela	1	0	45	46
La Laguna	3	0	30	33
Cantabria	2	30	0	32
Valladolid	15	0	0	15
Elche (Miguel Hernández)	4	0	6	10
Alcalá de Henares	0	0	6	6
Barcelona	0	0	5	5
Barcelona, Autónoma	0	0	5	5
Reus (Rovira i Virgili)	5	0	0	5
Salamanca	5	0	0	5
Córdoba	4	0	0	4
Granada	3	0	0	3
Sevilla	2	0	0	2
Zaragoza	2	0	0	2
Navarra	1	0	0	1
País Vasco	1	0	0	1
Castilla La Mancha, Las Palmas				
Lérida, Oviedo, Valencia y UAM	0	0	0	0
<b>TOTALES</b>	<b>72</b>	<b>80</b>	<b>232</b>	<b>429</b>
<b>%</b>	<b>16,8</b>	<b>18,6</b>	<b>64,6</b>	<b>100,00</b>

T.- Asignatura Troncal. / Core Subject.

OB.- Asignatura Obligatoria en esa Facultad. / Compulsory Subject in this School.

OPT.- Asignatura Optativa. / Optional Subject.

30 horas dedicadas a la FPR dentro de la licenciatura de medicina. En el otro extremo, seis facultades no dedican ninguna hora a la docencia de la PR en la Licenciatura de Medicina.

Los programas de formación ocupacional en el área de la salud incluyen los siguientes aspectos:

- Todas las personas que inician su trabajo en un servicio hospitalario donde exista riesgo de irradiación o contaminación recibirán previamente una formación sobre dichos riesgos y la forma de protegerse, seguida de una formación continuada [2].

- Las personas que dirigen instalaciones de medicina nuclear o de radioterapia o las que mane-

jan equipos o fuentes emisoras de radiación dispondrán de licencias otorgadas por el CSN, o acreditaciones en el caso del radiodiagnóstico. Esta formación se adquiere habitualmente mediante cursos de adiestramiento homologados por el CSN, con contenidos bien definidos [3], o se solicitan directamente por los especialistas en medicina nuclear, radiodiagnóstico, oncología radioterápica, técnicos especialistas en esas materias y los técnicos sanitarios, o diplomados universitarios en enfermería especialistas en electrología y radiología para las instalaciones con fines diagnósticos [9].

La formación de los especialistas en radiofísica hospitalaria se basa en la Directiva 97/43

EURATOM [6], que establece que todos los profesionales implicados en las prácticas radiológicas tengan una formación teórica y práctica adecuada para poder desempeñar su profesión. La Directiva define la figura del experto en física médica, directamente implicado en los procedimientos terapéuticos de las áreas de radioterapia y medicina nuclear y radiodiagnóstico. En España, los profesionales dedicados a la física médica en el ámbito hospitalario tienen, desde 1997, el reconocimiento oficial como especialidad sanitaria propia. La formación de estos especialistas se realiza por el sistema de residencia en unidades acreditadas para la docencia por los Ministerios de Sanidad y Consumo y de Educación y Cultura [10].

Se puede acceder a la especialidad con el título universitario de licenciado en Ciencias Físicas, u otros títulos universitarios superiores en disciplinas científicas y tecnológicas, tras haber superado unas pruebas de selección de carácter nacional. El residente sigue un programa de formación de tres años, aprobado por los Ministerios con competencia y a propuesta de la Comisión Nacional de Radiofísica Hospitalaria. El programa se adapta a las recomendaciones de organizaciones internacionales, EFOMP (European Federation of Organizations for Medical Physics) [12,13], o ESTRO (European Society for Therapeutic Radiology and Oncology). En materia de protección radiológica, la normativa específica que el CSN supervisará los contenidos relativos a la PR, de modo que se correspondan con los previstos en la normativa.

La protección de los pacientes se aborda mediante la formación de los distintos grupos de

profesionales implicados en ella:

a) *Prescriptores de pruebas diagnósticas que hacen uso de RI*

b) *Personal implicado en el uso de RI (especialistas y técnicos en radiodiagnóstico, medicina nuclear y radioterapia)*. En los servicios de estas especialidades son necesarios programas de garantía de calidad encaminados a la PR del paciente.

c) *Los trabajadores de servicios de diagnósticos o radiología intervencionista* tendrán formación en PR adecuada a su nivel de responsabilidad. Además, los especialistas en radiodiagnóstico que realicen procedimientos intervencionistas requieren un segundo nivel de formación especializado.

d) *Otros profesionales que usan equipos de rayos X (traumatólogos, cirujanos, etc.)*

#### **Formación continuada**

La formación continuada en un hospital es una actividad necesaria que se realiza a través de cursos en distintas materias. Las sociedades científicas desempeñan un papel importante. Por ejemplo, a partir del año 2001, la Sociedad Española de Física Medica (SEFM) pone en marcha y acredita un programa de formación continuada de los profesionales (PFCP), para los especialistas en radiofísica [11], en la misma línea que otras sociedades europeas. Los beneficios de un PFCP son obvios [12, 13], dado que se trata de una especialidad en continua evolución tecnológica, y se convierte en una base fundamental para asegurar y mantener un alto grado de competencia profesional que garantice la calidad de los diagnósticos y tratamientos y consecuentemente la protección al paciente.

specify that the CSN will supervise RP-related contents so that they correspond to those specified in these regulations.

Patient protection is addressed through training of the different groups of professionals involved in this area:

a) Prescribers of diagnostic tests who make use of IR

b) Personnel involved in the use of IR (specialists and technician in radiodiagnosis, nuclear medicine and radiotherapy). Quality assurance programs targeted at patient RP are required in the services of these specialties.

c) Workers in surgical radiology or diagnostic services will receive training in RP suited to their level of responsibility. In addition, specialists in radiodiagnosis who perform surgical operations require a second level of specialized training.

d) Other professionals who use X-ray equipment (bone specialists, surgeons, etc.)

#### **Continuous Training**

Continuous training in a hospital is a necessary activity that is provided through courses in different subjects. Scientific associations play an important role. For example, from 2001, the Spanish Association of Medical Physics (SEFM) has been providing and certifying a continuous occupational training program (PFCP) for specialists in radiophysics [11], in line with other European associations. The benefits of a PFCP are obvious [12, 13], as this is a specialty in continuous technological evolution, and it is a fundamental basis for ensuring and maintaining a high degree of professional competence that guarantees the quality of diagnoses and treatments and, consequently, patient protection.

#### **Radiological Protection Training in the Industrial, Research and Nuclear Areas.**

Training of professionals from these sectors is currently of an occupational nature; however, some university programs include some RP-related subjects, and research centers such as CIEMAT play an important role in specialized RP training programs and in researcher training.

Pre-graduate education is mostly provided in industrial and mining engineering schools, and the second cycle includes subjects with RP-related contents, especially in those related to nuclear energy technology. The scope of the subjects is uneven; in general, few hours are included specifically on RP, and these are usually complemented with basic training acquired in other subjects. It is significant that the new study plans allot more time for these subjects but, at the same time, as these are optional subjects, the number of students is gradually decreasing. In



Spain, advanced teaching in Nuclear Engineering is provided in the Polytechnic Universities of Madrid (UPM), Catalonia (UPC), Valencia (UPV) and the Basque Country (EHU).

Some universities give optional courses in the subjects of radiation detection and measurement. All of these include courses in nuclear technology, to a greater or lesser extent, and radiation applications. Specific contents on RP, such as dosimetry or shielding calculations, are also given as part of these subjects. In the UPM, the EHU and the UPC, RP is specifically mentioned in the degrees for some subjects, either separately or together with nuclear safety. As a whole, engineers majoring in nuclear energy from these four universities receive between 4 and 8 RP-related training credits. All departments have laboratories in which students complete their practical and experimental training during the second cycle.

The third cycle may include subjects such as environmental radiological impact, radioactive waste management and radiation detection, which expand on aspects of interest to RP.

Of the science schools, the schools of physics are the ones that pay the most attention to nuclear physics and radiation studies, although there is no uniformity in terms of subject content and scope. In general, basic topics concerning the nature, source and types of radiation, its interaction with matter and the techniques for detecting and measuring it are covered in detail. Other more specific aspects of RP are not always discussed. In the second cycle, subjects on radiation physics, radiation detection and measurement and environmental radioactivity are included. These courses average between 4 and 9 credits.

In the third cycle, there are ten science departments with laboratories that form part of the network of environmental radioactivity metering stations, which allows for training of a large number of students. Some schools offer doctorate courses on RP.

In recent years, R&D centers such as CIEMAT have taken pains to encourage the transfer of know-how and capabilities developed in current research projects. The CIEMAT's Institute of Energy Studies (IEE) has had a training program specializing in RP-related subjects since 1964. Occupational training is provided at five levels (Table II), from the most basic levels up to the advanced training required for qualification of an RP expert [5,15]. The IEE has played an important role not only in training exposed workers, but also in continuous training and above all in specialized training.

As for research activity, the universities and CIEMAT have research projects underway on different RP-related issues in which young researchers are trained.

As regards occupational training in the nuclear sector, the Spanish nuclear power plants

### **La formación en protección radiológica en el área industrial, de investigación y nuclear.**

Actualmente, la formación de los profesionales de estos sectores es una formación de carácter ocupacional, sin embargo algunos programas universitarios incorporan algunas materias relacionadas con la PR y centros de investigación como el CIEMAT juegan un papel importante en programas especializados de formación en PR y en la formación de investigadores.

La enseñanza de pre-grado se realiza en su mayor parte en las escuelas de ingeniería industrial y de minas, incluyen en el segundo ciclo asignaturas con contenidos relacionado con PR, especialmente en aquellas relacionadas con la tecnología energética nuclear. El alcance de las materias impartidas es desigual, en general se incluyen pocas horas específicamente de PR, que suelen complementarse con formación básica adquirida en otras asignaturas. Es significativo que los nuevos planes de estudio disponen de más tiempo para estas materias, a la vez que, siendo estas materias optativas, el número de alumnos decrece paulatinamente. En España, imparten docencia avanzada en Ingeniería Nuclear la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), de Cataluña (UPC), de Valencia (UPV), y del País Vasco (EHU).

Algunas universidades imparten como optativas asignaturas sobre detección y medida de las radiaciones. En todas ellas, figuran asignaturas de tecnología nuclear, con mayor o menor extensión, y de aplicaciones de las radiaciones. Contenidos específicos sobre PR, como dosimetría o cálculo de blindajes, se imparten como parte de ellas. En la UPM, la EHU y la UPC, la PR aparece explícitamente citada en los títu-

los de algunas asignaturas, aislada o unida a la seguridad nuclear. En conjunto, los ingenieros especialistas en energía nuclear de estas cuatro universidades reciben entre 4 y 8 créditos de formación relacionada con la PR. Todos los departamentos disponen de laboratorios en los que los estudiantes complementan su formación práctica y experimental durante el segundo ciclo.

En el tercer ciclo se pueden encontrar asignaturas sobre impacto radiológico ambiental, la gestión de residuos radiactivos y la detección de radiaciones, en las que se amplían aspectos de interés en PR.

Entre las facultades de ciencias, son las de físicas las que mayor interés prestan a los estudios sobre física nuclear y de las radiaciones, aunque no existe homogeneidad en cuanto a contenido y alcance de las materias. En general, se cubren de manera muy detallada las materias básicas sobre naturaleza, origen y tipos de radiaciones, su interacción con la materia, y las técnicas para su detección y medida. Otros aspectos más específicos de la PR no siempre se tratan. En el segundo ciclo, se incluyen asignaturas sobre física de las radiaciones, detección y medida de las radiaciones y radiactividad ambiental. La extensión media de estos cursos se sitúa entre 4 y 9 créditos.

En el tercer ciclo, hay diez facultades de ciencias con laboratorios integrados en la red de estaciones de medida de la radiactividad ambiental, lo que posibilita la formación de un número importante de estudiantes. Algunas facultades ofrecen cursos de doctorado sobre PR.

En los últimos años, centros de I+D como el CIEMAT han puesto mucho empeño en favorecer la transferencia de conocimientos y capacidades desarrollados en los

**Tabla II / Table II**  
**Programa de formación y entrenamiento en PR.**  
*RP Training and Educational Program.*

	NIVEL / LEVEL		FORMACIÓN INICIAL requerida <i>INITIAL TRAINING required</i>		FORMACIÓN ESPECÍFICA <i>SPECIFIC TRAINING</i>
			Educación básica <i>Basic Education</i>	Experiencia profesional <i>Professional Experience</i>	
<b>Sector NUCLEAR</b>  <b>NUCLEAR Sector</b>	Supervisor/licencia <i>Supervisor/license</i>		Licenciado en ciencias o ingeniería o DU. <i>Bachelor's degree in sciences or engineering or DU.</i>	3 años/ <i>years</i>	12 meses curso de formación específica + examen <i>12-month specific training course + exam</i>
	Operadores/licencia <i>Operators/license</i>		Diplomado Universitario <i>University Diploma</i>	2 años/ <i>years</i>	1 año en curso de formación + examen <i>1 year in training course + exam</i>
	Responsable PR <i>RP Officer</i>		Licenciado Univ. <i>Bachelor's Degree</i>	3 años/ <i>years</i>	300 h. formación específica + examen <i>300 h. specific training + exam</i>
	Técnicos de PR <i>RP Technicians</i>		Educación profesional <i>Professional Educ.</i>	6 meses/ <i>months</i>	Curso de 40 h. + examen <i>40 h. course + exam</i>
<b>Sector NO NUCLEAR</b>  <b>NON NUCLEAR Sector</b>	Operador (licencia) <i>Operator (license)</i>		Educ. profesional <i>Professional Educ.</i>		Curso de 30-45 h. + EX <i>30-45 h. Course + EX</i>
	Supervisor (licencia) <i>Supervisor (license)</i>		Graduado universitario <i>University graduate</i>		Curso de 35-55 h. + EX <i>35-55 h. Course + EX</i>
	S. de protección <i>Protection S.</i>	Instalación radiactiva <i>Radioactive Installation</i>	Licenciado en Ciencias <i>Bachelor's degree in Sciences</i>	3 años/ <i>years</i>	Form. específica 300 h. curso o equivalente <i>Spec. training 300 h. course or equivalent</i>
		Rayos X <i>X-Rays</i>	Licenciado en Ciencias <i>Bachelor's degree in Sciences</i>	6 meses/ <i>months</i>	300 h: curso o equivalente. Examen <i>300 h: course or equivalent. Exam.</i>

proyectos de investigación en curso. El Instituto de Estudios de la Energía (IEE) del CIEMAT dispone de un programa de formación especializada en temas relacionados con la PR desde el año 1964. Se imparte formación ocupacional en cinco niveles (Tabla II), desde los niveles más básicos, hasta la formación superior necesaria para la cualificación del experto cualificado en PR [5,15]. El IEE ha tenido un importante papel no sólo en la formación de los trabajadores expuestos, sino también en la formación continua y sobre todo en la de carácter especializado.

En cuanto a la actividad investigadora, las universidades y el CIEMAT tienen en marcha proyectos de investigación sobre diversos temas relacionados con la PR en los que se forman jóvenes investigadores.

Respecto a la **formación ocupacional en el sector nuclear**, las centrales nucleares españolas han diseñado sus planes de formación cumpliendo la normativa al respecto. Los perfiles formativos se diseñan utilizando metodologías tipo SAT (Systematic Approach to Training) [18,19], consistente en el análisis del puesto de trabajo y de las tareas (job and task análisis) o directamente en el análisis de las funciones asociadas al puesto. De esta forma, se definen los conocimientos, habilidades y actitudes que deben adquirir los aspirantes al puesto. El proceso se valida mediante paneles de expertos. A continuación se desarrollan los planes de formación identificando claramente los entornos de aprendizaje. En la tabla III se muestran los principales

*have designed their training plans in accordance with the pertinent regulations. Training profiles are designed by using SAT (Systematic Approach to Training) type methodologies [18,19], consisting of a job and task analysis or a direct analysis of the job-associated functions. In this way, the knowledge, skills and attitudes that should be acquired by job candidates are defined. The process is validated by panels of experts. Training plans are then developed by clearly identifying the training environments. Table III shows the main training profiles identified and the time devoted to the specific contents on radiological protection as an area included in the training plans for each job post.*

*After initial training, the worker receives continuous training in RP, the purpose of which is not only to maintain the knowledge and skills acquired in initial training, but also to update the knowledge and analyze the plant's own and outside operating experiences. Some jobs, due to their radiological implications, require specific training on mock-ups (Figure 1).*

*The recent use of tele-training (Figure 2) is making it possible to tailor programs to the learning needs and pace of each student, and also make*

**Tabla III / Table III**  
**Dedicación promedia a la formación en PR en los planes de formación de la industria nuclear española.**  
*Average Time Devoted to RP Training in the Training Plans of the Spanish Nuclear Industry.*

PUESTO/PERFIL FORMATIVO JOB / TRAINING PROFILE		REFERENCIA REFERENCE	FORMACIÓN INICIAL INITIAL TRAINING	FORMACIÓN CONTINUA CONTINUOUS TRAINING
PERSONAL EXPLOTACIÓN OPERATING PERSONNEL	JEFES Y MANDOS DIRECTORS & OFFICERS	CEX-37 [4]	1-2 semanas 1-2 weeks	1 día cada 1-2 años 1 day every 1-2 years
	MANDOS INTERMEDIOS MIDDLE MANAGERS		1 semana 1 week	1 día cada 1-2 años 1 day every 1-2 years
	RESTO TRABAJADORES OTHER WORKERS		1 semana 1 week	1 día cada 1-2 años 1 day every 1-2 years
SERVICIO PROTECCIÓN RADIOLÓGICA RADIOLOGICAL PROTECTION SERVICE	JEFE SERVICIO (experto) SERVICE CHIEF (expert)	IS-06 [16], CEX-37 [4]	Curso de 300 horas + formación en la instalación 3 años de experiencia 300-hour course + training in facility 3 years of experience	Cursos especializados Specialized courses
	TÉCNICOS PR (mandos interm.) RP TECHNICIANS (middle managers)		6 meses 6 months	Cursos especializados Specialized courses
	MONITORES (técnicos expertos) MONITORS (expert technicians)		400 H (OJT incluido) 400 h (OJT included)	3-5 días cada año 3-5 days every year
LICENCIAS OPERACIÓN OPERATING LICENSES	OPERADOR REACTOR REACTOR OPERATOR	GUÍA 1.1 DEL CSN [17]	De 2 a 3 semanas From 2 to 3 weeks	1 día cada 1-2 años 1 day every 1-2 years
	SUPERVISOR SUPERVISOR		De 2 a 4 semanas From 2 to 4 weeks	1 día cada 1-2 años 1 day every 1-2 years
CONTRATISTAS (TRABAJADORES EXTERNOS) CONTRACTORS (OUTSIDE WORKERS)	CONTRATISTAS (permanentes) CONTRACTORS (permanent)	IS-6 [16]	Básica: 6,5 H Específica: 4.5 h Basic: 6.5 H Specific: 4.5 h	Misma que personal CCNN Same as NPP personnel
	CONTRATISTAS (puntuales) CONTRACTORS (one-time)			Básica: cada 2 años Específica: 4.5 h / año Basic: every 2 years Specific: 4.5 h / year

these training programs more flexible. The application of Virtual Reality techniques helps to reduce worker doses, as tasks are executed in virtual environments without radiation levels.

**CONCLUSIONS**

Education, training, instruction and experience are important aspects of safety in the different facilities where radiation sources are manipulated. The ultimate goal of this training is to prevent radiological risks, and it is directly linked to the "safety culture".

In Spain, there are numerous educational programs in the different sectors, although continuous

perfiles formativos identificados y la dedicación a los contenidos específicos en protección radiológica como área incluida en los planes de formación de cada puesto.

Tras la formación inicial, el trabajador recibe formación continuada en PR, cuyo objetivo no sólo es el mantenimiento de los conocimientos y habilidades adquiridos en la formación inicial, también la actualización de los conocimientos y el análisis de la

experiencia operativa propia y externa. Algunos trabajos, debido a sus implicaciones radiológicas, requieren entrenamientos específicos en maquetas (Figura 1).

El reciente uso de la teleformación (Figura 2) está permitiendo, tanto adaptar los programas a las necesidades y ritmo de aprendizaje de cada alumno, como también flexibilizar la impartición de estos programas de entrenamiento. La aplicación de técnicas de



Realidad Virtual permite la reducción de dosis de los trabajadores mediante la ejecución de las tareas en entornos virtuales sin niveles de radiación.

## CONCLUSIONES

La educación, formación, entrenamiento y experiencia son aspectos importantes en la seguridad de las diferentes instalaciones donde se manipulan fuentes de radiación. El fin último de esta formación es la prevención del riesgo radiológico y engrana directamente con la "cultura de seguridad".

En España existen numerosos programas educativos en los distintos sectores, aunque se debe promover la formación continuada de los profesionales para mantener un óptimo nivel de competencia, y ello debe ser tarea principal de las sociedades profesionales.

La formación de los futuros médicos presenta gran dispersión, tanto en horas dedicadas a la FPR, como de la obligatoriedad o no de estos conocimientos. Existe necesidad de criterios comunes en el temario docente. Para ello, se requiere aunar los criterios de formación y armonizar la docencia en las Facultades de Medicina.

La formación en PR en los hospitales ha mejorado mucho en los últimos años y a ello ha contribuido la amplia normativa existente. La formación de los profesionales implicados en las exposiciones médicas debe incrementarse para garantizar una correcta protección del paciente frente a los riesgos derivados de estas exposiciones.

Los planes de formación de los trabajadores de centrales nucleares están bien definidos y se diseñan en función de las necesidades requeridas, mediante el



Figura 1. Entrenamiento en maquetas, como parte de la formación continuada en PR.  
*Figure 1. Training on Mock-Ups, as Part of Continuous Training in RP.*

uso de metodologías específicas de análisis, diseño, desarrollo, implantación y evaluación de los planes de formación.

## REFERENCIAS

1. Directiva 96/29/ BSS for the protection of health of workers and the general public against the dangers arising from ionisation radiation.
2. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. Boletín Oficial del Estado; 27284-27393; 2001.
3. Real Decreto 1836/1999; sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Boletín Oficial del Estado; 46463-46481; 1999.
4. Guía de cualificación, formación, entrenamiento y experiencia para personal sin licencia de centrales nucleares. UNESA CEX-37 Rev.8. UNESA, Septiembre 1998.
5. GSG-05.12- Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas, Guía de seguridad CSN.
6. Directiva 97/43 EURATOM relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas. Diario

*training of professionals should be encouraged to maintain an optimum level of expertise. This should be one of the primary tasks of professional associations.*

*The training of future doctors differs widely, both in terms of hours devoted to RPT and the compulsory nature of these skills. There is a need for common criteria in teaching curricula. Therefore, training criteria must be unified and teaching in Schools of Medicine harmonized.*

*RP training in hospitals has improved greatly in recent years, in part because of the extensive existing regulations. Training of professionals involved in medical exposures should be increased to guarantee proper patient protection against the risks caused by these exposures.*

*Training plans for nuclear power plant workers are well defined and are designed on the basis of required needs by using specific methodologies for analysis, design, development, implementation and evaluation of training plans.*

## REFERENCES

1. Directive 96/29/ BSS for the protection of health of workers and the general public against the dangers arising from ionization radiation.
2. Royal Decree 783/2001 dated July 6, on health protection against ionizing radiation. Boletín Oficial del Estado; 27284-27393; 2001.

3. Royal Decree 1836/1999; on Nuclear and Radioactive Facilities. Boletín Oficial del Estado; 46463-46481; 1999.

4. Guideline to qualification, training, instruction and experience for unlicensed nuclear power plant personnel. UNESA CEX-37 Rev.8. UNESA, September 1998.

5. GSG-05.12- Homologation of training courses for radioactive facility supervisors and operators, CSN Safety Guideline.

6. Directive 97/43 EURATOM regarding health protection against the risks arising from ionizing radiation in medical exposures. Official Bulletin of European Communities 180:22-27; 1997.

7. Royal Decree 1891/1991; Installation and use of X-ray equipment for purposes of medical diagnosis; 1991.

8. Royal Decree 815/2001 dated July 13, on justification of the use of ionizing radiation for radiological protection of people on occasion of medical exposures. Boletín Oficial del Estado; 13626-13631; 2001.

9. CSN Resolution dated November 5, 1992, which establishes homologation rules for courses or programs that provide qualification for managing and operating X-ray installations for diagnostic purposes. CSN-1992.

10. Royal Decree 220/1997 dated February 14, which creates and regulates the obtainment of the official title of Specialist in Hospital Radiophysics. BOE no. 52 dated March 1, 1999.

11. SEFM, Programa de Formación Continuada de los Profesionales (FCP) Especialistas en Radiofísica Hospitalaria. Revista de Física Médica 1(1):119-123; 2000; and Revista de Física Médica 4(2):137-138; 2004.

12. EFOMP, Policy Statement no. 8: Continuing Professional Development for the Medical Physicist. Physica Medica XIV:81-83; 1998.

13. EFOMP, Policy Statement no. 10: Recommended guidelines of National Schemes for Continuing Professional Development of Medical Physicists. Physica Medica XVII:97-101; 2001.

14. Royal Decree 413/1997 dated March 21, regarding operational protection of outside workers at risk of exposure to ionizing radiation by working in controlled zones. Boletín Oficial del Estado; 11957-11959; 1997.

15. Consejo de Seguridad Nuclear Instruction dated November 6, 2002, number IS-03, on qualifications to obtain recognition as an expert in protection against ionizing radiation. Boletín Oficial del Estado; 43264-43270; 2002.

16. Consejo de Seguridad Nuclear Instruction number IS-06 dated June 2, 2002, which defines the training programs in basic radiological protection and those specific to outside workers. Boletín Oficial del Estado; 21626-21630; 2002.

17. Qualifications for obtaining and using nuclear power plant Operating Personnel Licenses. Safety Guideline no. 1.1. Consejo de Seguridad Nuclear CSN. Madrid, March 1986.

18. Nuclear power plant personnel training and its evaluation. Technical Reports Series No. International Atomic Energy Agency IAEA. Vienna; 1996.

Analysis phase of systematic approach to training (SAT) for nuclear plant personnel. IAEA-TEDOC-1170. International Atomic Energy Agency IAEA; August 2000.



Figura 2. Uso de teleformación en el área de protección radiológica.

Figure 2. Use of Tele-Information in the Area of Radiological Protection.

Oficial de Comunidades Europeas 180:22-27; 1997.

7. Real Decreto 1891/1991; Instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico; 1991.

8. Real Decreto 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. Boletín Oficial del Estado; 13626-13631; 2001.

9. Resolución del 5 de noviembre de 1992, del CSN, por la que se establece las normas de homologación de cursos o programas que habiliten para la dirección y operación de las instalaciones de rayos X con fines diagnósticos. CSN-1992.

10. Real Decreto 220/1997 de 14 de Febrero por el que se crea y regula la obtención del título oficial de Especialista en Radiofísica Hospitalaria. BOE nº 52 de 1 de Marzo de 1999.

11. SEFM, Programa de Formación Continuada de los Profesionales (FCP) Especialistas en Radiofísica Hospitalaria. Revista de Física Médica 1(1):119-123; 2000; y Revista de Física Médica 4(2):137-138; 2004.

12. EFOMP, Policy Statement nº 8: Continuing Professional Development for the Medical Physicist. Physica Medica XIV:81-83; 1998.

13. EFOMP, Policy Statement nº 10: Recommended guidelines of National Schemes for Continuing Professional Development of Medical Physicists.

Physica Medica XVII:97-101; 2001.

14. Real Decreto 413/1997 de 21 de marzo sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada. Boletín Oficial del Estado; 11957-11959; 1997.

15. Instrucción de 6 de noviembre de 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-03, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra radiaciones ionizantes. Boletín Oficial del Estado; 43264-43270; 2002.

16. Instrucción número IS-06 de 2 de junio de 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, número, por la que se definen los programas de formación en materia de protección radiológica básico y específicos de los trabajadores externos. Boletín Oficial del Estado; 21626-21630; 2002.

17. Cualificaciones para la obtención y uso de Licencias de Personal de Operación de centrales nucleares. Guía de Seguridad nº 1.1. Consejo de Seguridad Nuclear CSN. Madrid, marzo de 1986.

18. Nuclear power plant personnel training and its evaluation. Technical Reports Series No. International Atomic Energy Agency IAEA. Vienna; 1996.

19. Analysis phase of systematic approach to training (SAT) for nuclear plant personnel. IAEA-TEDOC-1170. International Atomic Energy Agency IAEA; Agosto 2000.

# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

## RESEARCH AND DEVELOPMENT IN RADIOLOGICAL PROTECTION

**José Luis Butragueño.** Jefe de la Oficina de Investigación y Desarrollo, CSN / *Head of the Research and Development Office, CSN.*

**Carlos Villota.** Director de Energía Nuclear, UNESA / *Director of Nuclear Energy, UNESA.*

**José Gutiérrez.** Subdirector Departamento de Impacto Ambiental de la Energía, CIEMAT / *Deputy Director of the Energy Environmental Impact Department, CIEMAT.*

**Álvaro Rodríguez.** Director de Investigación y Tecnología, ENRESA / *Director of Research and Technology, ENRESA.*

The objective of Radiological Protection is to guarantee that neither people, be they workers or members of the public, or the environment are exposed to radiological risks considered by society to be unacceptable. Among the various resources available to meet this objective is Research and Development (R&D), which is carried out in three areas:

**I. Radiological protection of persons:** (a) knowledge of the biological effects of radiations, in order to determine the relationship that exists between radiation exposure dose and its effects on health; (b) the development of new personal dosimetry techniques in order to adapt to new situations, instrumental techniques and information management technologies allowing for better assessment of exposure dose; and (c) development of the principle of radiological protection optimisation (ALARA), which has been set up internationally as the fundamental principle on which radiological protection interventions are based.

**II. Assessment of environmental radiological impact,** the objective of which is to assess the nature and magnitude of situations of exposure to ionising radiations as a result of the controlled or uncontrolled release of radioactive material to the environment, and

**III. Reduction of the radiological impact of radioactive wastes,** the objective of which is to develop radioactive material and waste management techniques suitable for each situation, in order to reduce the risks associated with their definitive management or their release to the environment.

Briefly described below are the strategic lines of R&D of the CSN, the Electricity Industry, CIEMAT and ENRESA in the aforementioned areas.

*El objetivo de la Protección Radiológica es garantizar que los individuos, trabajadores o personas del público y el medio ambiente no se vean expuestos a riesgos radiológicos que la sociedad considera inaceptables. Entre los diversos medios para cubrir este objetivo se encuentra la Investigación y Desarrollo (I+D), que se lleva a cabo en tres ámbitos:*

### **I. La protección radiológica de las personas:**

(a) conocimiento de los efectos biológicos de las radiaciones para determinar la relación que existe entre la dosis de la exposición a las radiaciones y sus efectos sobre la salud;

(b) desarrollo de nuevas técnicas de dosimetría personal para adaptarse a nuevas situaciones, técnicas instrumentales y tecnologías de gestión de la información que permitan una mejor valoración de las dosis de exposición y

(c) desarrollo del principio de optimización de la protección radiológica (ALARA), que se ha constituido internacionalmente como el principio fundamental sobre el que se basan las actuaciones de protección radiológica.

**II. La evaluación del impacto radiológico ambiental** cuyo objetivo es evaluar la naturaleza y magnitud de las situaciones de exposición a las radiaciones ionizantes como consecuencia de la liberación controlada o incontrolada de material radiactivo al medio ambiente, y

**III. La reducción del impacto radiológico de los residuos radiactivos** cuyo objetivo es desarrollar técnicas de gestión de materiales y residuos radiactivos adecuadas a cada situación para reducir los riesgos asociados a su gestión definitiva o su liberación al medio ambiente.

*A continuación se describen brevemente las líneas estratégicas de I+D del CSN, Sector Eléctrico, CIEMAT y ENRESA, en los ámbitos anteriores.*



## **Protección radiológica de las personas**

En el CSN se promueven proyectos en las tres vertientes definidas anteriormente:

a) Los estudios que se realizan sobre los efectos biológicos de la radiación y su capacidad mutagénica permitirán disponer de mejores bases científicas para dilucidar la bondad del actual criterio básico de la protección radiológica de considerar una relación lineal y sin umbral entre el riesgo y las dosis de exposición, para el que siguen existiendo grandes incertidumbres en cuanto al riesgo inducido por dosis moderadas y bajas de radiación.

b) El sistema de protección radiológica y las magnitudes operacionales suministran una base consistente y coherente para la gestión y control del riesgo. Sin embargo, la puesta en práctica de este sistema ha de tener en cuenta la disponibilidad de técnicas y procedimientos para la determinación de las magnitudes que representan la medida de la cantidad de energía transferida por las radiaciones ionizantes a los órganos y tejidos. También se desarrollan proyectos en relación con la estimación de dosis, la aplicación de las recomendaciones de ICRP en cuanto a modelos metabólicos aplicados a la estimación de las dosis internas, coeficientes de dosis y factores de riesgo, que requieren la coordinación de criterios y métodos de estimación de dosis.

c) Dentro de las diferentes alternativas para la reducción de dosis son especialmente interesantes aquellas encaminadas a la optimización de la protección radiológica asociada a la fuente de exposición, lo que se conoce de forma genérica como término

fuente. Es en este aspecto donde son posibles mayores niveles de mejora pues, si se reduce la fuente de radiación, se reducirá consecuentemente la exposición de los trabajadores

### **Evaluación del impacto radiológico ambiental**

Se trabaja en los siguientes temas:

#### **1. Regulación de temas nuevos o emergentes:**

- Desarrollo del Título VII del Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes, que incluye las actividades relacionadas con la radiación natural y la protección del público frente al radón.

- Vigilancia radiológica de los materiales metálicos.

- Consecuencias de liberaciones accidentales (accidentes y emergencias).

- Residuos radiactivos de media y baja actividad. Gestión de residuos de muy baja actividad. Desclasificación.

- Protección radiológica del medio ambiente. Protección de especies no humanas.

#### **2. Mejora y ampliación del conocimiento radiológico del territorio. Elaboración, mejora o ampliación de mapas radiológicos.**

#### **3. Mejora de infraestructuras básicas relacionadas con la protección radiológica ambiental, por ejemplo, mejora de las capacidades analíticas radiológicas de los laboratorios que conforman las redes de vigilancia ambiental.**

### **Reducción del impacto radiológico de los residuos radiactivos**

Se trabaja en el desarrollo de técnicas de gestión de materiales

## **Radiological protection of persons**

The CSN promotes projects in the three areas defined above.

a) The studies performed on the biological effects of radiation and their mutagenic capacity will provide a better scientific basis for assessment of the adequacy of the current basic criterion of Radiological Protection, which consists of considering a linear relationship without thresholds between risk and exposure dose, in which respect major uncertainties continue to exist as regards the risk induced by moderate and low radiation doses.

b) The radiological protection system and operational magnitudes provide a consistent and coherent basis for the management and control of risk. However, consideration should be given in implementing this system to the availability of techniques and procedures for determination of the magnitudes representing the amount of energy transferred by ionising radiations to the organs and tissues. Also performed are projects relating to dose estimation, the application of ICRP recommendations regarding metabolic models applied to the estimation of internal dose, dose coefficients and risk factors, which require the coordination of dose estimate criteria and methods.

c) Within the different alternatives for dose reduction, those aimed at optimising radiological protection associated with the source of exposure, generically known as the source term, are especially interesting. It is in this area that the highest levels of improvement are possible, since, if the radiation source is reduced, the exposure of the workers will be reduced accordingly.

### **Assessment of environmental radiological impact**

Work is carried out in the following areas:

#### **1. Regulation of new or emerging issues:**

- Development of Title VII of the Regulations on protection against ionising radiations, which includes activities relating to natural radiation and the protection of the public against radon.

- Radiological surveillance of metallic materials.

- Consequences of accidental releases (accidents and emergencies).

- Low and intermediate level radioactive wastes. Management of very low level wastes. Declassification.

- Environmental radiological protection. Protection of non-human species.

2. Improvement and extension of radiological knowledge of the territory. Drawing up, improvement or extension of radiological maps.

3. Improvement of basic infrastructures related to environmental radiological protection, for example enhancement of the radiological analytical capabilities of the laboratories comprising the environmental surveillance networks.

### **Reduction of the radiological impact of radioactive wastes**

Work is performed on the development of radioactive material and waste management techniques suitable for each situation, in order to reduce the risks associated with the release to the environment of radioactive materials, in particular post-accident radiological interventions and low and intermediate level radioactive waste, the management of very low level wastes and declassification.

### **ELECTRICITY INDUSTRY**

#### **Radiological protection of persons**

The objective of this programme is to improve knowledge of the levels of exposure to which the personnel of nuclear power plants are subjected and to develop training techniques and technical measures to minimise such exposure.

- Dose estimate models

This refers to the updating of models and procedures for the determination of internal doses deriving from the possible uptake of radionuclides into the organism by inhalation or ingestion, on the basis of the metabolic models proposed by the International Commission on Radiological Protection.

- Dosimetry

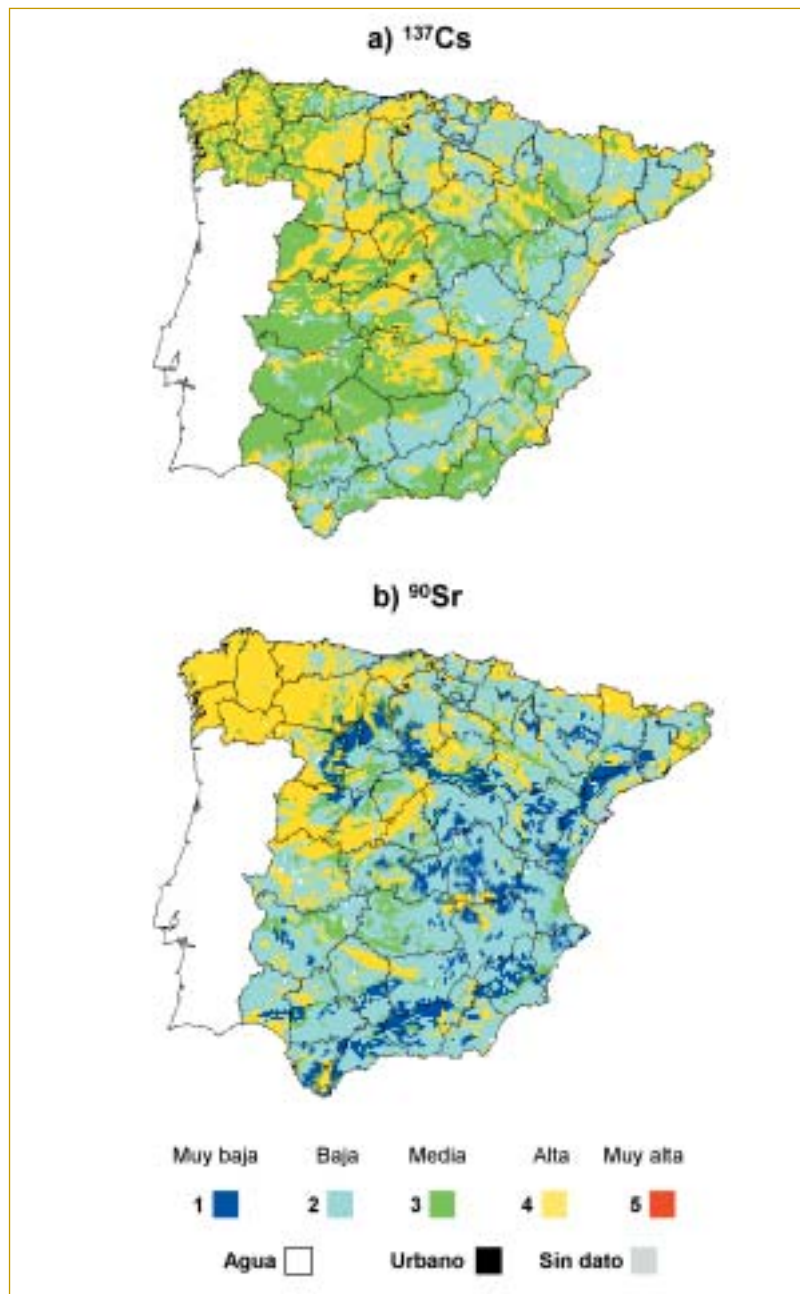
The complex geometries or special spectrometry requirements involved have given rise to seven projects that include two on neutron dosimetry, two on detailed study of the dosimetry systems available on the market and one on the management and integration of dosimetry data.

- Dose reduction techniques (ALARA)

The developments aimed at dose reduction focus on improved worker training and robot applications and simulation or the application of virtual reality techniques (electronic learning).

- Epidemiological studies

The nuclear power plant workers constitute a source of data for epidemiological studies, since



Vulnerabilidad radiológica de los suelos peninsulares en el caso de la vía de la cadena alimentaria (Trueba et al, 2000a).

Radiological vulnerability of peninsular soil in the case of the food chain (Trueba et al, 2000a).

y residuos radiactivos adecuadas a cada situación para reducir los riesgos asociados a la liberación de material radiactivo al medio ambiente, en particular, las intervenciones radiológicas post-accidentales y los residuos radiactivos de media y baja actividad, gestión de residuos de muy baja actividad y desclasificación.

### **SECTOR ELÉCTRICO**

#### **Protección radiológica de las personas**

Este programa tiene como objetivo mejorar el conocimiento de los niveles de exposición a que están sometidas las personas que desarrollan su actividad en las centrales nucleares, así como el desarrollo de técnicas de formación y de

medidas técnicas para la minimización de esta exposición.

- Modelos de estimación de dosis

Se refieren a la actualización de los modelos y procedimientos de determinación de dosis internas derivadas de la posible incorporación de radionucleidos en el organismo por vía respiratoria o por ingestión, a partir de los modelos metabólicos que propugna la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

- Dosimetría

Las geometrías complejas o necesidades espectrométricas especiales han dado lugar a siete proyectos en los que están incluidos dos de dosimetría neutrónica, dos de estudio más profundo de los sistemas dosimétricos del mercado, y uno de gestión e integración de los datos dosimétricos.

- Técnicas de reducción de dosis (ALARA)

Los desarrollos para la reducción de dosis se concretan en la mejora de la formación de los trabajadores y de la aplicación de la robótica a la simulación o aplicación de técnicas de realidad virtual (electronic learning).

- Estudios epidemiológicos

El colectivo de trabajadores de las centrales nucleares es una fuente de datos para los estudios epidemiológicos, dado que se trata de personas expuestas a niveles bajos de radiaciones, con una dosimetría de gran precisión y un seguimiento sanitario intensivo.

### **Evaluación del impacto radiológico ambiental**

Este programa tiene como objetivo mejorar la estimación del impacto radiológico de la operación de las centrales nucleares y

el desarrollo de herramientas para minimizar este impacto en caso de situaciones accidentales.

Los proyectos se refieren a la puesta a punto de códigos para la estimación de consecuencias de descargas de actividad al exterior en situaciones accidentales, y los efectos mitigadores de estas consecuencias por la aplicación de contramedidas.

Por otra parte, también existen proyectos para mejorar el conocimiento de la radiación natural en el entorno de las centrales nucleares, lo que es importante para poder evaluar las causas de posibles incrementos puntuales de estos valores, que podrían ser atribuidos a descargas de la central, pero en realidad son debidos a fenómenos naturales.

### **Reducción del impacto radiológico de los residuos radiactivos**

Los proyectos tienen como objetivo desarrollar tecnologías y prácticas para reducir el impacto radiológico de la operación y gestión de residuos de las centrales nucleares, con el fin de reducir sus riesgos y su volumen de almacenamiento y optimizar las instalaciones del El Cabril.

También existe una línea de trabajo con varios proyectos relativos a la caracterización de materiales susceptibles de desclasificación, cuyo objetivo es disponer de técnicas y métodos fiables para caracterizar niveles de actividad de distintos materiales y equipos para que en caso de no ser radiactivos puedan ser gestionados por vías convencionales.

### **CIEMAT**

### **Protección radiológica de las personas**

Los proyectos del CIEMAT se centran principalmente en la

*they are exposed to low levels of radiation, with very accurate dosimetry and intensive medical tracking.*

### **Assessment of environmental radiological impact**

*The objective of this programme is to improve estimates of the radiological impact of nuclear power plant operation and to develop tools to minimise this impact in the event of accident situations.*

*The projects include the refinement of codes for estimation of the consequences of off-site activity releases in accident situations and the effects mitigating these consequences through the application of countermeasures.*

*Furthermore, there are also projects aimed at improving knowledge of natural radiation in the areas surrounding nuclear power plants, which is important in order to be able to evaluate the causes of possible specific increases in these values that might be attributed to releases from the plant but that are in fact due to natural phenomena.*

### **Reduction of the radiological impact of radioactive wastes**

*The objective of these projects is to develop technologies and practices to reduce the radiological impact of nuclear power plant operation and the management of their wastes, with a view to reducing the risk involved and the volume of such wastes to be disposed of and optimise the El Cabril disposal facilities.*

*There is also a line of work that includes several projects relating to the characterisation of materials open to declassification, the aim being to make available reliable techniques and methods for the characterisation of the levels of activity of different materials and equipment, such that in the event of their not being radioactive they might be managed via conventional routes.*

### **CIEMAT**

### **Radiological protection of persons**

*The CIEMAT projects centre mainly on ionising radiation dosimetry, the most significant being the following:*

- *Research into natural materials for retrospective dosimetry applications.*
- *Dosimetry of cosmic radiation on commercial airline routes.*
- *Neutron and mixed field dosimetry.*
- *Biokinetic models using experimental animals.*
- *Numeric dosimetry/ Microdosimetry.*
- *Experimentation on radiobiological efficiency.*





Validación en planta piloto.  
Validation in pilot plant.

### **Assessment of environmental radiological impact**

- Development and/or adaptation of models and parameters describing the radioecological behaviour of radionuclides.
- Research into marine radioecology, through participation in multinational projects within the latest EU Framework Programmes.
- Intervention strategies for environmental recovery in the wake of accidents. This includes the development of data-processing tools aiding decision-making and allowing for the selection of optimised strategies in actual interventions, including the determination of the radiological risk prevented, the residual risk following the intervention and the intervention budget.
- Chronic exposure due to natural radioactivity sources, for example surveillance of radon in homes and the thermal waters of spas and radiological assessment of the phosphates industry and its environmental implications.
- Evaluations relating to the definitive management of solid radioactive wastes from different generation streams, development of protection principles and criteria and demonstration of the isolation capacity and the safety of the systems of barriers considered:
  - Declassification/exemption of radioactive wastes. Levels of declassification.
  - Safety assessment methods for the definitive disposal of low- and intermediate-level waste. Development of methodologies for the establishment of criteria for waste acceptance in low level waste disposal.
  - Assessment of the environmental impact of deep geological disposal.
  - Models of radionuclide transfer in the biosphere. Systems parameterisation.

dosimetría de radiaciones ionizantes, los más significativos son:

- Investigación sobre materiales naturales para aplicaciones de dosimetría retrospectiva
- Dosimetría de la radiación cósmica en las rutas aéreas comerciales
- Dosimetría de neutrones y campos mixtos.
- Modelos biocinéticos con animales de experimentación
- Dosimetría numérica/Microdosimetría.
- Experimentación sobre eficiencia radiobiológica

### **Evaluación de impacto radiológico ambiental**

- Desarrollo y/o adaptación de modelos y parámetros que describan el comportamiento radiológico de los radionucleidos
  - Investigación en radiología marina mediante participación en los proyectos multinacionales de los últimos Programas Marco de la U.E.
  - Estrategias de intervención para la recuperación ambiental tras accidentes. Incluye el desarrollo de herramientas informáticas de ayuda a la decisión que

permitan la selección de estrategias optimizadas en una intervención real, con determinación del riesgo radiológico evitado, riesgo residual tras la intervención y presupuesto de la intervención.

- Exposición crónica debida a fuentes de radiactividad natural, por ejemplo, las vigilancias sobre radón en viviendas y aguas termales de balnearios y la evaluación radiológica de la industria de fosfatos y sus implicaciones medioambientales.
- Evaluaciones relacionadas con la gestión final de los residuos radiactivos sólidos, procedentes de distintas corrientes de generación, desarrollo de principios y criterios de protección y demostración de la capacidad de aislamiento y seguridad de los sistemas de barreras considerados:
  - Desclasificación / exención de residuos radiactivos. Niveles de desclasificación.
  - Métodos de análisis de seguridad para la disposición final de residuos de baja y media actividad. Desarrollo de metodologías para derivar criterios de aceptación de residuos en el almacenamiento de residuos de baja actividad



- Análisis de impacto ambiental derivado de almacenamientos geológicos profundos

- Modelos de transferencia de radionucleidos en la biosfera. Parametrización de los sistemas

- Aproximación por biosferas de referencia al tratamiento de la biosfera en el largo plazo.

- Simulación del cambio climático a largo plazo y consecuencias para el sistema biosférico

- Caracterización y evaluación de emplazamientos para el almacenamiento geológico profundo.

• Protección radiológica ambiental de especies no humanas.

## ENRESA

Las líneas de actuación y objetivos genéricos de ENRESA se refieren al campo de la reducción del impacto radiológico de los residuos radiactivos:

a) Aportar información sobre el comportamiento detallado de radionucleidos de interés en la biosfera, para apoyar las evaluaciones de impacto radiológico de sus proyectos y actividades.

b) Aportar información para el desarrollo de los criterios de protección radiológica aplicables.

c) Mejorar el conocimiento para cubrir algunas necesidades concretas de la aplicación operativa de la protección radiológica, con interés específico en los aspectos de restauración ambiental.

Proyectos concretos en este campo son:

### • **BIOCOM - COMRA - Comportamiento de radionucleidos en la biosfera**

Este proyecto busca lograr una mejor comprensión de los procesos de transporte y transferencia de radionucleidos en la biosfera, incluyendo tanto consideraciones de interés para los sistemas de almacenamiento de residuos radiactivos, como las relativas a procesos de restauración ambiental de espacios afectados por contaminantes radiactivos.

### • **CPR. Estudios de soporte sobre criterios y aplicaciones del sistema de protección radiológica**

El proyecto efectúa el seguimiento de los desarrollos de las organizaciones internacionales relevantes tales como ICRP, OIEA, NEA/OCDE, UE, sobre criterios y principios básicos de protección,

- Reference biosphere approach to long-term treatment of the biosphere.

- Simulation of long-term climate change and consequences for the biospheric system.

- Site characterisation and evaluation for deep geological disposal.

• Environmental radiological protection of non-human species.

## ENRESA

ENRESA's lines of action and generic objectives focus on the reduction of the radiological impact of radioactive wastes:

a) Provision of information on the detailed behaviour of the radionuclides of interest in the biosphere, in support of assessment of the radiological impact of the agency's projects and activities.

b) Provision of information for the development of applicable radiological protection criteria.

c) Improvement of knowledge in order to cover certain specific needs in the operational application of radiological protection, with specific interest in aspects relating to environmental restoration.

The specific projects in this field are as follows:

### • **BIOCOM - COMRA - Behaviour of radionuclides in the biosphere**

This project aims to achieve a better understanding of the processes of radionuclide transport and transfer in the biosphere, including both considerations of interest for radioactive waste disposal systems and others relating to processes of environmental restoration of areas affected by radioactive contaminants.

### • **CPR. Support studies on radiological protection system criteria and applications**

This project tracks the developments achieved by the relevant international organisations, such as the ICRP, IAEA, NEA/OECD and EU, regarding basic protection criteria and principles, as well as their interpretation and practical application.

### • **FASSET. Framework for assessment of environmental impact**

The objective of FASSET is to create a coherent framework for assessment of the effects of radiations on the environment and ecosystems, completing the current radiological protection system based on protecting mankind.

### • **DOSIN - Comparison of "in vivo" and "in-vitro" techniques for the**

## **measurement of internal contamination by actinides**

The ultimate objective of this project is to study of the evolution with time of both the activity retained and that excreted, with a view to obtaining internal dose, taking into account all the new recommendations and new standards in the field of Internal Dosimetry.

### **• VULNES – Specific vulnerability of Spanish agricultural ecosystems**

The objective of this project is to determine the specific vulnerability of Spanish agricultural ecosystems through incorporation into the previously obtained vulnerability indexes of soil-plant transfer processes, such that the radiological impact through the food chain may be quantified.

### **• Mechanisms for radionuclide transfer in the medium**

The objective of this project is the study of detailed mechanisms of the behaviour of natural and artificial radionuclides in a specific medium.

### **• Substrate-plant transfer of radionuclides and stable elements. Evaluation for the recovery of contaminated soils**

The objectives of this project are to group the procedures to be designed to obtain reliable results from different determinations in different types of samples, the aim being to achieve greater sensitivity than that currently available.

The second objective is to group all the field-work and the applications of the procedures developed for determination of the different parameters selected, such that it be possible to adopt an approach allowing insight to be gained into the processes influencing the transfer of radioactive contaminants and stable elements from a given substrate to plants and their subsequent distribution to the different parts of the plant.

### **• Adaptation of drinking water systems for the removal of the radiological content**

Supplies of water for human consumption may contain radioactivity of natural origin (mainly wells) or may be affected by discharges of radioactive effluents from human activities, essentially in the event of situations beyond control. Drinking water treatment systems are not specifically designed to reduce this eventual radioactive content, although it is credible that such reductions might be achieved without substantially altering the operating mode of drinking water plants.

así como de su interpretación y aplicación práctica.

### **• FASSET. Framework for assessment of environmental impact**

El objetivo de FASSET es crear un marco coherente para evaluar los efectos de las radiaciones sobre el medio ambiente y los ecosistemas, complementando así el sistema actual de protección radiológica basado en la protección al hombre.

### **• DOSIN – Comparación de técnicas "in vivo" e "in-vitro", para la medida de contaminación interna por actínidos**

El objetivo final de este proyecto consiste en estudiar la evolución con el tiempo tanto de la actividad retenida como de la excretada, para la obtención de dosis internas, teniendo en cuenta todas las nuevas recomendaciones y la nueva normativa dentro del campo de la Dosimetría Interna.

### **• VULNES – Vulnerabilidad específica de ecosistemas agrícolas españoles**

El objetivo del proyecto es determinar la vulnerabilidad específica de los ecosistemas agrícolas españoles, mediante la incorporación, a los índices de vulnerabilidad previamente obtenidos, de los procesos de transferencia suelo-planta, de modo que pueda cuantificarse el impacto radiológico a través de la cadena alimentaria.

### **• Mecanismos de transferencia de radionucleidos en el medio**

El objetivo del proyecto es el estudio de mecanismos detallados de comportamiento de radionucleidos naturales y artificiales en un medio concreto.

### **• Transferencia de radionucleidos y elementos estables del sustrato al vegetal. Evaluación para la recuperación de suelos contaminados**

Los objetivos del proyecto son agrupar los procedimientos que deben ser diseñados, para obtener resultados fiables de las distintas determinaciones en los distintos tipos de muestra, pretendiendo con ello alcanzar una mayor sensibilidad que la actualmente disponible.

Segundo, agrupar todos los trabajos de campo y la aplicación de los procedimientos desarrollados para la determinación de los distintos parámetros seleccionados, de forma que se permita una aproximación al entendimiento de los procesos que tienen influencia en la transferencia de contaminantes radioactivos y elementos estables desde un sustrato dado al vegetal, y su distribución a las diferentes partes de la planta.

### **• Adecuación de los sistemas de potabilización para la eliminación de contenido radiológico en aguas**

Los suministros de agua para consumo humano pueden contener radioactividad de origen natural (mayoritariamente en pozos) o pueden resultar afectados por descargas de efluentes radioactivos de actividades humanas, esencialmente en el supuesto de situaciones fuera de control. Los sistemas de tratamiento para potabilización no están específicamente concebidos para reducir ese eventual contenido radiactivo, aunque es creíble que se pudiera conseguir tal reducción sin alterar sustancialmente la forma de operar de las plantas de potabilización.



# GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

## RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN SPAIN

**Jorge Lang-Lenton.** Director de Comunicación de ENRESA / *Communication Director, ENRESA.*

This article contains a general description of radioactive waste management in Spain. It begins with an explanation of the administrative organization for undertaking this function, with special emphasis on the characteristics and mission of ENRESA, the waste management firm. An inventory of the waste generated in Spain is then provided, in the scenario considered in the 5th General Radioactive Waste Plan, followed by a description of the strategies used to treat low- and intermediate-level and high-level radwaste, as well as the work being developed to dismantle the Vandellós-I NPP. Finally, there is a brief description of the established financing system.

### ADMINISTRATIVE ORGANIZATION FOR RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT. ENRESA

*The Ministry of Industry, Trade and Tourism (MICT) is the body responsible for granting the permits and licenses necessary for developing nuclear and radioactive activities in Spain. Before these licenses are granted, the MICT must previously have a binding report from the Consejo de Seguridad Nuclear, which is an independent body of the State's General Administration created by Law 15/1980, and the only one with competencies in matters of Nuclear Safety and Radiological Protection. The Consejo de Seguridad Nuclear is bound by law to report every year to the nation's Parliament, which controls it through a specific committee.*

*- The Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) is the company in charge of radioactive waste management. It was created by*

*En este artículo se hace una descripción general sobre la gestión de los residuos radiactivos en España. Se inicia exponiendo la organización administrativa para llevar a cabo esta función, destacando especialmente las características y misión de ENRESA, empresa gestora de los residuos. A continuación se expone el inventario de residuos que se generan en España en el escenario que contempla el 5º Plan General de Residuos Radiactivos, pasando seguidamente a describir las estrategias empleadas en el tratamiento de los residuos radiactivos de baja y media actividad y en los de alta actividad, así como las labores desarrolladas para el desmantelamiento de la C. N. Vandellós I, finalizando con una referencia al sistema de financiación establecido.*

### ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS. ENRESA

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT) es el órgano competente en el otorgamiento de permisos y licencias para desarrollar las actividades nucleares y radiactivas en España. Para dar estas licencias, el ME ha de contar con el informe previo, vinculante, del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), que es un organismo independiente de la Administración General del Estado, creado por la Ley 15/1980, y que es el único competente en materia de Seguridad Nuclear y Protección

Radiológica. El CSN está obligado, por ley, a informar anualmente al Parlamento de la Nación, que le controla a través de una Ponencia específica.

- La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) es la encargada de la gestión de los residuos radiactivos. Fue creada, por Decreto Ley de 4 de julio de 1984, para gestionar los residuos radiactivos que se generan en España, llevar a cabo los desmantelamientos de centrales nucleares y restaurar adecuadamente las minas de uranio cerradas.

ENRESA se ha configurado como una empresa de gestión,

es decir, su trabajo fundamental está en definir y especificar las distintas actuaciones que precisa, tales como las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos, procesos de desmantelamiento de instalaciones, proyectos de I+D, etc., y los trabajos los contrata a instituciones especializadas, empresas de ingeniería y de bienes de equipo, centros de investigación, universidades, etc., los cuales desarrollan los trabajos bajo el seguimiento e inspección de esta empresa.

ENRESA ha de presentar al MICT, durante el primer semestre de cada año, una memoria de las actividades desarrolladas durante el año anterior, así como un documento con la planificación de los trabajos a realizar a corto, medio y largo plazo, el cual se conoce como Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR). El contenido básico del mismo se puede resumir en:

- Análisis de la situación y establecimiento del escenario de referencia.
- Inventario de residuos radiactivos.
- Soluciones técnicas aplicables y definición del programa de actuaciones para los distintos tipos de residuos y actividades.
- Situación internacional
- Planes de I+D
- Estudio económico-financiero con estimación de costes.

El PGRR es un documento que ha de aprobar el Consejo de Ministros, a propuesta del MICT, dando posteriormente conocimiento de él al Parlamento.

ENRESA es una empresa pública que pertenece al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (antigua JEN, Junta de Energía Nuclear) (80%) y a la Sociedad Estatal de Participa-

ciones Industriales (SEPI) (antiguo INI, Instituto Nacional de Industria) (20%).

### INVENTARIO DE RESIDUOS RADIATIVOS A GESTIONAR EN ESPAÑA

Las instalaciones existentes actualmente en España susceptibles de generar residuos radiactivos se concretan en: siete centrales nucleares con nueve reactores; una fábrica de elementos combustibles; y del orden de mil instalaciones nucleares.

Según las previsiones del Quinto Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) –bajo la hipótesis de 40 años de vida útil para el actual parque de centrales nucleares, no reprocesado del combustible gastado y desmantelamiento de las centrales tras finalizar su vida útil– las cantidades de residuos, ya generadas y por generar, son de 193.600 m<sup>3</sup> de residuos de baja y media actividad (RBMA) y 10.000 m<sup>3</sup> de Combustible Gastado (CG) incluidos en ellos los 80 m<sup>3</sup> de Vitrificados de Vandellós I (ver cuadro 1).

Respecto a los residuos de baja y media actividad, el mayor porcentaje se debe a los que tienen su origen en el desmantelamiento de centrales nucleares, 69'78% sobre el total, los que proceden de aplicaciones no energéticas (medicina, investigación, industria, etc) representa el 4'30%, el 25,92% restante corresponde en su práctica totalidad a residuos de operación de las centrales nucleares.

En cuanto a los residuos de alta actividad, se hace la diferenciación entre combustible gastado y vitrificados de Vandellós I. Los vitrificados de Vandellós I son los residuos de alta actividad procedentes del reproceso del combustible de la Central de Vandellós I. Esta instalación, de

*a decree-law dated July 4, 1980 to manage the radioactive waste generated in Spain, dismantle nuclear power plants, and suitably reclaim closed uranium mines.*

*ENRESA has been set up as a management company, i.e. its primary job is to define and specify different courses of action as needed, such as radwaste storage facilities, installation dismantling processes, R&D projects, etc. It contracts the jobs out to specialized organizations, engineering and equipment firms, research centers, universities, etc., which execute the work under this company's management and supervision.*

*During the first six months of every year, ENRESA must submit a report to the MICT on the activities carried out during the previous year, as well as a document containing a planning of the work to be undertaken in the short-, medium- and long-term. This is known as the General Radioactive Waste Plan (PGRR). The contents of this document are basically as follows:*

- *Analysis of the situation and establishment of a reference scenario.*
- *Radioactive waste inventory.*
- *Applicable technical solutions and definition of the course of action for the different types of waste and activities.*
- *International situation.*
- *R&D plans.*
- *Economic-financial study with cost estimates.*

*The PGRR is a document that must be approved by the Council of Ministers, at the MICT's proposal, and subsequently submitted to Parliament.*

*ENRESA is a public enterprise that is owned by the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (formerly the JEN – Junta de Energía Nuclear) (80% share) and the Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI or the former INI – Instituto Nacional de Industria) (20%).*

### INVENTORY OF RADIOACTIVE WASTE TO BE MANAGED IN SPAIN

*The facilities currently existing in Spain that are likely to generate radioactive waste are as follows: seven nuclear power plants with nine reactors; a fuel assembly factory; and around one thousand nuclear installations.*

*According to the estimates of the Fifth General Radioactive Waste Plan (PGRR) – assuming 40 years of effective lifetime for the current nuclear power plant fleet, no reprocessing of spent fuel and dismantling of the plants after the end of their effective lifetimes – the quantities of waste that have already been and will be generated are*

193,600 m<sup>3</sup> of low- and intermediate-level waste (LILW) and 10,000 m<sup>3</sup> of Spent Fuel (FS), including the 80 m<sup>3</sup> of vitrified material from Vandellos-I (see table 1).

Most of the low- and intermediate-level waste (69.78% of the total) comes from nuclear power plant dismantling, whereas non-energy applications (medicine, research, industry, etc.) account for 4.30% and practically all of the remaining 25.92% corresponds to waste from nuclear power plant operation.

As for high-level waste, a differentiation is made between spent fuel and vitrified materials from Vandellos-I. Vandellos-I vitrified materials are the high-level wastes resulting from reprocessing of the Vandellos-I power plant fuel. This facility, built with French technology, was a graphite-gas and natural uranium type plant. Because of its characteristics, the fuel could not be stored for a long time in the plant's pools, and therefore it had to be reprocessed shortly after being unloaded from the reactor.

#### STRATEGY FOR LOW- AND INTERMEDIATE-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT (LILW)

The strategy followed for this type of waste is definitive storage. By using existing technologies, the radionuclides and radioactivity are prevented from reaching the biosphere during their active life. Barriers are created around the waste to seal and immobilize them, thus avoiding the possibility of irradiation or contamination of living beings.

The barriers used are engineered barriers built of man-made materials that must remain stable for 300 years, which is the time it takes the radioactivity of the stored waste to reach natural fund levels.

In Spain, the repository for low- and intermediate-level waste is in the municipal district of Hornachuelos (Cordoba) and is known by the name of the estate where it is located – El Cabril. It is a surface facility based on multiple engineered barriers, its operation is automatic by remote control, and it is equipped with a long-term control system for infiltrations.

Wastes are stored in solid state and, until they reach their final destination, they pass through several prior stages of processing, transportation, verification and final processing and storage.

#### STRATEGY FOR HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT

When the spent fuel is removed from the reactor, it is placed in the plant's own pool so that it

<b>Tabla I / Table I</b> <b>Inventario estimado de residuos radiactivos y combustible gastado a gestionar en España.</b> <b>Estimated Inventory of Radwaste and Spent Fuel to be Managed in Spain</b>	
<b>Residuos de Baja y Media Actividad Acondicionados</b> <b>Processed Low- and Intermediate-Level Waste</b>	
Fabricación de elementos combustibles <i>Fuel assembly manufacturing</i>	1.400
Operación de centrales nucleares <i>Nuclear power plant operation</i>	43.800
Actividades investigación y aplicación de radisótopos <i>Research activities and radioisotope applications</i>	8.300
Desmantelamiento de centrales nucleares <i>Nuclear power plant dismantling</i>	135.100
Desmantelamiento de otras instalaciones <i>Dismantling of other installations</i>	1.100
Otros / <i>Others</i>	3.900
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>193.600</b>
<b>Combustible Gastado y Residuos de Alta Actividad <sup>(1)</sup></b> <b>Spent Fuel and High-Level Waste <sup>(1)</sup></b>	
Combustible Gastado (tU) / <i>Spent fuel (tU)</i>	6.750
Combustible Gastado (nº elementos) <i>Spent fuel (nº of assemblies)</i>	19.680
Vitrificados Vandellos I (m <sup>3</sup> ) <i>Vandellos-I vitrified material (m<sup>3</sup>)</i>	80
<b>Fuente: 5º PGRR.</b> (1) El volumen total equivalente, en base al tipo de cápsula supuesto para su almacenamiento definitivo, sería de unos 10.000 m <sup>3</sup> .	
<b>Source: 5<sup>th</sup> PGRR.</b> (1) The total equivalent volume, based on the type of canister proposed for definitive storage, would be some 10,000 m <sup>3</sup> .	

tecnología francesa, era del tipo grafito-gas y de uranio natural; debido a sus características, su combustible no se podía almacenar largo tiempo en las piscinas de la central, por lo que era necesario reprocesarlo poco después de su descarga del reactor.

#### ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD (RBMA)

La estrategia seguida para este tipo de residuos es su almacenamiento definitivo, utilizando las tecnologías existentes se impide que los radionucleidos y la radiactividad lleguen a la biosfera

durante su vida activa. Se crean barreras entorno de los residuos, con lo que se les sella e inmoviliza, impidiendo la posibilidad de irradiación o contaminación de los seres vivos.

Las barreras empleadas son de ingeniería, construidas con materiales fabricados por el hombre, pues el tiempo que han de permanecer estables es de 300 años, periodo que tarda la radiactividad de los residuos almacenados en alcanzar los niveles de fondo natural.

En España el almacén para los residuos de baja y media actividad, está situado en el término municipal de Hornachuelos (Córdoba), y es conocido por el nombre de la finca en que se



encuentra, El Cabril. Es una instalación en superficie basada en barreras múltiples de ingeniería, su operación es automática mediante control remoto y dispone de un sistema de control a largo plazo para infiltraciones.

Los residuos se almacenan en estado sólido, y hasta llegar a su destino final pasan por las etapas de acondicionamiento previo, transporte, verificación y acondicionamiento final y almacenamiento.

### ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD (RAA)

El combustible gastado, una vez que se retira del reactor, se deposita en la piscina de la propia central con el fin de que pierda calor y decaiga su actividad radiológica. Tras esta primera etapa, el combustible pasa a una segunda fase denominada "Almacenamiento Temporal", la cual se prolongará durante el tiempo necesario hasta su "Gestión final".

El almacenamiento temporal se puede efectuar: en húmedo, en piscinas; y en seco, en contenedores metálicos o de hormigón, depositando estos en espacios abiertos o cerrados. Con ambas técnicas es posible construir un almacén centralizado (ATC) para el conjunto de un país, o almacenes individuales para cada central (ATI).

En España se emplean las piscinas de las centrales como almacenes temporales, hasta la saturación de las mismas o hasta el desmantelamiento de la instalación, razón por lo que a estas piscinas se les ha dotado de la mayor capacidad posible. Cuando se da una de estas circunstancias se procede, por ahora, al almacenamiento del combustible

gastado en contenedores metálicos que son depositados en almacenes construidos en los terrenos de la propia central (ATI). Este es el caso de la central nuclear de Trillo que, tras la saturación de su piscina, se ha construido un almacén en los terrenos de la propia central en el que se depositan los contenedores metálicos en los que se confina el combustible gastado. Estos contenedores se construyen por la empresa Equipos Nucleares en Santander y se han diseñado con el doble propósito de almacenamiento y transporte, lo que significa que el traslado del combustible no requiere cambio de confinamiento.

En el Quinto Plan General de Residuos, actualmente en vigor, se contempla la conveniencia de que en torno a 2010 estará en funcionamiento un almacén centralizado para el conjunto del país. El almacenamiento está previsto que sea en seco, pero aún no se ha iniciado el proceso de selección de su ubicación.

### GESTIÓN FINAL

Actualmente se presentan dos vías: Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), tecnológicamente desarrollado, aunque sin ninguna realización industrial en el mundo para combustible gastado; y Separación y Transmutación (S y T), en los albores de su investigación.

El AGP fundamenta su tecnología, al igual que en el caso de los RBMA, en la creación de barreras en torno a los residuos, de tal manera que impidan que los radionucleidos lleguen a la biosfera durante su vida activa, evitando de esta manera que se produzca irradiación o contaminación de los seres vivos. Como los residuos de alta actividad tienen unos periodos de semidesintegración muy



Vista aérea de El Cabril.  
Aerial view of El Cabril.

can cool off and lose radioactivity. After this first stage, the fuel passes on to a second phase called "Temporary Storage", which lasts as long as necessary up to "Definitive Treatment".

Temporary storage may either be wet storage in pools or dry storage in metal or concrete casks that are placed in open or closed spaces. With both techniques, either a centralized storage (ATC) can be built for the whole country, or else individual repositories can be built for each plant (ATI).

In Spain, the plant pools are used as temporary storages until they become saturated or until the facility is dismantled, and for this reason these pools have been built with as much capacity as possible. When one of these circumstances arises, the procedure for now is to store the spent fuel in metal casks that are placed in repositories built on plant grounds (ATI). This is the case of the Trillo nuclear power plant where, after its pool became saturated, a repository was built on the plant grounds to store the metal casks in which the spent fuel is confined. The company that builds these casks is Equipos Nucleares, in Santander, and the

casks have been designed for the dual purpose of storage and transportation, which means that moving the fuel does not require a change of container.

According to the current Fifth General Waste Plan, a centralized storage for the whole country will be in operation by the year 2010. It is expected to be dry storage, but the site selection process has still not begun.

#### DEFINITIVE TREATMENT

There are currently two approaches: Deep Geological Storage (DGS), which is technologically developed but has not been industrially implemented anywhere in the world; and Separation and Transmutation (S&T), which is in the early days of research.

Just as in the case of LILW, the DGS technology is based on the creation of barriers around the waste to prevent radionuclides from reaching the biosphere during their active life and thus preventing irradiation or contamination of living beings. As high-level wastes have very long semi-decay periods, they require barriers that are able to effectively accomplish their mission during long periods of time. For this reason, in this technology, the engineered barriers are reinforced with geological barriers – granite, clayey or saline rock.

The purpose of the Separation and Transmutation technology is to diminish the radioactivity of the waste. To do this, the assemblies in which the spent fuel is located are first chemically separated. "Targets" are made with each of the long-lived radionuclides, and these are bombarded with neutrons to transform them (transmute them) into other isotopes that are either radioactive or non-radioactive and, if they are radioactive, have shorter semi-decay periods than the original radionuclide.

At present, Spain allots significant resources to its R&D programs that focus on the technical and economic viability of this technology. It must be remembered, however, that there would always be a certain volume of high-level, long-lived material that would have to be stored in a DGS.

The government of Spain has commissioned ENRESA to make an in-depth study of both technologies so that a decision can be made in 2010 on which procedure would be the most suitable one for final treatment of this type of material.

#### DISMANTLING OF VANDELLOS-I

The Vandellos-I NPP definitively ceased to produce in October 1989, and the decision was made to dismantle it. ENRESA designed the



Contenedor de combustible gastado de la central nuclear de Trillo.  
Trillo nuclear power plant spent fuel cask.

altos se requieren unas barreras capaces de cumplir su misión con eficacia durante largo espacio de tiempo, razón por la que en esta tecnología se han reforzado las barreras de ingeniería con barreras geológicas –rocas graníticas, arcillosas o salinas-.

La Separación y Transmutación es una tecnología en investigación que tiene por objetivo la disminución de la radiactividad de los residuos. Para llevarlas a cabo, en primer lugar se han de separar químicamente los elementos que se encuentran en el combustible gastado. Con cada uno de los radionucléidos de larga vida se fabricarían "blancos", los cuales se bombardearían con neutrones para transformarlos (transmutarlos) a otros isótopos, radiactivos o no, y, en el caso de serlo, con periodos de semidesintegración más cortos que los que tenía el radionucléido original.

En la actualidad España dedica importantes recursos en sus programas de I+D destinados a estudiar la viabilidad técnica y económica de esta tecnología. Es importante resaltar, no obstante, que siempre quedaría un volumen de material de alta actividad y larga vida que habría que almacenar en un AGP.

ENRESA ha recibido del Go-

bierno de España el encargo de profundizar en el estudio de ambas tecnologías, con el fin de que en el año 2010 se pueda tomar un decisión sobre cual sería el procedimiento más adecuado para el tratamiento definitivo de este tipo de materiales.

#### DESMANTELAMIENTO DE VANDELLOS I

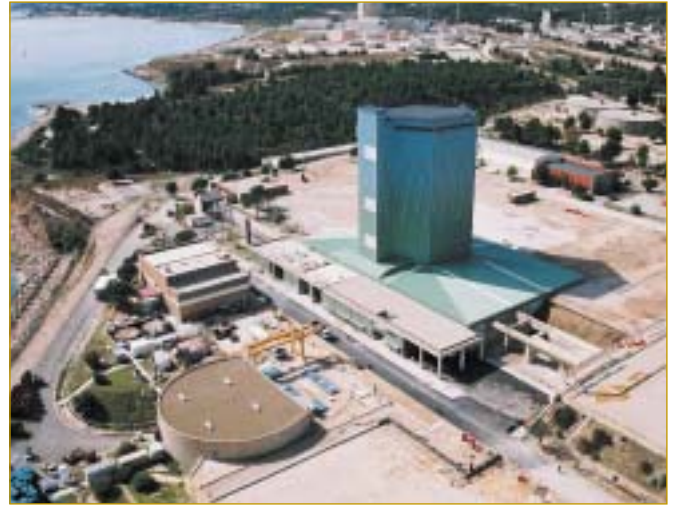
La central Vandellós I cesó definitivamente en su actividad productiva en octubre de 1989, decidiéndose que había de ser desmantelada. ENRESA diseña el Plan de Desmantelamiento y Clausura, que tras un trámite de licenciamiento largo es aprobado en 1998.

ENRESA en el cuarto trimestre del 2003 ha dado por finalizado el nivel 2 de desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I. Los materiales gestionados en esta operación se concretan en: 16.500 t de chatarras convencionales; 277.000 t de escombros de hormigón convencionales; pequeñas cantidades de productos tóxicos y peligrosos; y 2.000 t de residuos radiactivos de baja y media actividad que han sido almacenados en El Cabril. Se ha conseguido un nivel de reciclado de materiales del 96%.





La central nuclear Vandellós I en operación.  
*Vandellós I nuclear power plant in operation.*



La central nuclear Vandellós I tras la finalización del nivel 2 de desmantelamiento.  
*Vandellós I nuclear power plant after completion of dismantling level 2.*

### FINANCIACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

El sistema de financiación de la gestión de los residuos radiactivos se basa en dos principios: quien produce los residuos paga y el pago se efectúa en el momento en que se producen los mismos.

Los residuos procedentes de instalaciones radiactivas, hospitales, industrias, universidades, etc., pagan a ENRESA en el momento que son retirados los residuos en razón de la cantidad retirada.

Los residuos procedentes del ciclo del combustible nuclear destinado a la producción de electricidad financian su gestión a partir

de un canon que se aplica a la factura eléctrica dotando un fondo para la gestión. El porcentaje sobre el gasto en electricidad se establece de forma que se cubran los gastos del día a día de la gestión y los que se producirán hasta el tratamiento final del total de los residuos generados y el desmantelamiento de las centrales nucleares. La cuantía de la tasa se recalcula anualmente con el fin de ajustar la recaudación con el gasto. En estos momentos ENRESA recibe en torno al 0.8% de la factura eléctrica.

El presupuesto total de la gestión a largo plazo de ENRESA se estima en 10.000 millones de euros, desglosados de la manera que se refleja en el gráfico 1.

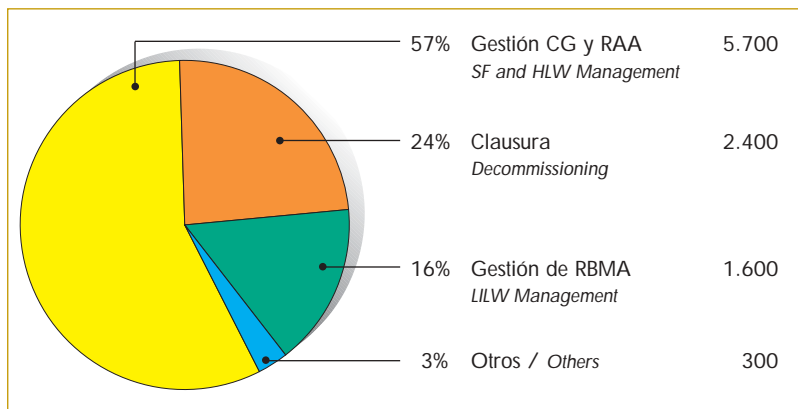


Gráfico 1. Desglose del presupuesto total de la gestión de residuos radiactivos.  
*Graphic 1. Breakdown of total radioactive waste management budget.*

*Dismantling and Decommissioning Plan, which was approved in 1998.*

*In the fourth quarter 2003, ENRESA completed level 2 of the Vandellós-I dismantling. The materials handled during this operation were: 16,500 t of conventional scrap; 277,000 t of conventional concrete rubble; small quantities of toxic and hazardous products; and 2,000 t of low- and intermediate-level radioactive waste that have been stored in El Cabril. A 96% rate of material recycling has been achieved.*

### RADIOACTIVE MANAGEMENT WASTE FUNDING

*The system for financing radioactive waste management is based on two principles: whoever produces the waste pays, and payment is made at the time the waste is produced.*

*Radioactive facilities, hospitals, industries, universities, etc. pay ENRESA when it removes their wastes. The amount of the payment depends on the amount removed.*

*Management of waste from the cycle of nuclear fuel used for electricity production is financed by a tax charged to the total electric bill. The rate charged on the cost of electricity is calculated so as to cover day-to-day management costs and those that are estimated will be incurred until final treatment of all generated waste. The amount of the tax is recalculated every year in order to adjust collection to expense. ENRESA currently receives around 0.8% of the electric bill.*

*ENRESA's total long-term management bill is estimated to be 10,000 million euros, broken down as shown below in Graphic 1.*



# METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES: BASES FÍSICAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

## IONISING RADIATION METROLOGY: PHYSICAL BASIS FOR THE RADIATION PROTECTION IN SPAIN

**José M<sup>a</sup> Los Arcos.** Jefe del Programa de Metrología de Radiaciones Ionizantes. CIEMAT. / *Head of Ionising Radiation Metrology Program. CIEMAT.*

**Antonio Brosed.** Investigador del Grupo de Metrología de Radiaciones Ionizantes. CIEMAT. / *Scientist of the Ionising Radiation Metrology Group. CIEMAT.*

**Francisco Fernández.** Jefe del Grupo de Física de las Radiaciones. Departamento de Física. Universidad Autónoma de Barcelona. / *Head of Physics Department. Universidad Autónoma de Barcelona.*

Applying radiological protection principles and, in particular optimisation, requires a system of metrological references internationally traceable and to which be traced at the national level, through a well defined calibration chain. In this paper an overview of the activities done in the national standards laboratory and in the calibration laboratories existing in Spain is presented. As a conclusion it is established that, although the necessities at the protection level are reasonably covered for  $\alpha$ ,  $\beta$ , X and  $\gamma$  radiation, the lack of a neutronic reference laboratory is detected, to give metrological support to the two laboratories with capability for making irradiations or determinations of neutronic doses, currently operating in the country.

### INTRODUCTION

*The necessity of protecting the human beings from the detrimental effects of ionising radiations, demonstrated soon after its discovery at the end of the 19<sup>th</sup> century, gave rise to the discipline named "Radiological Protection".*

*At the beginning of the 20<sup>th</sup> century the first protecting recommendations and regulations are issued and several radiological protection organisations emerge, among which the*

*La aplicación de los principios de la Protección Radiológica, y, particularmente el de optimización, requiere un sistema de referencias metrológicas trazable internacionalmente y al cual trazarse al nivel nacional a través de una cadena de calibración bien definida. Se presenta una perspectiva de actividades del laboratorio de patrones nacionales y de los laboratorios de calibración existentes en España. Como conclusión se establece que, si bien las necesidades en niveles de protección están razonablemente bien cubiertas para radiación  $\alpha$ ,  $\beta$ , X y  $\gamma$ , se acusa la carencia de un laboratorio de referencia neutrónica capaz de dar soporte metrológico a los dos laboratorios con capacidad de efectuar irradiaciones o determinaciones de dosis neutrónica que ya operan en el país.*

### INTRODUCCIÓN

La disciplina denominada "**Protección Radiológica**" tiene su origen en la necesidad de proteger al ser humano frente a los efectos dañinos de las radiaciones ionizantes, puestos rápidamente en evidencia tras su descubrimiento a finales del siglo XIX.

Ya a comienzos del siglo XX se emiten las primeras recomendaciones y regulaciones protectoras y surgen diversas organizaciones para la protección radiológica, entre las que destaca la **International Commission on Radiological Protection** (ICRP, que bajo otra denominación se remonta a 1928) cuyas recomendaciones,

basadas en el análisis científico de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, han constituido los principios fundamentales para el establecimiento de los sistemas de protección radiológica que han venido inspirando las normas reguladoras de la comunidad internacional.

Así, la Publicación ICRP 26 [1] definió en 1977 los principios básicos de un sistema de protección radiológica: justificación, optimización y limitación de dosis, confirmados y reforzados posteriormente en 1991 por la **Publicación ICRP 60** [2] y recogidos en la Directiva 96/29/EURATOM de 13 de mayo de 1996 [3].

Todos estos requisitos han sido transcritos a la **legislación española** a través de diversas regulaciones [4-11] que son objeto de análisis en otro artículo de este mismo volumen ("Marco legal de la Protección Radiológica en España").

Un denominador común a todas estas regulaciones es el referente a los requisitos de calibración y de verificación periódica del correcto funcionamiento de los instrumentos de medición, según las exigencias metroológicas específicas de cada área de aplicación de la protección radiológica.

Por ello, los requerimientos de **trazabilidad metroológica a patrones** bien establecidos han sido siempre especialmente demandados y todos los países desarrollados han incorporado a sus respectivos institutos metroológicos nacionales un **sistema de patrones nacionales para radiaciones ionizantes** que intenta cubrir las necesidades de calibración relativas tanto a la emisión radiactiva de los diferentes radionucleidos como a su interacción con los medios materiales en su aspecto dosimétrico, como pilares físicos sobre los que

se sustenta la aplicación de los principios de la protección radiológica en las diversas áreas.

#### LOS PATRONES NACIONALES PARA RADIACIONES IONIZANTES: LMRI-CIEMAT

En España, las referencias metroológicas en el área de las radiaciones ionizantes están definidas mediante el Real Decreto 533/1996 [12] por el que el Centro Español de Metrología (CEM), declara al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT (LMRI-CIEMAT) depositario de los Patrones Nacionales de las magnitudes Actividad, Exposición, Kerma y Dosis Absorbida y, al mismo tiempo, Laboratorio Asociado al CEM para las radiaciones ionizantes.

En consecuencia, **el LMRI-CIEMAT es responsable, en nombre del Estado, de establecer, conservar y difundir los Patrones Nacionales para radiactividad y magnitudes dosimétricas**, asumiendo la representación internacional de España en este área frente a los institutos metroológicos nacionales de otros países y al Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). En particular, dichos Patrones fueron establecidos en la Orden de 11 de abril de 1996, del M<sup>o</sup> de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente [13].

Para cumplir sus objetivos, el LMRI-CIEMAT dispone de dos instalaciones radiactivas, la IR13 "Laboratorios de Metrología de Radionucleidos", y la IR14 "Laboratorios de Patrones Dosimétricos", donde mantiene los patrones y presta servicios de calibración en las respectivas áreas. En la Figura 1 se ofrece una perspectiva general

**International Commission on Radiological Protection (ICRP, which with other name was founded in 1928) has to be highlighted, whose recommendations, based in the scientific analysis of the biological effects of ionising radiations, have constituted the basic principles to establish the radiological protection systems that have guided the regulatory policies in the international community.**

*Thus, the ICRP Publication 26 [1] defined in 1977 the basic principles of a radiological protection system: justification, optimisation and dose limitation, subsequently confirmed and strengthened in 1991 in ICRP Publication 60 [2], and which have been incorporated in the Directive 96/29/EURATOM of May 13<sup>th</sup> 1996[3].*

*All these requirements have been transposed into the Spanish Legislation through several regulations [4-11], which are described in another paper of this journal (Legal Framework of Radiological Protection In Spain).*

*All these regulations have in common the requirement for periodical calibration and verification of the correct operation of the measurement instruments, according to the metrological requirements specific to each area of application within radiological protection.*

*Therefore, the requirements of metrological traceability to well established standards have always been specially demanded and all the developed countries have incorporated into their respective national metrology institutes a system of national standards for ionising radiations, which tries to cover the calibration necessities related both to the radioactive emission of the different radionuclides, and to their interactions with matter in its dosimetric aspect, as physical basis on which the application of the radiological protection principles in the different areas is sustained.*

#### THE NATIONAL STANDARDS FOR IONISING RADIATIONS: LMRI-CIEMAT.

*In Spain, the metrological references in the area of ionising radiations are defined through the Royal Decree 533/1996 [12] in which the Spanish Centre of Metrology (CEM) declares the Ionising Radiation Metrology Laboratory of the CIEMAT (LMRI-CIEMAT) the legal trustee of the National Standards of the quantities Activity, Exposure, Kerma and Absorbed Dose and, at the same time, Associated Laboratory to the CEM for ionising radiations.*

*As a consequence, the LMRI-CIEMAT is responsible, on behalf of the State, for the establishment, conservation and dissemination of the National Standards for radioactivity and dosimetric quantities, assuming the international representation of Spain in this field before the national metrology*

institutes of other countries and the international Bureau des Poids et Mésures (BIPM). In particular, such standards were established in the Ministerial Act of April 11<sup>th</sup> 1996, Ministry for Public Works, Transports and Environment [13].

To fulfil its objectives, the LMRI-CIEMAT operates two radioactive facilities, the IR13 "Radionuclide Metrology Laboratories" and the IR14 "Dosimetric Standards Laboratories" where the standards are maintained and which render calibration services in their respective fields. A general view of some of their facilities and services is shown in Figure 1.

The facility IR13 holds the reference instruments, primary (absolute) or secondary, that constitute the practical realization of the **National Standard of Activity for  $\alpha$ -,  $\beta$ - or  $\gamma$ - emitting radionuclides**:

- Two, primary,  $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma(\text{NaI})$  coincidence counters (atmospheric and pressurized), for  $\beta$ - $\gamma$  emitters,
- An ionisation chamber with grid and a low-geometry chamber, for  $\alpha$  emitters (both of them primary),
- Two liquid scintillation counters for  $\beta$ -,  $\beta^+$  emitters and electron-capture radionuclides.

Besides, other secondary instruments are also used: proportional counters,  $\alpha$ - and  $\beta$ -spectrometry systems with semiconductor detectors and well-type ionisation chambers, traced to the formers. The uncertainty reached depends on the reference instrument and on the radionuclide used, but in optimal situations it is around 0.1 % ( $k=1$ ) and, in most cases, lower than 1%, which represents a level equivalent to, or even better than, that of the other metrology laboratories of the developed countries in our environment.

The facility IR14 has four laboratories that hold the **National Standards for dosimetric quantities of**:

- $\gamma$  radiation at protection levels ( $^{37}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$ ),
- $\gamma$  radiation at therapy levels ( $^{60}\text{Co}$ ),
- X rays (21 qualities ISO4037, wide and narrow spectrum, from 10 to 300 kV,
- $\beta$  radiation at protection levels ( $^{90}\text{Sr}$  y  $^{147}\text{Pm}$  y  $^{204}\text{Tl}$ ).

The reference instruments are constituted by one primary chamber for X rays up to 50 kV, 3 Shonka-type ionisation chambers, two NE2551 and NE2575C ionisation chambers and a set of reference beta sources. The optimum uncertainty that can be reached is around 0.5% ( $k=1$ ) and in most cases is lower than 2%.



Figura 1. Perspectiva de instalaciones y actividades del LMRI-CIEMAT.  
Figure 1. View of facilities and activities of the LMRI-CIEMAT.

de algunas de sus instalaciones y servicios.

La instalación IR13 alberga los instrumentos de referencia, primarios (absolutos) o secundarios, que constituyen la realización práctica del **Patrón Nacional de Actividad de radionuclidos emisores  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$** :

- dos contadores primarios (atmosférico y presurizado), de coincidencias  $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma(\text{NaI})$ , para emisores  $\beta$ - $\gamma$ ,
- una cámara de ionización con rejilla y una cámara de baja geometría, para emisores  $\alpha$  (ambas primarias),

- dos espectrómetros de centelleo líquido para emisores  $\beta^-$ ,  $\beta^+$  y de captura electrónica.

Además, se utilizan también otros de carácter secundario: contadores proporcionales, sistemas de espectrometría alfa y gamma con detectores de semiconductor y cámaras de ionización de pozo, trazados a los anteriores. La incertidumbre alcanzable depende del instrumento de referencia y del radionuclido en cuestión, pero en casos óptimos es del orden del 0,1% ( $k=1$ ) y, en la mayoría de los casos, inferior al 1%, lo que representa un nivel equivalente a,



cuando no mejor que, el de otros laboratorios metrológicos de los países desarrollados de nuestro entorno.

La instalación IR14 consta de cuatro laboratorios que albergan los **Patrones Nacionales para magnitudes dosimétricas de:**

- radiación  $\gamma$  en niveles de protección ( $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$ ),
- radiación  $\gamma$  en niveles de terapia ( $^{60}\text{Co}$ ),
- rayos X (21 calidades ISO4037, espectro ancho y estrecho, de 10 a 300 kV),
- radiación  $\beta$  en niveles de protección ( $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{147}\text{Pm}$  y  $^{204}\text{Tl}$ ).

Los instrumentos de referencia están constituidos por una cámara primaria para rayos X hasta 50 kV, 3 cámaras de ionización de tipo Shonka, cámaras de ionización NE2551 y NE2575C y un conjunto de fuentes beta de referencia. La incertidumbre óptima alcanzable es del orden del 0,5% ( $k=1$ ) y en la mayoría de los casos es inferior al 2%.

El LMRI-CIEMAT ofrece actualmente diversos tipos de **servicios de calibración**, emitiendo anualmente más de 400 certificados de calibración con trazabilidad expresa al correspondiente patrón nacional para:

- monitores de radiación portátiles o de área,
- alarmas de nivel de radiación,
- monitores de contaminación superficial,
- patrones de referencia de radiación gamma o X (niveles de protección y ambientales),
- patrones de referencia de radiación gamma (radioterapia),
- asignación de dosis a dosímetros pasivos (rayos X,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$ ),
- fuentes radiactivas de referen-

cia de emisores  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ , sólidas o líquidas, en diversas geometrías y soportes,

- ensayos para aprobación de tipo de instrumentos generadores de radiaciones ionizantes para inspección de bultos o detección de explosivos.

Además, de forma inminente, el LMRI-CIEMAT iniciará la certificación de programas de trazabilidad de aquellos laboratorios secundarios que lo deseen, y particularmente en el área de Medicina Nuclear, para cubrir la extensa red de aproximadamente 140 servicios hospitalarios que requieren calibrar sus activímetros.

**Como Laboratorio de Patrones Nacionales** para radiaciones ionizantes, el LMRI-CIEMAT proporciona trazabilidad **en España** a una red de 80 hospitales, más de 100 empresas, 20 universidades y varias entidades de la Administración y, además, participa en comités y grupos de Trabajo de diversos organismos (CEM, ENAC, CSN, AENOR, ...) y sociedades científicas nacionales (SEFM, SEPR, SEMN, SERFA, ...).

En el **contexto metrológico internacional**, el LMRI-CIEMAT está sujeto al denominado **Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de los Patrones Nacionales y Certificados de Calibración** (MRA) [14] firmado en 1999 por los Laboratorios de Patrones Nacionales de la mayoría de países representados en el Comité Internacional de Pesas y Medidas. Según exige el MRA, el LMRI-CIEMAT ha implantado un Sistema de Calidad conforme a la norma ISO 17025:1999 [15], que ha sido aprobado por el Comité QS-FORUM de EURO-MET en 2003, y participa regularmente en las Comparaciones Clave organizadas por el BIPM o

The LMRI-CIEMAT currently offers several types of calibration services, annually issuing more than 400 calibration certificates, with explicit traceability to the corresponding national standard, for:

- Radiation monitors, portable or for area survey,
- Radiation level alarms,
- Surface contamination monitors,
- Reference standards for gamma- or X-radiation (protection and environmental levels),
- Reference standards for gamma radiation (radiotherapy),
- Dose assignment to passive dosimeters (X rays,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$ ),
- X-ray peak voltage/quality equipment in radiodiagnostic.
- Reference radioactive sources of  $\alpha$ -,  $\beta$ - or  $\gamma$ -emitters, solid or liquid, in several geometries and supports,
- Type approval testing of instruments producing ionising radiations for baggage inspection or explosive detection.

Besides, beginning soon, the LMRI-CIEMAT will start the certification of traceability programmes of those secondary laboratories interested, and in particular in the field of nuclear medicine, to cover the wide hospital network with approximately 140 services that need to calibrate their activimeters.

As National Standards Laboratory for ionising radiations, the LMRI-CIEMAT gives traceability in Spain to 80 hospitals, more than 100 enterprises, 20 universities and several Government Agencies and, besides, collaborate in committees and working groups of several organisations and National Scientific Societies.

In the international metrological context, the LMRI-CIEMAT is subject to the arrangement **"Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes"** (MRA), signed in 1999 by the National Standards Laboratories of most of the countries represented in the "Comité International des Poids et Mesures" (CIPM). As the MRA required, the LMRI-CIEMAT has implemented a Quality System compliant with the ISO Standard 17025:1999, which was approved by the QS-FORUM Committee of EURO-MET in 2003, and regularly participates in the Key Comparisons organised by the BIPM or EURO-MET, to establish the level of equivalence between the national standards of each country. Therefore, as the MRA foreseen, as of January 2004 the certifications of LMRI-CIEMAT have the international recognition of the other national standards laboratories, European and non European, that have also reached this qualification.

## CALIBRATION AND TESTING LABORATORIES IN SPAIN

### Laboratories for $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ radiations.

Apart from the LMRI-CIEMAT, there are in Spain several other laboratories that also offer calibration services in the ionising radiation field:

- The Dosimetry and Calibration Laboratory-INTE (Polytechnic University, Barcelona), accredited by ENAC for calibration of monitors/dosimeters for  $\gamma$ ,  $\beta$  and X-ray radiations, contamination monitors and X-ray peak voltage/quality equipment in radiodiagnostic,

- The Ionising Radiation Metrology Laboratory-Dosimetry National Centre (CND) (Health and Consumers Ministry) accredited by ENAC, for calibration of X-rays monitors,

- Several nuclear power stations, two public bodies and some commercial companies, also have calibration laboratories (with restricted scope) for radioprotection monitors, for their own use or for third parties, without accreditation, and using secondary standards traced either to LMRI-CIEMAT or to foreign laboratories.

With regard to testing and measurements, there also exist several laboratories, with standards of different traceability, depending on the origin of the instrument or reference material used:

- Radioactivity Analysis Laboratory and Thermoluminescent Dosimetry Laboratory-INTE (Polytechnic University, Barcelona), accredited by ENAC,

- Low-Level Activity Measurements Laboratory-Nuclear Engineering and Fluid Mechanics Department (Basque Country University), accredited by ENAC,

- Environmental Isotopes Laboratory-CIEMAT, accredited by ENAC.

It should be mentioned here also the approximately 24 Personal Dosimetry Services and 8 Environmental Dosimetry Services, authorised and inspected by the Nuclear Safety Council (CSN), that usually are traced to the LMRI-CIEMAT or to other calibration laboratory previously mentioned. Every 5 years, the CSN organises inter-laboratory exercises through blind samples, considering as reference the irradiations made in the LMRI-CIEMAT and in the INTE on TLD dosimeters distributed to the participants.

Besides, to check the environmental radiological quality in the national territory, the CSN has established several networks: in the surroundings of nuclear power stations, with the corresponding "Environment Radiological Monitoring Programmes" (PVRAs), a nation-wide radiological vigilance network with 25 automatic stations (REA),

EUROMET para establecer el grado de equivalencia entre los patrones nacionales de cada país. Por consiguiente, según establece en el MRA, **desde Enero de 2004**, las **certificaciones del LMRI-CIEMAT tienen el reconocimiento internacional** de los restantes laboratorios de patrones nacionales, europeos y no europeos, que hayan también alcanzado esta cualificación.

## LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y DE ENSAYO EN ESPAÑA

### Laboratorios para radiación $\alpha$ , $\beta$ , X y $\gamma$ .

Aparte del LMRI-CIEMAT, existen en España otros laboratorios que también ofrecen servicios de **calibración** en el área de las radiaciones ionizantes:

- El Laboratorio de Dosimetría y Calibración-INTE (Universidad Politécnica de Cataluña), acreditado por ENAC, para calibración de monitores/dosímetros de radiación gamma,  $\beta$ , rayos X, monitores de contaminación y medidores de tensión de pico y calidad en radiodiagnóstico,

- El Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes-Centro Nacional de Dosimetría (CND) (Ministerio de Sanidad y Consumo), acreditado por ENAC, para calibración de monitores de rayos X,

- Varias centrales nucleares, dos entidades públicas y algunas firmas comerciales, también disponen de laboratorios de calibración (con alcance restringido) de medidores de radioprotección, para uso propio o de terceros, sin acreditación y utilizando patrones secundarios trazados al LMRI-CIEMAT o a laboratorios extranjeros.

En el apartado de los **ensayos o mediciones**, existen también varios laboratorios, con patrones de diversa trazabilidad, según el origen del instrumento o material de referencia utilizado:

- Laboratorio de Análisis de Radiactividad y Laboratorio de Dosimetría Termoluminiscente-INTE (Universidad Politécnica de Cataluña), acreditado por ENAC,

- Laboratorio de Medidas de Baja Actividad (LMBA)-Depto. de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos (Universidad del País Vasco), acreditado por ENAC,

- Laboratorio de Isótopos Ambientales-CIEMAT, acreditado por ENAC.

Hay que mencionar también aquí a los aproximadamente 24 **Servicios de Dosimetría Personal** y 8 **Servicios de Dosimetría Ambiental**, autorizados e inspeccionados por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), que se trazan habitualmente al LMRI-CIEMAT o a alguno de los otros laboratorios de calibración mencionados. Aproximadamente cada 5 años, el CSN realiza ejercicios interlaboratorios mediante pruebas ciegas, tomando como referencia las irradiaciones efectuadas por el LMRI-CIEMAT y el INTE sobre dosímetros TLD distribuidos a los participantes.

Asimismo, para vigilar la calidad radiológica ambiental en todo el territorio nacional, el CSN ha establecido **diversas redes**: en el entorno de instalaciones nucleares, con los correspondientes Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (**PVRAs**), una red de vigilancia radiológica de ámbito nacional con 25 estaciones automáticas (REA), complementada con la red de 900 estaciones de la Red de Alerta de Radiactividad (**RAR**) de la

Dirección General de Protección Civil, y la Red de Estaciones de Muestreo (**REM**) integrada por 21 laboratorios mayoritariamente pertenecientes a Universidades de todo el país. Estos laboratorios utilizan patrones trazables al LMRI-CIEMAT o a otros laboratorios nacionales o extranjeros, según los casos. Periódicamente, el CSN organiza ejercicios interlaboratorios mediante caracterización de muestras ciegas, y para los que el LMRI suministra las muestras de referencia certificadas al Laboratorio de Radiactividad Ambiental del CIEMAT, coordinador de estos ejercicios.

### Laboratorios neutrónicos

Si bien no existe en España un laboratorio de calibración neutrónica propiamente dicho, hay que mencionar al menos 2 laboratorios que cuentan ya con una bien probada experiencia en medidas espectrométricas y dosimétricas:

- Grupo de Física de las Radiaciones. Departamento de Física. Universidad Autónoma de Barcelona (GFR-UAB),
- Laboratorio de Medidas Neutrónicas. Departamento de Ingeniería Nuclear. Universidad Politécnica de Madrid (LMN-UPM).

En el caso del GFR-UAB, su experiencia se remonta a 1985, con estudios experimentales de radiación cósmica, integrándose en 1990 a la colaboración EURADOS/CENDOS, para dosimetría personal de neutrones con detectores de trazas y participando en dos comparaciones internacionales, en 1990 y 1992, que permitieron mejorar el diseño del detector hasta lograr una aceptable respuesta en energía en un amplio margen de energías y un

límite de detección de 60  $\mu\text{Sv}$  en el rango de energías entre 144 keV y 15 MeV y ángulos de incidencia comprendidos entre 0° y 60°.

Con el fin de estimar adecuadamente las dosis equivalentes recibidas por el personal que trabaja en instalaciones nucleares, el GFR-UAB ha implantado, en colaboración con el IRSN (Cadarache), un espectrómetro de esferas Bonner y los programas necesarios para determinar los espectros neutrónicos existentes en algunos puntos de interés del recinto de contención de la Central Nuclear de Vandellós II (Figura 2), desarrollando el código de deconvolución propio MITOM. Como resultado, se dispone de un sistema de espectrometría neutrónica de carácter secundario, trazado al IRSN, con incertidumbres en la fluencia neutrónica total y dosis equivalente del orden del 4% y 5%, respectivamente [16,17].

En la actualidad, se ejecuta un proyecto del plan Nacional I+D con el objetivo de caracterizar los espectros neutrónicos en aceleradores lineales de electrones (LINAC's), partiendo del espectrómetro Bonner y sustituyendo el detector de  $^3\text{He}$  por diferentes detectores pasivos con el fin de obtener un espectrómetro adaptado a las características particulares del intenso campo gamma presente.

Por su parte, el LMN-UPM ha acondicionado en los últimos años una amplia sala de irradiación neutrónica, con dos fuentes de  $^{241}\text{Am-Be}$  de 77 y 111 GBq, una cuba cilíndrica de agua para irradiaciones con neutrones termalizados, un sistema de esferas de Bonner con un pequeño detector de centelleo de  $^6\text{LiI(Eu)}$ , y una bancada de precisión para poder efectuar irradiaciones en aire de monitores de área y dosímetros neutrónicos [18], mediante un

complemented with the network of 900 stations of the "Radioactivity Alert Network" (RAR) of the Civil Protection Agency and the "Sampling Stations Network" REM) consisting of 21 laboratories mainly from Spanish Universities. These laboratories use standards with different traceability, to the LMRI-CIEMAT or to other national or foreign laboratories, depending on each particular case. Periodically, the CSN organises inter-laboratory exercises using blind samples, and the LMRI-CIEMAT supplies the certified reference sources to the exercise coordinator namely the Environmental Radioactivity Laboratory of the CIEMAT.

### Neutronic laboratories

Although in Spain there is not a true neutronic calibration laboratory, there are at least two laboratories which nowadays have a well proved experience in spectrometric and dosimetric measurements:

- Radiation Physics Group. Physics Department of the Autonomous University of Barcelona (GFR-UAB),
- Neutronic Measurements Laboratory. Nuclear Engineering Department. Polytechnic University of Madrid (LMN-UPM).

The GFR-UAB started working in the field in 1985, performing experimental studies of cosmic radiation, joining later in 1990 the collaboration EURADOS/CENDOS, for neutron personal dosimetry using track detectors and participating in two international comparisons, in 1990 and 1992, that allowed to improve the detector design to reach a reasonable response for a wide range of energies and a detection limit of 60  $\mu\text{Sv}$  in the range of energies between 144 keV and 15 MeV with incidence angles between 0° and 60°.

With the aim of improving the estimation of the equivalent doses received by personnel working in nuclear facilities, the GFR-UAB has implemented, in collaboration with the IRSN (Cadarache), a Bonner spheres spectrometer and the programmes necessary to determine the neutron spectra at some points of interest of the contention enclosure in the nuclear power station Vandellós II (Figure 2), developing the deconvolution code MITOM. As a result, a neutron spectrometry system is available, traced to the IRSN, with uncertainties in the total neutron fluence and equivalent dose of around 4% and 5%, respectively [16,17].

Nowadays, a new project supported by the National R+D Programme is ongoing in order to characterise the neutron spectra in electron linear accelerators (LINAC's), using the Bonner sphere system and substituting the detector of  $^3\text{He}$  by different passive detectors, with the aim of getting a spectrometer adapted to the particular characteristics of the intense gamma fields present.



Regarding the LMN-UPM, it has set up in the last years a wide room for neutron irradiation, with two  $^{241}\text{Am-Be}$  sources of 77 and 111 GBq, a cylindrical water tub for thermal neutrons irradiations, a Bonner spheres system with an small scintillation detector of  $^6\text{LiI(Eu)}$ , and a precision bench to make irradiations in air of area monitors and neutron dosimeters [18], using a pneumatic device for storage, transport and positioning of the source in use. The sources, with maximal fluence rate of  $6,62 \times 10^6 \text{ n.s}^{-1}$ , are calibrated by the manufacturer, but according to ISO Standard 8529-1:2001 [19], it must be periodically calibrated, with a high cost.

Through detailed Monte Carlo studies using the code MCNP-4C, the neutron field of the laboratory with the source of  $^{241}\text{Am-Be}$  in irradiation position has been characterised, evaluating the fluence of disperse neutrons and the anisotropy effect, and comparing the results with those obtained with the Bonner sphere system, using the code BUNKIUT for deconvolution purposes. It has also been compared the environmental equivalent dose obtained by calculations using MCNP-4C, with the values obtained in the spectrometric measurements and with a direct measurement using the Berthold LB6411 dosimeter, and cooperative work has been developed with the CIEMAT Programme "Radiation Dosimetry".

The results indicate that the discrepancies between mathematical calculations and experimental measurements are lower than 8%, that the contribution of the radiation dispersed by the walls to the environmental equivalent dose is lower than 20% of the total dose, and that the uncertainty in  $H^*(10)$  due to anisotropy is around 4.4%.

Although the results are satisfactory for both laboratories, the chain of traceability will improve in precision, simplicity and costs reduction, if a neutron metrology laboratory were implemented in Spain, with capability to standardise isotopic sources and to give support to both laboratories and to other users.

## CONCLUSIONS

Applying the basic principles of radiological protection, and in particular the optimisation, requires a system of metrologic references internationally traced and to which be traced at the national level through a well defined calibration chain. Although the necessities at the protection level are reasonably well covered for  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  radiation, the lack of a neutron metrology laboratory is detected, which should have neutron capabilities to give metrological support to the two laboratories that currently perform neutron irradiations and estimations of neutron doses, and to other users.

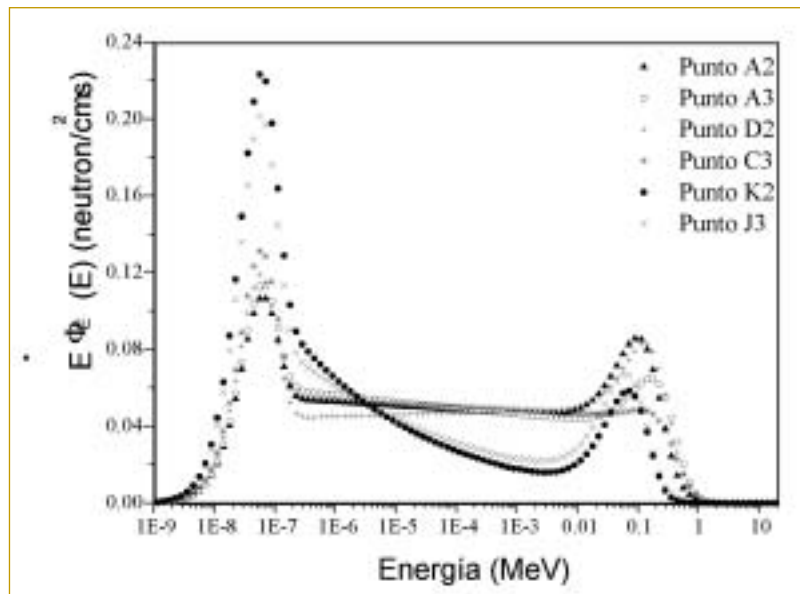


Figura 2. Espectros neutrónicos por espectrometría Bonner en Vandellós II.  
Figure 2. Neutron spectra from Bonner spectrometry in Vandellós II.

dispositivo neumático de almacenamiento, transporte y posicionamiento de la fuente en uso. Las fuentes, con tasa de fluencia  $6,62 \times 10^6 \text{ n.s}^{-1}$ , están calibradas en origen por el fabricante pero, según la norma ISO 8529-1:2001 [19], necesitan ser recalibradas periódicamente, con un elevado coste.

Mediante estudios Monte Carlo detallados con el código MCNP-4C, se ha caracterizado el campo neutrónico del laboratorio con la fuente de  $^{241}\text{Am-Be}$  en posición de irradiación, así como el efecto de anisotropía, y se ha evaluado la fluencia de los neutrones dispersos y comparado los resultados con los obtenidos mediante el espectrómetro Bonner, empleando el código BUNKIUT para deconvolucionar las medidas. También se ha comparado la asignación de dosis equivalente ambiental obtenida mediante cálculo con MCNP-4C, con la obtenida de las medidas espectrométricas, y con la medida directamente con el dosímetro Berthold LB6411 y se ha colaborado con el Programa de Dosi-

metría de Radiaciones del CIEMAT en estudios conjuntos sobre dosimetría neutrónica.

Los resultados indican que las desviaciones entre cálculos y medidas experimentales resultan siempre inferiores al 8%, que la contribución de la radiación dispersa por las paredes a la dosis equivalente ambiental es inferior al 20% del total y que la incertidumbre en  $H^*(10)$  debido a la anisotropía de la fuente es del orden del 4,4%.

Aunque los resultados son satisfactorios para ambos laboratorios, la cadena de trazabilidad ganaría en precisión, simplicidad y reducción de costes si se implantase en España un laboratorio de metrología neutrónica, capaz de calibrar fuentes isotópicas e instrumentos de transferencia para dar soporte a los dos laboratorios y otros usuarios existentes.

## CONCLUSIONES

La aplicación de los principios básicos de la Protección Radiológica, y particularmente el de

optimización, requiere de un sistema de referencias metrológicas trazable internacionalmente y al cual trazarse al nivel nacional a través de una cadena de calibración bien definida. Si bien las necesidades en niveles de protección están razonablemente bien cubiertas para radiación  $\alpha$ ,  $\beta$ , X y  $\gamma$ , se acusa la carencia de un laboratorio de referencia neutrónica que debería dar soporte metrológico a los dos laboratorios con capacidad de efectuar irradiaciones o determinaciones de dosis neutrónica que ya operan en el país, así como a otros usuarios.

## REFERENCIAS

[1] ICRP 26\*. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted 1977). *Annals of the ICRP*, Vol.1, No.3 (1977).

[2] ICRP 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiation Protection (adopted 1990) *Annals of the ICRP*, Vol.21, No.1-3 (1991).

[3] Directiva 96/29/EURATOM del consejo, de 13 de mayo de 1996, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. DOCE 159/L, de 29-06-96.

[4] Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. Publicado en el BOE (26/07/2001).

[5] Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Publicado en el BOE (31/12/1999).

[6] Real Decreto 1132/90 de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos (BOE 18/09/1990).

[7] Real Decreto 413/1997 de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones io-

nizantes por intervención en zona controlada (BOE 16/04/1997).

[8] Real Decreto 815/2000 de 13 de julio sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas (BOE 14/07/2001).

[9] Real Decreto 1841/1997 de 5 de diciembre, por el que se establecen los Criterios de Calidad en Medicina Nuclear (BOE 19/12/1997).

[10] Real Decreto 1566/1998 de 17 de julio, por el que se establecen los Criterios de Calidad en Radioterapia (BOE 28/08/1998).

[11] Real Decreto 1976/1999 de 23 de diciembre, por el que se establecen los Criterios de Calidad en Radiodiagnóstico (BOE 29/12/1999).

[12] Real Decreto 533/1996 de 15 de marzo, por el que se declara al LMRI-CIEMAT laboratorio depositario de los patrones nacionales de actividad, exposición, kerma y dosis absorbida (BOE 29/03/1996).

[13] Orden de 11 de Abril de 1996 del M<sup>o</sup> de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, por la que se declaran los patrones nacionales de las unidades de actividad, exposición, kerma y dosis absorbida (BOE 24/04/1996).

[14] CIPM, Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. Comité International des Poids et Mesures. BIPM, Sevres (1999).

[15] ISO Standard 17025: 1999. General Requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

[16] Fernández F., Espectrometría de neutrones aplicada a la dosimetría. *Radioprotección*, 34 (2002)37.

[17] Muller H., Fernández F., Van Ryckeghem L., Alexandre P., Bouassoule, T., Pochat J.-L. and Tomas M.. Monte Carlo calculations and experimental results of Boner spheres systems with a new cylindrical helium-3 proportional counter. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A476, (2002)411.

[18] Gallego E, Lorente A. y Martín-Fuertes F., Calibración de monitores de área y dosímetros de neutrones, *Radioprotección*, 34 (2002)45.

[19] ISO Standard 8529-Part 1:2001. Reference neutron radiations. Characteristics and methods of production.

## REFERENCES

[1] ICRP 26\*. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted 1977). *Annals of the ICRP*, Vol.1, No.3 (1977).

[2] ICRP 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiation Protection (adopted 1990) *Annals of the ICRP*, Vol.21, No.1-3 (1991).

[3] Consejo DIRECTIVE 96/29/EURATOM, dated May 13, 1996, establishing the basic rules regarding health protection of workers and the population against the risks resulting from ionizing radiation (D.O.C.E. Series L no. 159, dated 29/06/1996).

[4] Royal Decree 783/2001 dated July 6, on health protection against ionizing radiation (BOE 27284-27393; 2001).

[5] Royal Decree 1836/1999; on Nuclear and Radioactive Facilities (BOE 46463-46481; 1999).

[6] Royal Decree 1132/90 dated September 14, by which the basic actions of radiological protection for persons undergoing medical exams and treatments are established (BOE 18/09/1990).

[7] Royal Decree 413/1997 dated March 21, regarding operational protection of outside workers at risk of exposure to ionizing radiation by working in controlled zones (BOE 11957-11959; 1997).

[8] Royal Decree 815/2001 dated July 13, on justification of the use of ionizing radiation for radiological protection of people on occasion of medical exposures (BOE 13626-13631; 2001).

[9] Royal Decree 1841/1997, dated December 5, by which the Quality Criteria for Nuclear Medicine are established (BOE 19/12/1997).

[10] Royal Decree 1566/1998, dated July 17, by which the Quality Criteria for Radiotherapy are established (BOE 28/08/1998).

[11] Royal Decree 1976/1999, dated December 23, by which the Quality Criteria for Radiodiagnosis are established (BOE 29/12/1999).

[12] Royal Decree 533/1996, dated March 15, by which the LMRI-CIEMAT is declared the legal trustee of the National Standards of the magnitudes Activity, Exposure, Kerma and Absorbed Dose (BOE 29/03/1996).

[13] Ministerial Act of April 11<sup>th</sup> 1996, of the Ministry for Public Works, Transport and Environment by which the National Standards of Activity, Exposure, Kerma and Absorbed Dose are established (BOE 24/04/1996).

[14] CIPM, Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. Comité International des Poids et Mesures. BIPM, Sevres (1999).

[15] ISO Standard 17025:1999. General Requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

[16] Fernández F., Neutronic spectrometry applied to dosimetry. *Radioprotección*, 34 (2002) 37.

[17] Muller H., Fernández F., Van Ryckeghem L., Alexandre P., Bouassoule, T., Pochat J.-L. and Tomas M.. Monte Carlo calculations and experimental results of Boner spheres systems with a new cylindrical helium-3 proportional counter. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A476, (2002)411.

[18] Gallego E, Lorente A. y Martín-Fuertes F., Calibration of area monitors and neutronic dosimeters. *Radioprotección*, 34 (2002)45.

[19] ISO Standard 8529-Part 1:2001. Reference neutron radiations. Characteristics and methods of production.

# LA DOSIMETRÍA EN ESPAÑA

## DOSIMETRY IN SPAIN

**Paloma Marchena.** Jefe del servicio de dosimetría personal de TECNATOM. / *Head of TECNATOM's personnel dosimetry service.*

**Ignacio Amor.** Coordinador técnico de protección radiológica de los trabajadores de CSN. / *CSN technical coordinator of radiological worker protection.*

**Emilio Casal.** Jefe del servicio de dosimetría personal del Centro Nacional de Dosimetría. / *Head of the personnel dosimetry service of the Centro Nacional de Dosimetría.*

**Antonio Delgado.** Jefe del programa de dosimetría de radiaciones del CIEMAT. / *Head of CIEMAT's radiation dosimetry program.*

**Xavier Ortega.** Director del Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña. / *Director of the Instituto de Técnicas Energéticas of the Polytechnic University of Catalonia.*

**Eduardo Sollet.** Jefe del servicio de protección radiológica de central nuclear de Cofrentes. / *Head of the Cofrentes nuclear power plant radiological protection service.*

It was only a relatively short time ago that mankind acquired an understanding of ionizing radiation and, consequently, of the doses received by exposed workers. However, detection and quantification systems of radiation doses (dosimetry) to exposed workers have experienced a significant technological development, and the metering capability, which is an important indicator when evaluating the radiological protection measures adopted in the country's nuclear and radioactive facilities, is now quite precise.

This article briefly describes the current situation of dosimetry in Spain and the activities carried out in the leading centers in this field.

### LEGAL FRAMEWORK OF DOSIMETRY IN SPAIN

Spanish regulations in matters of radiological protection specify that dosimetry of exposed workers should be done by entities that are expressly authorized and supervised by the Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

In order to define the technical and administrative framework associated with this regulatory activity, in 1985 the CSN approved a Safety Guideline [1], which is currently in an advanced stage of revision in order to adapt the requirements provided therein to current technical criteria in this field, and also to include new requirements enacted by Royal Decree 783/2001 (which transposes to Spanish legislation the precepts of

*Hace relativamente poco tiempo que el hombre tiene conocimiento de las radiaciones ionizantes y, por lo tanto, de las dosis recibidas por los trabajadores expuestos. Sin embargo, se ha producido un destacable desarrollo tecnológico de los sistemas de detección y cuantificación de las dosis de radiación (Dosimetría) de las personas expuestas, siendo actualmente la capacidad de medida bastante precisa, lo que constituye un importante indicador a la hora de valorar las medidas de protección radiológica adoptadas en las instalaciones nucleares y radiactivas del país.*

*En este artículo, se describe someramente la situación actual de la dosimetría en España y se presentan las actividades realizadas en los centros más destacables en este campo.*

### MARCO LEGAL DE LA DOSIMETRÍA EN ESPAÑA

La reglamentación española en materia de protección radiológica establece que la dosimetría de los trabajadores expuestos debe ser realizada por entidades expresamente autorizadas y supervisadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Con objeto de definir el marco técnico y administrativo asociado a esta actividad reguladora, el CSN aprobó en 1985 una

Guía de Seguridad, [1] que actualmente se encuentra en fase avanzada de revisión con objeto de adaptar los requisitos en ella establecidos a los criterios técnicos actuales en esta materia y, asimismo, para incorporar nuevos requisitos que surgen del Real Decreto 783/2001 (que transpone a la legislación española los preceptos de la Directiva 96/29 de Euratom) y de las Guías de Seguridad elaboradas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en relación con la dosimetría del personal.



En el ámbito de la dosimetría externa, el CSN ha autorizado un total de veinticuatro Servicios de Dosimetría Personal (SDP), todos ellos basados en sistemas de termoluminiscencia (TL), cuyo equipamiento cubre una amplia gama de los sistemas disponibles en el mercado.

En el ámbito de la dosimetría interna, el CSN ha autorizado un total de nueve SDP, todos ellos basados en la medida directa de la radiactividad corporal; uno de ellos cuenta también con autorización para dosimetría mediante técnicas de bioensayo.

Con el objeto de verificar que el funcionamiento de estos servicios es acorde con las condiciones establecidas en su autorización, el CSN realiza inspecciones periódicas a los mismos; como resultado de estas inspecciones se remiten a los servicios de dosimetría las instrucciones complementarias que resulten pertinentes para asegurar la calidad de su funcionamiento.

Adicionalmente, con una periodicidad en torno a los cinco años, el CSN lleva a cabo campañas de intercomparación en las que los SDP autorizados tienen que acreditar la fiabilidad de su funcionamiento procediendo, en el caso de la dosimetría externa, a la determinación de la dosis en una serie de dosímetros "problema" cuyas condiciones de irradiación (dosis y energías) desconocen; y en el caso de la dosimetría interna, a la determinación de la actividad presente en un maniquí antropométrico relleno con una solución de radionucleidos cuyo contenido isotópico y concentración desconocen. Estas campañas proporcionan al CSN una base objetiva para valorar la fiabilidad de cada SDP y para, eventualmente, requerirles las acciones correctoras que resulten pertinentes para mejorar dicha fiabilidad.

El CSN ha instaurado un Banco Dosimétrico Nacional (BDN) que constituye una gran base de datos en la que se archivan todas las dosis registradas por los trabajadores profesionalmente expuestos en España y en el que, a finales de 2003, se almacenaban datos dosimétricos relativos a 219.300 trabajadores y 36.200 instalaciones (con un total de 9.850.000 registros dosimétricos).

Cada uno de esos registros dosimétricos lleva asociada información en relación con el ámbito de trabajo (centrales nucleares, medicina, industria, etc.), el tipo de instalación (radiodiagnóstico, radioterapia, etc.) y el tipo de trabajo (médico, supervisor, operador, etc.). Este planteamiento hace que el BDN constituya una valiosa herramienta desde el punto de vista regulador, ya que permite realizar análisis sectoriales sobre tendencias de exposición, y por tanto, identificar aquellos sectores e instalaciones con mayor carga radiológica, que serán los prioritarios a la hora de requerir actuaciones con vistas al cumplimiento del principio ALARA. En la tabla I se presentan parte de los resultados del estudio sectorial realizado por el CSN en relación con las dosis ocupacionales en las instalaciones nucleares y radiactivas españolas en 2002.

#### EL PROGRAMA DE DOSIMETRÍA DE RADIACIONES DEL CIEMAT

Las actividades en dosimetría de radiaciones en España comenzaron en la extinta Junta de Energía Nuclear (JEN) a mediados de la década de los cincuenta, con actividades bien identificables en dosimetría personal de la radiación externa, a las que pronto siguieron también actividades

*Euratom Directive 96/29) and by the Safety Guidelines drawn up by the International Atomic Energy Agency in relation to personnel dosimetry.*

*In the area of external dosimetry, the CSN has authorized a total of twenty-four Personnel Dosimetry Services (SDP), all of them based on thermoluminescence (TL) systems and equipped with a wide range of systems available on the market.*

*In the field of internal dosimetry, the CSN has authorized a total of nine SDP, all of them based on direct metering of body radioactivity; one of them also has a permit for bio-testing technique-based dosimetry.*

*In order to verify that these services operate in accordance with the conditions provided in their permits, the CSN conducts periodic inspections of these centers. As a result of these inspections, pertinent complementary instructions are issued to the dosimetry services to assure the quality of operation.*

*In addition, on a more or less five-yearly basis, the CSN undertakes intercomparison campaigns in which the licensed SDP must prove the reliability of their operations. In the case of external dosimetry, they determine the dose in a series of "problem" dosimeters with unknown irradiation conditions (doses and energies) and, in the case of internal dosimetry, the activity present in an anthropometric dummy filled with a solution of radionuclides with an unknown isotopic content and concentration. These campaigns provide the CSN with an objective basis on which to assess the reliability of each SDP and, eventually, to require any pertinent corrective actions to improve this reliability.*

*The CSN has set up a National Dosimetric Bank (BDN), which is a large database in which all doses recorded for professionally exposed workers in Spain are filed. In late 2003, it stored dosimetric data on 219,300 workers and 36,200 installations (with a total of 9,850,000 dosimetric registers).*

*Each of these dosimetric registers has associated information regarding the work setting (nuclear power plant, medicine, industry, etc.), the type of facility (radiodiagnostic, radiotherapy, etc.) and the type of job (doctor, supervisor, operator, etc.). Thanks to this approach, the BDN is a valuable tool from a regulatory perspective, as it can be used to perform sectorial analyses on exposure trends and thus identify those sectors and facilities with the highest radiological load, which will then take precedence when requiring actions aimed at fulfilling the ALARA principle. Table I shows some of the results of the sectorial study carried out by the CSN in relation to occupational doses in*

**Tabla I / Table I**  
**Número de trabajadores expuestos y dosis colectivas e individuales en las instalaciones nucleares y radiactivas españolas en 2002.**

*Number of exposed workers and collective and individual doses in Spanish nuclear and radioactive facilities in 2002.*

	Número de trabajadores expuestos <i>Number of exposed workers</i>	Dosis colectiva (mSv.p) <i>Collective dose (mSv.p)</i>	Dosis individual media (mSv) <sup>1</sup> <i>Average individual dose (mSv)<sup>1</sup></i>
Centrales Nucleares/ <i>Nuclear Power Plants</i>	6.599	6.506	2,00
IIRR médicas/ <i>Medical Rad. Facilities</i>	68.625	32.612	0,82
IIRR industriales/ <i>Industrial Rad. Facilities</i>	5.725	3.517	1,28
Ciclo del combustible/ <i>Fuel cycle</i>	976	96	0,52
Otras/ <i>Others</i>	4.838	938	0,44
TOTAL <sup>(2)</sup>	86.345	43.669	0,91

(1) Sólo se incluyen a los trabajadores con dosis por encima del nivel de registro/*Only workers with doses above the register level are included.*

(2) El número total de trabajadores no coincide con la suma de los trabajadores de cada sector porque hay trabajadores expuestos que desarrollan su actividad laboral en más de un sector/*The total number of workers does not coincide with the sum of workers in each sector because there are exposed workers who work in more than one sector.*

*Spanish nuclear and radioactive facilities in 2002.*

#### THE CIEMAT'S RADIATION DOSIMETRY PROGRAM

Activities in the area of radiation dosimetry in Spain began in the former Junta de Energía Nuclear (JEN) in the mid-1950s with well identified projects in personnel external radiation dosimetry, which were soon followed by activities in internal dosimetry carried out by the then Radiotoxicity Laboratory. These were pioneering activities in the field of dosimetry that have continued uninterruptedly to the present in spite of different organizational and functional changes, including conversion of the JEN into the current CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas). This institution's radiation dosimetry activities have thus become a tradition in the field of Radiological Protection and have contributed very significantly to the current level of development of this discipline in our country.

The CIEMAT's current ionizing radiation dosimetry program includes activities in the external radiation dosimetry and internal dosimetry sectors, and these include both research and services developed on a national and international scale [2]. Some of them, most notably in internal dosimetry, are carried out in support of the Spanish regulatory body. Of note also is the ongoing presence in the European Union's successive Framework Programs and very active participation in international panels of experts, especially in the case of EURADOS, in the editorial committees

en dosimetría interna llevadas a cabo en el entonces denominado laboratorio de Radiotoxicidad. Se trataba de actividades pioneras en el campo de la dosimetría que no se han interrumpido y que continúan en el presente, independientemente de diversos cambios organizativos y funcionales entre los que cabe destacar la conversión de la JEN en el actual CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Las actividades en dosimetría de radiaciones de esta institución constituyen pues una tradición en el campo de la Protección Radiológica, habiendo contribuido de modo muy apreciable al actual nivel de desarrollo que esta disciplina tiene en nuestro país.

El actual programa de dosimetría de radiaciones ionizantes del CIEMAT incluye actividades en los sectores de la dosimetría de la radiación externa y de la dosimetría interna, actividades tanto de investigación como de servicios, que se desarrollan a escala nacional e internacional [2]. Algunas de ellas, notablemente en dosimetría interna, se realizan en apoyo del organismo regula-

dor español. A destacar, la continuada presencia en los sucesivos Programas Marco de la Unión Europea y la participación muy activa en grupos internacionales de expertos, notablemente en el caso de EURADOS, en los comités editoriales de las principales revistas científicas del sector o en comités organizadores o científicos de congresos nacionales e internacionales.

El programa de dosimetría incluye tanto servicios como líneas de investigación, resaltando que existe una notable sinergia entre ambos tipos de actividades. De hecho, algunas de las líneas de investigación han surgido de los propios servicios y viceversa, desarrollos llevados a cabo en proyectos de investigación se han incorporado a los servicios mejorando su operatividad y la fiabilidad de sus resultados.

El servicio de dosimetría de radiaciones está compuesto por los servicios de dosimetría externa y de dosimetría interna, cuyas actividades en dosimetría personal están reglamentariamente autorizadas por el organismo regulador. El servicio de externa incluye dos laboratorios: el de dosimetría personal y el de dosimetría ambiental.



Figura 1: Detectores LE Germanio del contador de cuerpo entero del CIEMAT. Los detectores están situados sobre un maniquí de calibración, en el proceso de determinación de la eficiencia de detección para una geometría particular.

Figure 1: Germanium LE detectors of the CIEMAT whole body meter. The detectors are placed on a calibration dummy, in the process of determining the detection efficiency for a specific geometry.

A su vez, el servicio de interna cuenta con otros dos laboratorios: el del contador de radiactividad corporal (CRC) para medidas "in vivo" y el de bioeliminación para medidas "in vitro". (Figura1)

El diseño de los laboratorios de los servicios se ha hecho teniendo en cuenta no solamente las necesidades del CIEMAT, sino también las del sector de dosimetría a escala nacional. De hecho, algunos de estos laboratorios o sus capacidades son únicas en nuestro país y, por tanto, tienen la condición de infraestructura nacional en sus cometidos. A destacar, las actividades de organización o participación en intercomparaciones en los ámbitos nacional e internacional, que son parte importante del sistema de calidad y trazabilidad de los servicios del CIEMAT. Los servicios también participan en proyectos de investigación de naturaleza orientada al desarrollo de nuevas capacidades de medida o al perfeccionamiento de las existentes.

Actualmente, en el programa hay cuatro líneas de investigación con carácter estable: dosimetría retrospectiva, dosimetría

numérica, modelos biocinéticos y microdosimetría.

El grupo de **dosimetría retrospectiva** emplea métodos luminiscentes, TL y OSL, aplicados al estudio de la viabilidad de la aplicación a dosimetría de diferentes tipos y fases minerales. El grupo ha participado en dos proyectos consecutivos de la UE, proyecto DOSE Reconstrucción (4º PM) y LUMINATE (5º PM) junto a otras instituciones europeas [3].

En **dosimetría numérica** se emplean diferentes códigos de cálculo, tipo Monte Carlo, aplicados a la simulación de la respuesta de detectores y a la estimación de dosis en diferentes situaciones, entre las que merece la pena destacar las aplicaciones a la dosimetría interna. Recientemente ha concluido un estudio sobre la determinación de Americio en hueso (cráneo y rodilla) empleando detectores de LE Germanio, comparando la simulación matemática y las determinaciones experimentales obtenidas sobre maniqués antropomórficos [4].

El proyecto de **modelos biocinéticos** ha surgido de las necesidades del servicio de dosimetría

of this sector's leading scientific journals, and in the steering or scientific committees of national and international congresses.

The dosimetry program includes both services and lines of research, and there is a notable synergy between the two types of activities. In fact, some of the lines of research have sprung from the services and vice versa, i.e. developments undertaken in research projects have been included in the services, thus improving their operability and the reliability of their results.

The radiation dosimetry service is composed of the external dosimetry and internal dosimetry services, and their activities in personnel dosimetry are authorized by the regulatory body. The external service includes two laboratories – personnel dosimetry and environmental dosimetry. In turn, the internal service has another two laboratories – the body radioactivity meter (CRC) for "in vivo" measurements, and the bio-elimination meter for "in vitro" measurements. (Figure1)

The service laboratories have been designed by considering not only CIEMAT's needs, but also the needs of the dosimetry sector on a national scale. In fact, some of these laboratories or their capabilities are unique in our country and, therefore, their missions assign them the status of national infrastructure. Of note are the activities involving organization of and participation in intercomparisons on a national and international scale, which are an important part of the quality and traceability system of the CIEMAT services. The services also take part in research projects oriented at development of new metering capabilities or enhancement of existing ones.

At present, the program includes four stable lines of research: retrospective dosimetry, numeric dosimetry, bio-kinetic models and microdosimetry.

The **retrospective dosimetry** group uses luminescent methods, TL and OSL, applied to the study of the viability of application of different mineral types and phases to dosimetry. The group has taken part in two consecutive projects of the EU – project DOSE Reconstruction (4<sup>th</sup> FP) and LUMINATE (5<sup>th</sup> FP) – together with other European institutions [3].

**Numeric dosimetry** uses different Monte Carlo computational codes applied to the simulation of detector response and dose estimation in different situations, including applications to internal dosimetry. A study has recently been concluded on determination of americium in bone (cranium and knee) by using germanium LE detectors, with subsequent comparison to the mathematical simulation and experimental determinations obtained on anthropomorphic dummies [4].

The objective of the **bio-kinetic model** project, which emerged from the needs of the internal



*dosimetry service, is to provide new experimental data on the distribution of different types of radionuclides in different organs and tissues of experimental animals. It involves animals, dissection techniques, and analysis and measurement of the activity deposited in organs. In addition, the project has the equipment required to administer radionuclides to the animals via inhalation, ingestion or injection. The new experimental data are meant to enhance the understanding of metabolic models for specific radionuclides and improve the uncertainty in the values of transfer and retention coefficients of organs and tissues.*

**Micro-dosimetry** is the most recent of the lines of research, and its purpose is to study the dose-effect dependency at the cellular level as a function of different physical and biological factors, thus providing experimental data on relevant magnitudes and parameters for dosimetry in radiological protection (relative biological effectiveness or RBE). For this purpose, studies on effects at the cellular level must be combined with studies on the process of energy delivery in volumes comparable to cellular volumes, i.e. micro-dosimetric studies. This includes collaboration in an international context with the study of physical-biological factors that influence the cellular response to radiation. In this area, CIEMAT takes part in the EU-6<sup>th</sup> FP project GENRAD-T.

### THE NATIONAL DOSIMETRY CENTER

The personnel dosimetry services authorized by the regulatory body include the Centro Nacional de Dosimetría (CND), which reports to the National Institute of Health Care Management of the Ministry of Health located in Valencia. This institute has been providing dosimetric services since 1977 to most of the Spanish National Health Service institutions in the 17 autonomous regions to which competences in matters of health have been transferred. Likewise, the CND is in charge of dosimetric control of the Spanish Nuclear Emergency Plan, and every six months it processes the dosimeters distributed among towns located around the Spanish nuclear power plants.

The CND currently provides dosimetric control of more than 45,000 workers in around 3,000 facilities throughout Spain, and it processes more than 400,000 dosimeters a year.

The dosimetric system used by the CND is based on photon dosimetry, which uses thermoluminescent (TL) dosimeters with LiF detectors, TLD-100. One of the main features of this dosimetric system [5] is automatic control of the entire dosimeter process, from the time they are received in the Center until they are returned to the user, including automatic packing.

interna y su objetivo es aportar nuevos datos experimentales sobre la distribución de diversos tipos de radionucleidos en los diferentes órganos y tejidos de animales de experimentación. Se dispone de animalario, de técnicas de disección y de análisis y medida de la actividad depositada en órganos. Así mismo, se dispone del equipamiento necesario para administrar los radionucleidos a los animales vía inhalación, ingestión o inyección. Los nuevos datos experimentales buscan mejorar el conocimiento de los modelos metabólicos para radionucleidos específicos, mejorando la incertidumbre en los valores de los coeficientes de transferencia y retención de órganos y tejidos.

La línea de **microdosimetría** es la más reciente de las líneas abordadas y su objetivo es estudiar la dependencia dosis-efectos a nivel celular, en función de diversos factores físicos y biológicos, obteniendo datos experimentales sobre magnitudes y parámetros relevantes para la dosimetría en protección radiológica (eficacia biológica relativa o RBE). Para ello, es preciso combinar estudios sobre efectos a nivel celular con estudios sobre los procesos de impartición de energía en volúmenes comparables a los celulares, es decir, estudios microdosimétricos. Se está colaborando en un contexto internacional al estudio de factores físico-biológicos con influencia en la respuesta celular a radiaciones. En esta línea se participa en el proyecto de la UE-6<sup>o</sup> PM, GENRAD-T.

### EL CENTRO NACIONAL DE DOSIMETRÍA

Entre los Servicios de dosimetría personal autorizados por el organismo regulador, cabe des-

tacar el Centro Nacional de Dosimetría (CND) dependiente del Instituto Nacional de Gestión Sanitaria del Ministerio de Sanidad y Consumo, ubicado en Valencia, que presta servicio dosimétrico desde 1977, a la mayor parte de las instituciones del Servicio Nacional de Salud español, en las 17 Comunidades Autónomas que tienen transferidas las competencias en materia sanitaria. Igualmente, el CND realiza el control dosimétrico del Plan de Emergencia Nuclear español procesando semestralmente los dosímetros distribuidos en poblaciones situadas alrededor de las centrales nucleares españolas.

En la actualidad, el CND controla dosimétricamente más de 45.000 trabajadores en alrededor de 3.000 instalaciones en toda España, procesando más de 400.000 dosímetros por año.

El sistema dosimétrico utilizado por el CND se basa en la dosimetría de fotones, utilizando dosímetros termoluminiscentes (TL) con detectores de LiF, TLD-100, siendo una de las principales características de este sistema dosimétrico [5] el control automático de todo el proceso de los dosímetros, desde la recepción en el Centro hasta la devolución al usuario, incluyendo el embolsado automático de los mismos.

Las tarjetas portadetectores son del tipo NE Technology 860-N52 y consisten en láminas de aluminio anodizado, con cuatro pastillas TL, que llevan grabado un código de barras identificativo y que se pueden hornear durante períodos largos de tiempo a temperaturas hasta de 300°C. Para la dosimetría de cuerpo entero, los dosímetros utilizados permiten la discriminación de la energía de la radiación incidente, ya que constan de una tarjeta portadetectores colocada entre dos láminas con filtros y todo el conjunto

envuelto con un plástico aluminizado sobre el que se imprime la identificación del usuario y el período de uso para el que está destinado el dosímetro. Los dosímetros utilizados para dosimetría de las extremidades consisten en una lámina con cuatro detectores, sin filtros, colocada dentro de una bolsa sellada y con una correa con velcro para facilitar su utilización.

El sistema consta de dos lectores Harshaw 8800, con sistema de calentamiento por nitrógeno caliente y cuatro lectores Vinten 823 con sistema de calentamiento por contacto térmico, los ciclos de calentamiento han sido escogidos para que ambos tipos de lectores proporcionen regeneraciones similares. Además, los lectores Harshaw han sido adaptados para procesar tarjetas del tipo NE. La calibración de todo el sistema dosimétrico se realiza en el Laboratorio de calibración de que dispone el CND, que cuenta con haces estándar de rayos X y es trazable al PTB.

A lo largo de todo el procesamiento de los dosímetros se han establecido una serie de controles de calidad con objeto de evitar posi-

bles errores y garantizar una adecuada estimación de las dosis [6]. Entre dichos controles, cabe citar el establecimiento de criterios de máxima dispersión tras la utilización de factores de sensibilidad individual para la aceptación de nuevos dosímetros, el diseño de un algoritmo de cálculo de dosis y energía que a partir de las lecturas de los cuatro detectores de cada tarjeta, permite estimar la energía de la radiación incidente y calcular la dosis recibida a partir de las cuatro lecturas corregidas por la energía. Por último, se realizan mensualmente auditorías internas del sistema dosimétrico en las que se efectúa una comprobación ciega del sistema dosimétrico. Para esta finalidad, se utiliza un conjunto de dosímetros a los que se les da el mismo tratamiento que a los del resto de usuarios, pero que se irradian a dosis conocidas para diferentes haces de radiación en nuestro laboratorio de calibración, las lecturas se realizan de forma aleatoria a lo largo del proceso dosimétrico mensual y el análisis final de los resultados permite detectar los puntos débiles del sistema.

*The detector-carrying cards are NE Technology 860-N52 and consist of anodized aluminum sheets with four TL pellets, which are engraved with an identifying barcode and can be heated for long periods of time at temperatures of up to 300°C. For whole body dosimetry, the dosimeters are able to discriminate the incident radiation energy, as they are made of a detector-carrying card placed between two sheets with filters, and the whole assembly is wrapped with aluminized plastic on which the user identification and the period of use for which the dosimeter is intended are printed. The dosimeters used for extremity dosimetry are made of a sheet with four detectors, without filters, placed inside a sealed bag and with a strap with Velcro to facilitate use.*

*The system contains two Harshaw 8800 readers with a hot nitrogen heating system, and four Vinten 823 readers with a thermal contact heating system; the heating cycles have been selected so that both types of readers provide similar regenerations. In addition, the Harshaw readers have been adapted to process NE type cards. The whole dosimetric system is calibrated in the CND's calibration laboratory, which has standard X-ray beams and is traceable to PTB.*

*A series of quality controls are applied throughout the processing of dosimeters, in order to prevent possible errors and guarantee a proper dose estimate [6]. These controls include the establishment of maximum dispersion criteria after the use of individual sensitivity factors for acceptance of new dosimeters, and the design of a dose and energy calculation algorithm that, based on the readouts of the four detectors of each card, estimates the incident radiation energy and calculates the*

**Tabla II / Table II**  
**Número de trabajadores expuestos y dosis colectivas e individuales en las instalaciones radiactivas médicas españolas en 2002.**

*Number of exposed workers and collective and individual doses in Spanish radioactive medical facilities in 2002.*

	Número de trabajadores expuestos <i>Number of exposed workers</i>	Dosis colectiva (mSv.p) <i>Collective dose (mSv.p)</i>	Dosis individual media (mSv) <sup>1</sup> <i>Average individual dose (mSv)<sup>1</sup></i>
Radiodiagnóstico/ <i>Radiodiagnosis</i>	40.874	15.019	0,69
Radioterapia/ <i>Radiotherapy</i>	2.230	855	0,64
Medicina Nuclear/ <i>Nuclear Medicine</i>	1.843	2.761	1,86
Odontología/ <i>Dentistry</i>	12.064	9.154	1,12
Otras/ <i>Others</i>	12.655	4.823	0,68
TOTAL <sup>(2)</sup>	68.625	32.612	0,82

(1) Sólo se incluyen a los trabajadores con dosis por encima del nivel de registro/*Only workers with doses above the register level are included.*

(2) El número total de trabajadores no coincide con la suma de los trabajadores de cada sector porque hay trabajadores expuestos que desarrollan su actividad laboral en más de un sector/*The total number of workers does not coincide with the sum of workers in each sector because there are exposed workers who work in more than one sector.*

dose received on the basis of the four readouts corrected for energy. Finally, internal audits of the dosimetric system are performed on a monthly basis to make a blind check of the system. A set of dosimeters is used for this purpose and these are treated the same as the dosimeters of other users, except that they are irradiated at known doses for different radiation beams in our calibration laboratory, readings are randomly taken throughout the monthly dosimetric process, and the final analysis of the results helps to detect the system's weak points.

Management of a dosimetric service that processes a large volume of dosimeters involves many technical and administrative problems. These include the need for adequate equipment maintenance, good quality of the thermoluminescent material used, correct identification of the dosimeters and management of dosimeters not sent for readings, as well as the high number of dosimeters misplaced by users, treatment of high doses, irradiation of dosimeters during transport, etc.

Adopting proper solutions for these problems should help any personnel dosimetry service to achieve its objective, i.e. assign the correct dose to each user.

### DOSIMETRY IN NUCLEAR POWER PLANTS

Since the Spanish nuclear power plants started operating back in the late 1960s, the dosimetry carried out in these plants has always been at the leading edge of the latest reliable technology available. For instance, the Spanish nuclear power plants were some of the first in the world to implement electronic dosimetry early in the decade of the 80s and to develop practical applications for applying the complicated internal exposure models of the International Commission for Radiological Protection to internal worker dosimetry.

External dosimetry primarily focuses on high energy photon dosimetry that is done with very reliable passive LiF thermoluminescence (TL) systems, normally with 4 pellets – two for reading Hp(10) and another two for reading Hp(0.07) – and with a monthly reading frequency and personnel dose equivalent register level of 0.1 mSv.

Usually, instead of individual neutron dosimetry, area dosimetry is performed, although some plants have developed "Albedo" type TL dosimeters combining Li-6 and Li-7 pellets; however, neither the country nor the plants have calibration sources with a spectrum similar to that of fission neutrons and most of the plant calibration sources are Am-Be. Nevertheless, some PWR plants, after taking measurements with Bonner

La gestión de un servicio dosimétrico que procesa un gran volumen de dosímetros presenta muchos problemas técnicos y administrativos. Entre ellos, se podría citar la necesidad de un adecuado mantenimiento de los equipos, una buena calidad del material termoluminiscente utilizado, la correcta identificación de los dosímetros, la gestión de los dosímetros no enviados para su lectura, el elevado número de dosímetros extraviados por los usuarios, el tratamiento de las dosis elevadas, las irradiaciones de los dosímetros durante el transporte, etc.

Adoptar correctas soluciones a tales problemas debe permitir lograr el objetivo de cualquier servicio de dosimetría personal que es asignar la dosis correcta a cada usuario.

### DOSIMETRÍA EN CENTRALES NUCLEARES

Desde el inicio de la operación de las centrales nucleares españolas allá por los finales de los años 60, la dosimetría efectuada en ellas ha estado siempre en

vanguardia de la última tecnología fiable que estuviera disponible. Así, las centrales nucleares españolas fueron de las primeras del mundo en incorporar la dosimetría electrónica a principios de los años 80 y en el desarrollo de aplicaciones prácticas que permiten poder aplicar los complicados modelos metabólicos de exposición interna de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) a la dosimetría interna de los trabajadores.

La dosimetría externa se centra fundamentalmente en la dosimetría de fotones de alta energía que se lleva a cabo mediante sistemas pasivos muy fiables de termoluminiscencia (TL) de FLI normalmente de 4 pastillas, dos para la lectura de Hp(10) y otras dos para la lectura de Hp(0,07), con una frecuencia de lectura mensual y con un nivel de registro en dosis equivalente personal de 0,1 mSv.

Normalmente, no se realiza dosimetría individual para neutrones sino dosimetría de área, aunque algunas centrales han desarrollado dosímetros TL tipo "Albedo" mezclando pastillas de Li-6 y Li-7, pero no existe ni en el

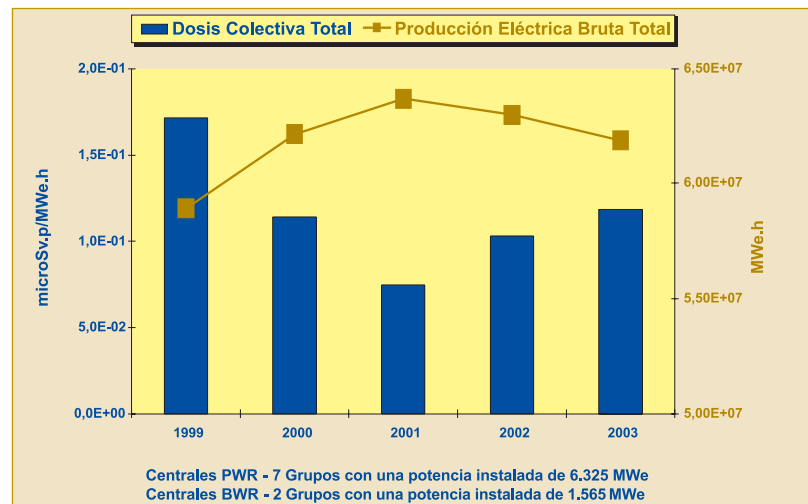


Figura 2. Dosis colectiva anual y producción eléctrica bruta de las centrales nucleares españolas.

Figure 2. Annual collective dose and gross electric output of the Spanish nuclear power plants.



país ni en las centrales fuentes de calibración con espectro semejante al de los neutrones de fisión siendo la mayoría de las fuentes de calibración de las centrales de Am-Be. Sin embargo, alguna central PWR tras realizar medidas con esferas Bonner ha puesto de manifiesto en que el riesgo de exposición neutrónica en condiciones normales de operación es muy pequeño en comparación con la exposición a la radiación gamma.

La dosimetría de la radiación beta es la más difícil de llevar a cabo en comparación con la de neutrones y la de fotones. Por ello, en todas las centrales nucleares españolas se opta por proteger a los trabajadores del riesgo de exposición beta mediante el uso de prendas de protección personal que cubren todas las partes del cuerpo salvo la cara. La lectura Hp(0,07) de las pastillas del dosímetro TL se asigna a dosis superficial a efectos de control de la dosis del cristalino y de las extremidades.

En España, la dosimetría TL es la denominada dosimetría "oficial", es decir, la que se asigna a cada persona, se reporta en el

carné y expediente dosimétricos de cada trabajador expuesto y se usa a efectos de control de los límites legales. Sin embargo, el control diario de la dosis operacional se realiza con dosimetría electrónica, con ello, se permite el seguimiento diario de las dosis de cada trabajo en zona controlada y constituye por tanto una herramienta imprescindible para la optimización de la protección radiológica y para gestión ALARA de los trabajos. Actualmente, se utilizan mayoritariamente dosímetros electrónicos de estado sólido, siendo en la década de los 90 cuando se pasó paulatinamente de la tecnología del detector de GM a la de estado sólido.

También se utiliza la teledosimetría, que permite poder seguir a distancia y en tiempo real la dosis que se recibe en trabajos con una muy alta tasa de dosis. En la actualidad, se está mejorando tanto la comunicación verbal como la visual en estos trabajos de alta dosis controlados por teledosimetría.

El número de trabajadores expuestos en el conjunto de las centrales nucleares españolas se sitúa alrededor de las 7.000 personas.

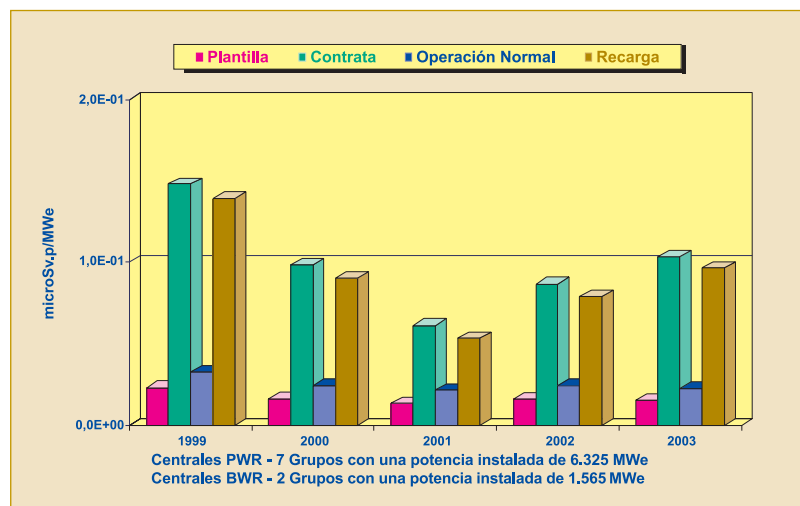


Figura 3. Dosis colectiva anual de plantilla y contrata, operación normal y recarga, de las centrales nucleares españolas.

Figure 3. Annual collective staff and contractor worker dose, in normal operation and refueling, of the Spanish nuclear power plants.

spheres, have confirmed that the risk of neutron exposure under normal operating conditions is very small in comparison to gamma radiation exposure.

Beta radiation dosimetry is more difficult to perform in comparison to neutron and photon dosimetry. Therefore, all the Spanish nuclear power plants have chosen to protect workers against the risk of beta exposure with personal protective clothing that covers the whole body except the face. The Hp(0.07) reading of TL dosimetry pellets is assigned to the surface dose for purposes of controlling the dose to the crystalline lens and extremities.

In Spain, TL dosimetry is the so-called "official" dosimetry, i.e. the one assigned to each person, reported on the dosimetric card and dossier of each exposed worker and used for purposes of control of the legal limits. However, electronic dosimetry is used for daily control of the operational dose, for purposes of daily tracking of the doses of each job in the controlled zone, and thus it is an essential tool for radiological protection optimization and for ALARA job management. At present, most of the electronic dosimeters used are solid state, after a gradual changeover in the 1990s from the GM detector to the solid state technology.

Remote dosimetry is also used to track the dose received in jobs with a very high dose rate from a distance and in real time. At present, both the verbal and visual communications in these high-dose jobs controlled by remote dosimetry are being improved.

There are around 7000 exposed workers in all of the Spanish nuclear power plants. Of these, around 50% receives no significant doses exceeding the register level, and the number of workers who in one year have exceeded an effective dose greater than 20 mSv can be counted with the fingers on one hand. In no case have the dose limits been exceeded since the introduction in 2002 of the new dose limits in accordance with European Union Directive 96/29/EURATOM, which enacts the latest ICRP recommendations contained in its Publication 60. The average dose of all exposed workers fluctuates around 1-2 mSv/year.

In the immediate future, it is expected that the advances in electronic dosimetry will lead to a reliable, safe passive storage system of dosimetric information by making use of EEPROM memory and MOSFET transistor technology. This will make it possible to develop a single dosimetry system for both official dosimetry and operational dosimetry. Since the nuclear power plants began operating, internal dosimetry has continued to make use of gamma spectrometry equipment based on INa detectors. Almost all the

plants are equipped with two kinds of equipment – vertical geometry with 4 INa detectors for very rapid measurements lasting around 2 minutes, and bed-type raster scan geometry for more precise, accurate measurements lasting for a longer period of time.

The sector has a service with two mobile units, one with bed-type equipment and another with vertical type equipment, to meet the demands that may arise in refueling or accident situations. There are no plans in the immediate future to change to GeLi detectors or similar, since the range of possible radionuclides that can be incorporated into the organism continues to revolve around high energy gamma-emitting fission products. The register and research level used corresponds to an annual incorporation equivalent to a 1 mSv effective dose commitment, and the intervention level to one annual incorporation equivalent to a 5 mSv effective dose commitment. The number of internal dosimetry controls carried out in the Spanish nuclear power plants averages around 10,000 a year, and the percentage of readings with incorporations exceeding the register level is zero or almost zero. Most efforts in the Spanish nuclear power plants in the field of internal dosimetry have focused on development of computer applications operationally designed for applying the complicated ICRP metabolic models to the daily practice of internal dosimetry.

Finally, some dosimetric results from the last 5 years of Spanish nuclear power plant operation are shown below. All the data have been normalized at the gross electric output of the NPPs.

#### DOSIMETRY IN THE POLYTECHNIC UNIVERSITY OF CATALONIA

The Instituto de Técnicas Energéticas (INTE) is a university institute pertaining to the Polytechnic University of Catalonia in Barcelona. Its activities have primarily focused on the use and risks of ionizing radiation. In the field of dosimetry, it takes part in environmental, radiological protection and clinical dosimetry studies, in collaboration with different organizations such as the CIEMAT, the CSN, the University of Barcelona, the Hospital de la Santa Creu y Sant Pau, and the Hospital Clínic y Provincial of Barcelona.

The INTE's main activities include work on environmental dosimetry, e.g. studies on the dosimetry of radon gas descendants, with characterization of metering systems for determination of radon gas concentration and descendants in workplaces and homes and optimization of calculation models of the lung dose estimate based on the radon concentration measurement. It is

Alrededor del 50% no reciben dosis significativas superiores al nivel de registro y el número de trabajadores que en un año han superado una dosis efectiva superior a 20 mSv se pueden contar con los dedos de una mano y no se ha dado ningún caso de superación de los límites de dosis, desde la introducción en el año 2002 de los nuevos límites de dosis de acuerdo con la Directiva 96/ 29/ EURATOM de la Unión Europea, que adapta los últimas recomendaciones de ICRP de su Publicación 60. La dosis media del conjunto de trabajadores expuestos fluctúa en el entorno de 1-2 mSv/año.

En el futuro inmediato, lo que se espera es que los avances de la dosimetría electrónica desarrollen un sistema fiable y seguro de almacenamiento pasivo de la información dosimétrica haciendo uso de la tecnología de las memorias EEPROM y de los transistores MOSFET. Ello permitirá tener un único sistema de dosimetría que sirva tanto para la dosimetría oficial como para la dosimetría operacional. La dosimetría interna sigue haciendo uso desde el principio de la operación de las centrales nucleares de equipos de espectrometría gamma basados en los detectores de INa, casi todas las centrales están dotadas de dos tipos de equipos, uno de geometría vertical con 4 detectores de INa para medidas muy rápidas de alrededor de 2 minutos y otro de geometría de barrido tipo cama para medidas mas precisas y exactas de mayor duración.

El sector cuenta con un servicio de dos unidades móviles, una con un equipo tipo cama y otra con un equipo del tipo vertical, para atender las demandas que se originan en situaciones de recarga o de accidentes. No se prevé en un futuro inmediato cambiar a detectores de GeLi o similares dado que el espectro de posibles radio-

nucleidos que se pueden incorporar al organismo sigue centrado en productos de fisión emisores gamma de alta energía. El nivel de registro e investigación utilizado se corresponde con una incorporación anual equivalente a una dosis efectiva comprometida de 1 mSv y el de intervención, se sitúa en una incorporación anual equivalente a una dosis efectiva comprometida de 5 mSv. El número de controles de dosimetría interna llevado a cabo en las centrales nucleares españolas se sitúa en una media de unos 10.000 al año y el porcentaje de contajes con incorporaciones superiores al nivel de registro es cero o casi cero. El mayor esfuerzo de las centrales nucleares españolas en el campo de la dosimetría interna se ha concentrado en el desarrollo de aplicaciones informáticas diseñadas en sus aspectos operacionales para poder aplicar a la práctica cotidiana de la dosimetría interna los complicados modelos metabólicos de la ICRP.

Por ultimo, se muestran algunos resultados dosimétricos de los últimos 5 años de operación de las centrales nucleares españolas. Todos los datos se han normalizado a la producción eléctrica bruta de las centrales nucleares.

#### DOSIMETRÍA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

El Instituto de Técnicas Energéticas (INTE) es un Instituto Universitario de la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, cuyas actividades han estado centradas principalmente en el ámbito de la utilización y riesgos de las radiaciones ionizantes. En el campo de la dosimetría, participa en estudios ambientales, de protección radiológica y de dosimetría clínica, en colaboración con diversos organismos, tales como el



Figura 4: Sala de irradiación del laboratorio de calibración y dosimetría del INTE-UPC

Figure 4: Irradiation room of the INTE-UPC calibration and dosimetry laboratory.

CIEMAT, el CSN, la Universidad de Barcelona, el Hospital de la Santa Creu y Sant Pau y el Hospital Clínico y Provincial de Barcelona.

Entre las principales actividades del INTE, pueden destacarse los trabajos en dosimetría ambiental como por ejemplo los estudios sobre la dosimetría de los descendientes del gas radón, con la caracterización de sistemas de medida para la determinación de la concentración de gas radón y descendientes en lugares de trabajo y viviendas, y la optimización de los modelos de cálculo de la estimación de la dosis a pulmón a partir de la medida de la concentración de radón. Dispone de una cámara de radón para reproducir atmósferas con diferentes concentraciones de radón y descendientes, en la que pueden calibrarse y verificarse distintos sistemas de medida así como analizar la influencia de las condiciones ambientales en la determinación de las dosis.

Desde 1985, colabora con el organismo regulador en el control de los planes de vigilancia

ambiental en los emplazamientos de algunas de las centrales nucleares españolas como la de Ascó y Vandellós, situadas en la zona catalana, mediante controles de dosimetría ambiental realizada por termoluminiscencia (TL). En el año 2002, obtuvo la acreditación de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), de acuerdo con la norma ISO 17025 para llevar a cabo la determinación de la dosis equivalente ambiental por termoluminiscencia, convirtiéndose en el primer laboratorio español con dicho reconocimiento.

Las actividades desarrolladas en el campo de la protección radiológica se han realizado en gran medida en torno a las posibilidades experimentales que ofrece su laboratorio de calibración y dosimetría acreditado por ENAC, que junto con la Unidad de Metrología del CIEMAT, ha puesto a punto y ha armonizado, los procedimientos de calibración de equipos de medida de radiación ambiental y los dosímetros personales en España [7] de acuerdo con las normas internacionales. Ambas instituciones han

equipped with a radon camera for reproducing atmospheres with different concentrations of radon and descendants, in which different metering systems can be calibrated and verified and the influence of environmental conditions on dose determination can be analyzed.

Since 1985, it collaborates with the regulatory body in the control of environmental monitoring plans at the sites of some of the Spanish nuclear power plants, such as Ascó and Vandellós, located in the Catalan region, through environmental dosimetric controls based on thermoluminescence (TL). In 2002, it was certified by the Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), in accordance with standard ISO 17025, to

determine the dose equivalent via thermoluminescence, thus becoming the first Spanish laboratory to obtain this recognition.

Activities in the field of radiological protection have to a large extent focused on the experimental possibilities offered by its ENAC-certified calibration and dosimetry laboratory which, together with CIEMAT's Metrology Unit, has adapted and harmonized the calibration procedures of environmental radiation metering equipment and personnel dosimeters in Spain [7] in accordance with international standards. Both institutions have collaborated with the Consejo de Seguridad Nuclear in organizing the latest campaigns for intercomparison of authorized external personnel dosimetry services. These campaigns involve a series of problem dosimeters whose dose and energy irradiation conditions are not known by the services, and photon beams with energies ranging from 33 keV to 662 keV are used. As part of a research project, the INTE has drawn up a protocol for characterization and calibration of direct readout personnel dosimetry systems (DLD), in accordance with standard IEC61526. Based on this protocol, a set of 13 DLDs, including the most recent developments up to 2002, has been tested [8]. Along these same lines, it also collaborates with a working group of the EURADOS organization. It has recently been working on enhancement of thermoluminescence personnel dosimetry systems for dose determination in mixed beta-gamma fields, particularly in the case of ring dosimeters [9].

Studies in the field of clinical dosimetry have primarily centered on the area of radiotherapy. On one hand, it collaborates with researchers from certain Spanish hospitals in studies of dose distri-



bution in external radiotherapy treatments with high energy photons and electrons, in particular in the presence of heterogeneities and for perfecting in-vivo dosimetric techniques.

In another major line of research developed in collaboration with the University of Barcelona and the University of Michigan, radiation transport techniques are studied in order to fine tune Monte Carlo simulation programs to resolve dosimetric issues of clinical interest and in which there are significant uncertainties concerning commercial planning programs.

## REFERENCES

1. Safety Guideline 7.1. Technical-administrative requirements for personnel dosimetry services. 1985.
2. Delgado A. and Navarro T. Dosimetría de Radiaciones: Una herramienta para la protección radiológica de las personas y el medio ambiente. Chapter 10 of the book: Tecnologías Energéticas e Impacto Ambiental. Mc Graw-Hill pp:163-178; 2001.
3. Bailiff, I.K., Stepanenko, V.F., Goksu, H.Y., Botter-Jensen, L. Brodski, V., Chumak, V., Correcher, V., Delgado, A., Golikov, V., Jungner, H., Khamidova, L.G., Kolizshenkov, T.V., Liktarev, I., Meckbach, R., Petrov, S.A. and Sholom, S. Comparison of Retrospective Luminescence Dosimetry with Computational Modeling in Two Highly Contaminated Settlements Downwind of the Chernobyl NPP. Health Physics, 86 (1): 25-41; 2004.
4. Moraleda, M., López, M.A., Gómez Ros, J.M., Navarro, T., Navarro, J.F. Calibration Human Voxel Phantoms for In-Vivo Measurements of 241-Am in bone, at the Whole Body Counting facility of CIEMAT. CIEMAT Technical Report no. 1005 (ISSN 1135-92420); 2002.
5. Casal E. The Valencia Centro Nacional de Dosimetría, TL Personnel Dosimetry Service. Published by M. Oberhofer and A. Scharmann. "Personnel Thermoluminescence Dosimetry". Report EUR 16277 EN: 159-185; 1995.
6. Casal E., Gil J.A, Roig F., Soriano A.. Quality Control in the Dosimetric System of the Personnel Dosimetry Service of the Spanish National Health Service. Radiat. Prot. Dosim 84 (2): 11-14; 1999.
7. Ginjaume M., Ortega X., Duch M.A. "Implementing new recommendations for calibrating personal dosimeters." Radiat. Prot. Dosim. 96 (1-3): 93; 2001.
8. Ortega X., Ginjaume M., Hernández A., Villanueva I., Amor I. The outlook for the application of electronic dosimeters as legal dosimetry. Radiat. Prot. Dosim. 96(1-3): 87-91; 2001.
9. Pérez S., Ginjaume M., Ortega X., Duch M.A., Roig M. Extremity and whole-body dosimeters for beta and beta gamma fields based on LiF:Mg,Cu,P thin detectors. Radiat. Prot. Dosim. 101 (1-4): 261; 2002.

colaborado con el Consejo de Seguridad Nuclear en la organización de las últimas campañas de intercomparación entre Servicios de dosimetría personal externa autorizados. Estas campañas se llevan a cabo con una serie de dosímetros problema cuyas condiciones de irradiación de dosis y energía son desconocidas por los servicios, empleando haces de fotones de energías comprendidas entre 33 keV y 662 keV. El INTE bajo un proyecto de investigación ha elaborado un protocolo para la caracterización y calibración de los sistemas de dosimetría personal de lectura directa (DLD), de acuerdo con la norma IEC61526. En base al mismo, se han ensayado un conjunto de 13 DLD, que incluyen los desarrollos más recientes realizados hasta el año 2002 [8]. En esta línea colabora, así mismo, con un grupo de trabajo de la organización EURADOS. Recientemente, se está trabajando en la mejora de los sistemas de dosimetría personal por termoluminiscencia para la determinación de la dosis en campos mixtos beta-gamma, en particular en el caso de dosímetros de anillo [9].

Los estudios en el ámbito de la dosimetría clínica se han centrado fundamentalmente en el área de la radioterapia. Por una parte, se colabora con los investigadores de determinados hospitales españoles en estudios de distribución de dosis en tratamientos de radioterapia externa con fotones y electrones de alta energía, en particular, en presencia de heterogeneidades y para la puesta a punto de técnicas de dosimetría in vivo.

Otra línea importante de investigación desarrollada en colaboración con la Universidad de Barcelona y la Universidad de Michigan, estudia las técnicas de transporte de la radiación a fin de poner a punto programas de simulación Monte Carlo para re-

solver problemas dosimétricos de interés clínico, en los que los programas de planificación comerciales presentan importantes incertidumbres.

## REFERENCIAS

1. Guía de Seguridad 7.1. Requisitos técnico-administrativos para los servicios de dosimetría personal. 1985.
2. Delgado A. y Navarro T. Dosimetría de Radiaciones: Una herramienta para la protección radiológica de las personas y el medio ambiente. Capítulo 10 del libro: Tecnologías Energéticas e Impacto Ambiental. Mc Graw-Hill pp:163-178; 2001.
3. Bailiff, I.K., Stepanenko, V.F., Goksu, H.Y., Botter-Jensen, L. Brodski, V., Chumak, V., Correcher, V., delgado, A., Golikov, V., Jungner, H., Khamidova, L.G., Kolizshenkov, T.V., Liktarev, I., Meckbach, R., Petrov, S.A. and Sholom, S. Comparison of Retrospective Luminescence Dosimetry with Computational Modeling in Two Highly Contaminated Settlements Downwind of the Chernobyl NPP. Health Physics, 86 (1): 25-41; 2004.
4. Moraleda, M., López, M.A., Gómez Ros, J.M., Navarro, T., Navarro, J.F. Calibration Human Voxel Phantoms for In-Vivo Measurements of 241-Am in bone, at the Whole Body Counting facility of CIEMAT. Informe Técnico CIEMAT nº 1005 (ISSN 1135-92420); 2002.
5. Casal E. The Valencia Centro Nacional de Dosimetría TL Personnel Dosimetry Service. Editado por M. Oberhofer y A. Scharmann. "Personnel Thermoluminescence Dosimetry". Report EUR 16277 EN: 159-185; 1995.
6. Casal E., Gil J.A, Roig F., Soriano A.. Quality Control in the Dosimetric System of the Personnel Dosimetry Service of the Spanish National Health Service. Radiat. Prot. Dosim 84 (2): 11-14; 1999.
7. Ginjaume M., Ortega X., Duch M. A. "Implementing new recommendations for calibrating personal dosimeters." Radiat. Prot. Dosim. 96 (1-3): 93; 2001.
8. Ortega X., Ginjaume M., Hernández A., Villanueva I., Amor I. The outlook for the application of electronic dosimeters as legal dosimetry. Radiat. Prot. Dosim. 96(1-3): 87-91; 2001.
9. Pérez S., Ginjaume M., Ortega X., Duch M.A., Roig M. Extremity and whole-body dosimeters for beta and beta gamma fields based on LiF:Mg,Cu,P thin detectors. Radiat. Prot. Dosim. 101 (1-4): 261; 2002.

# LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN ESPAÑA

## ENVIRONMENTAL RADIOLOGICAL MONITORING IN SPAIN

**Lucila. M. Ramos.** Subdirectora de Protección Radiológica Medioambiental, CSN. / *Deputy Director for Environmental Radiological Protection, CSN.*

**Carlos Izquierdo.** Coordinador de Seguridad y Licencia, UNESA. / *Safety and Licensing Coordinator, UNESA.*

**Fernando Legarda.** Catedrático del Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica, Universidad del País Vasco. / *Professor of the Department of Nuclear and Mechanical Engineering, University of the Basque Country.*

Environmental radiactivity monitoring in Spain began in the 1950s because of the potential risks related to contamination resulting from the nuclear testing being carried out by the United States and the Soviet Union. With subsequent development of the nuclear industry, the first environmental radiological monitoring programs specific to the areas around the facilities were established. In the decade of the 1980s, the growing number of plants and Spain's membership in the European Union resulted in the need to develop national monitoring independent of the facility-related monitoring activities, and therefore the Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) implemented a system of monitoring networks. This system, which has been operating since 1992, is supported by 21 laboratories located in the different autonomous regions.

This article briefly describes the Environmental Radiological Monitoring Programs (PVRA) developed by the owners of the nuclear power plants and other fuel cycle facilities, as well as the nationwide environmental radiological monitoring networks.

### INTRODUCTION

*The first programs to determine environmental radioactivity were established in the 1950s in order to monitor the growing contamination caused by the atmospheric nuclear tests being carried out by the United States and the Soviet Union. By that time, the risks resulting from exposure to ionizing radiation were evident, and the EURATOM Treaty [1], signed in 1957 in order to foster nuclear power development, required that basic radiological protection standards for the public and*

*La vigilancia de la radiactividad ambiental en España se inició en los años cincuenta ante los riesgos que pudieran derivarse de la contaminación provocada por las pruebas nucleares llevadas a cabo por los Estados Unidos y la Unión Soviética. Con el desarrollo posterior de la industria nuclear se establecieron los primeros programas de vigilancia radiológica ambiental específicos para el entorno de las instalaciones. En la década de los años ochenta, con un número mayor de centrales y tras la incorporación a la Unión Europea, surgió la necesidad de desarrollar una vigilancia nacional independiente de la asociada a las instalaciones por lo que el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) implantó un sistema de redes de vigilancia, que se encuentra operativo desde 1992, y en cuyo desarrollo participan 21 laboratorios distribuidos en las diferentes comunidades autónomas.*

*En este artículo se describen brevemente los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) desarrollados por los titulares de las centrales nucleares y de otras instalaciones del ciclo del combustible, así como las redes de vigilancia radiológica ambiental de ámbito nacional.*

### INTRODUCCIÓN

Los primeros programas para determinar la radiactividad ambiental se establecieron en los años cincuenta con el fin de vigilar la creciente contaminación provocada por las pruebas nucleares aéreas llevadas a cabo por los Estados Unidos y la Unión Soviética. En esa época

eran ya evidentes los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes y el tratado de EURATOM [1], suscrito en 1957 con objeto de fomentar el desarrollo de la energía nuclear, requirió que se elaboraran normas básicas de protección radiológica para el público y los trabajadores y que se vigilaran los niveles de radiactividad en el

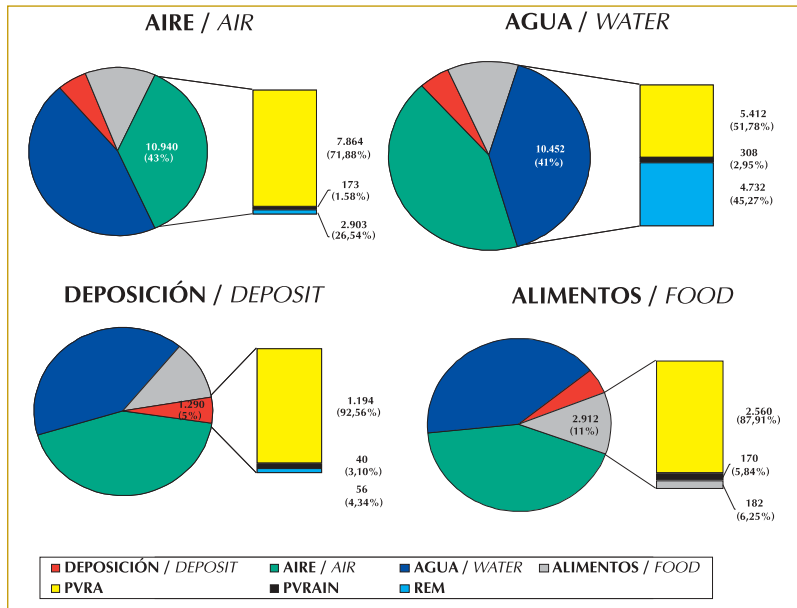


Figura 1. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Análisis realizados en cada vía vigilada.  
 Figure 1. Environmental Radiological Monitoring Programs. Analyses performed on each monitored medium.

medio ambiente. El Tratado, aún vigente, establece en su artículo 35 que cada Estado miembro disponga de las instalaciones necesarias para controlar de modo permanente el índice de actividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, y garantice el cumplimiento de las normas básicas de protección radiológica. Asimismo, el artículo 36 establece la obligación de informar a la Comisión de la Unión Europea de los resultados de dicha vigilancia.

El sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental establecido en España está integrado por la red de vigilancia de la zona de influencia de las centrales nucleares y de las otras instalaciones del ciclo del combustible nuclear, en la que los titulares desarrollan sus PVRA y en la que el CSN superpone sus propios programas de control, y la Red nacional de vigilancia, integrada por estaciones automáticas de medida (REA) y estaciones de muestreo (REM). Los programas se adaptan a las recomendaciones de la Comisión de la Unión Europea [2] e incluyen la recogida y análisis de muestras en las

principales vías por las que se produce la transferencia al hombre de los radionucleidos presentes en el medio ambiente.

El objetivo básico de esta vigilancia es detectar la presencia de los elementos radiactivos presentes en el medio ambiente y vigilar su evolución, de modo que permita determinar las causas de sus posibles incrementos, estimar el riesgo radiológico potencial para la población y tomar, en su caso, las adecuadas medidas de protección. En la figura 1 se recoge, a título indicativo, el número total de análisis realizados anualmente en las distintas vías de exposición, así como su distribución porcentual en función de los distintos programas de vigilancia a los que se asocian [3].

### VIGILANCIA EN EL ENTORNO DE LAS INSTALACIONES

En la zona de influencia de las instalaciones, los PVRA permiten obtener medidas representativas de la radiactividad en las vías de exposición potencial

workers be drawn up and that the levels of radioactivity in the environment be monitored. Article 35 of that Treaty, which is still in force, stipulated that each Member State have the necessary installations to permanently control the activity rate in the atmosphere, water and ground, and that it ensure that the basic radiological protection standards are observed. In addition, article 36 establishes the obligation of reporting the monitoring results to the European Union Commission.

The system of environmental radiological monitoring networks set up in Spain is formed by the monitoring network of the zones of influence of nuclear power plants and other nuclear fuel cycle facilities, in which the owners develop their PVRA and over which the CSN superimposes its own control programs, and the national monitoring network composed of automatic metering stations (REA) and sampling stations (REM). The programs are consistent with the recommendations of the European Union Commission [2] and include the collection and analysis of samples in the main channels through which radionuclides present in the environment are transferred to man.

The primary purpose of this monitoring is to detect the presence of radioactive elements in the environment and monitor their evolution in order to determine the causes of possible increases, estimate the potential radiological risk to the population and, if necessary, take suitable protective measures. For informative purposes, figure 1 shows the total number of analyses made a year in the different channels of exposure, as well as their distribution by percent among the different monitoring programs with which they are associated [3].

### MONITORING AROUND FACILITIES

The PVRA are used in the zones of influence of nuclear facilities to obtain representative measurements of the radioactivity in the most significant channels of potential exposure, and to verify the effectiveness of established effluent control programs and environmental radionuclide transfer models. These programs define a series of sampling points and a sampling and sample analysis frequency in the facility's zone of influence; these are more heavily concentrated and more frequent in areas affected by liquid and gaseous discharges under normal operating conditions. In addition, these programs consider three well differentiated aspects:

- Sampling, analysis and measurement of the levels of radiation and the radionuclides existing in the environment in a circular area, which for the nuclear power plants has a 30 km. radius.
- Census of ground and water uses in the zone of influence, in order to monitor any changes that occur and verify that the modifications required in the PVRA as a result of these changes are made.
- An analytical quality control program of the





Figura 2. Centrales nucleares y otras instalaciones del ciclo de combustible españolas.  
 Figure 2. Spanish Nuclear Power Plants and other Fuel Cycle Installations.

environmental monitoring, covering between 5 and 15% of the samples and analyses.

Monitoring around nuclear and radioactive fuel cycle facilities began to be implemented in the early days of the Spanish nuclear program, i.e. in the late 1960s, and it has been developed on the basis of the facilities' different stages of life – pre-operational, operational, and dismantling and decommissioning. Figure 2 shows a summary of the locations and main features of the nuclear power plants and fuel cycle facilities.

The number and location of sampling points, the types of samples to be taken and the required analyses are selected in the pre-operational phase. In this phase, which lasts at least two years, the site is radiologically characterized before it is affected by discharges from the facility. Monitoring is done in the main channels of human exposure to radiation and also in other elements of the ecosystem that are good indicators of radioactivity evolution in the environment, and it is based on requirements established by the CSN [4]. Table I lists the programs developed in the nuclear power plants.

The collected data are used to estimate the dose received by the surrounding population as a result of facility operation; however, since the component of external exposure due to the radioactive fund cannot be distinguished, the facility's contribution to the radiological impact is determined by the facility's discharges, taking into consideration the characteristics of each site. The results obtained, although they vary from one facility to another, are much lower than the dose limits set for the public, they represent a small fraction of the limits established for facility discharges, and they are also much lower than the natural fund levels.

más importantes y verificar la bondad de los programas establecidos de control de efluentes y de los modelos de transferencia de los radionucleidos en el medio ambiente. Estos programas definen un conjunto de puntos de muestreo y una frecuencia de recogida y análisis de las muestras en la zona de influencia de la instalación, cuya distribución y frecuencias tienen mayor densidad en las áreas afectadas por las descargas líquidas y gaseosas en condiciones normales de operación. Asimismo, consideran tres aspectos bien diferenciados:

- El muestreo, análisis y medida de los niveles de radiación y de los radionucleidos existentes en el medio ambiente en un área circular, que en las centrales nucleares es de 30 km. de radio.
- El censo del uso de la tierra y el agua en la zona de influencia, que permite vigilar los cambios producidos y verificar que se realizan las modificaciones necesarias en los PVRA acordes con dichos cambios.
- Un programa de control de calidad analítico sobre la vigilancia ambiental establecida, con un

alcance entre el 5 y el 15% de las muestras y análisis.

La vigilancia en el entorno de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible empezó a implantarse en los comienzos del programa nuclear español, a finales de la década de los 60, y se ha desarrollado según las diferentes etapas de la vida de las instalaciones, pre-operacional, operacional y de desmantelamiento y clausura. En la figura 2 se presenta un resumen de la ubicación y principales características de las centrales nucleares e instalaciones del ciclo del combustible.

La selección del número y ubicación de los puntos de muestreo, del tipo de muestras a recoger y de los análisis requeridos, se realiza en la fase preoperacional. Esta fase, con una duración mínima de dos años, permite caracterizar radiológicamente el emplazamiento antes de que se vea afectado por los vertidos de la instalación. La vigilancia se efectúa en las principales vías de exposición del hombre a las radiaciones y, adicionalmente, en otros elementos del ecosistema que son

<b>Tabla I / Table I</b> <b>Programa de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las centrales nucleares.</b> <b>Environmental Radiological Monitoring Program in the Vicinity of Nuclear Power Plants.</b>		
<b>Tipo de muestra</b> <i>Type of Sample</i>	<b>Frecuencia de muestreo</b> <i>Sampling Frequency</i>	<b>Análisis realizados</b> <i>Analyses Made</i>
Aire/ <i>Air</i>	Muestreo continuo con cambio de filtro semanal <i>Continuous sampling with weekly filter change</i>	Actividad beta total / <i>Total beta activity</i> Sr-90 Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$ I-131
Radiación directa <i>Direct radiation</i>	Cambio de dosímetros después de un periodo de exposición máximo de un trimestre / <i>Change of dosimeters after a maximum exposure period of one quarter</i>	Tasa de dosis integrales / <i>Integrated dose rate</i>
Agua potable <i>Drinking water</i>	Muestreo quincenal o de mayor frecuencia <i>Fortnightly or more frequent sampling</i>	Actividad beta total / <i>Total beta activity</i> Actividad beta resto / <i>Beta activity balance</i> Sr-90 Tritio / <i>Tritium</i> Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$
Agua de lluvia <i>Rainwater</i>	Muestreo continuo con recogida de muestreo mensual <i>Continuous sampling with monthly sample collection</i>	Sr-90 Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$
Agua superficial y subterránea <i>Surface and quarterly water</i>	Muestreo de agua superficial mensual o de mayor frecuencia y de agua subterránea trimestral o de mayor frecuencia / <i>Monthly or more frequent surface water and quarterly or more frequent underground water sampling</i>	Actividad beta total / <i>Total beta activity</i> Actividad beta resto / <i>Beta activity balance</i> Tritio / <i>Tritium</i> Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$
Suelo, sedimentos y organismos indicadores <i>Soil, sediment and indicator organisms</i>	Muestreo de suelo anual y sedimentos y organismos indicadores semestral / <i>Annual soil &amp; biannual sediment and indicator organism sampling</i>	Sr-90 Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$
Leche y cultivos <i>Milk &amp; crops</i>	Muestreo de leche quincenal en época de pastoreo y mensual el resto del año y cultivos en época de cosechas / <i>Fortnightly milk sampling in grazing epoch &amp; monthly the rest of the year and crops at harvest time</i>	Sr-90 Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$ I-131
Carne, huevos, peces mariscos y miel <i>Meat, eggs, fish, shellfish &amp; honey</i>	Muestreo semestral <i>Biannual sampling</i>	Espectrometría / <i>Spectrometry</i> $\gamma$

buenos indicadores de la evolución de la radiactividad en el medio ambiente, y se basa en los requisitos que establece el CSN [4]. En la Tabla I se detallan, a título indicativo, los programas desarrollados en las centrales nucleares.

Los datos recogidos se utilizan para estimar las dosis que recibe la población del entorno como consecuencia de la operación de las instalaciones; sin embargo, dado que en la exposición externa no se puede discriminar la componente debida al fondo radiactivo, la contribución de la instalación al impacto radiológico se determina a partir de los vertidos de las mismas teniendo en cuenta las características de cada emplazamiento. Los resultados obtenidos, aunque varían de

una instalación a otra, son muy inferiores a los límites de dosis para el público, representan una pequeña fracción de los límites establecidos para los vertidos de las instalaciones y son, asimismo, muy inferiores a los correspondientes al fondo natural.

El CSN lleva a cabo un control independiente de los PVRA de las instalaciones mediante programas propios de vigilancia, cuyo alcance se ha establecido en el 5% de las muestras y análisis tomadas en la aplicación de los PVRA; los puntos de muestreo, el tipo de muestras y los análisis realizados coinciden con los efectuados por los titulares. El CSN realiza también auditorías e inspecciones periódicas relativas a estos programas.

*The CSN independently controls the PVRA of nuclear facilities through its own monitoring programs, having established a scope of 5% of the samples taken and analyses made as part of the PVRA; the sampling points, type of samples and analyses made coincide with those done by the owners. The CSN also performs periodic audits and inspections of these programs.*

*Every year, the facilities send the CSN the results of the monitoring programs and corresponding quality controls and, every three years, an update of the ground and water use census. The CSN evaluates these results by considering the data obtained during the pre-operational phase and values from previous years and then analyzing their evolution during the facility's operating period; it also does a study of the results of the PVRA data quality control program. The values obtained in the different annual campaigns are similar and, from them, it can be concluded that the environmental quality around the facilities is being maintained at acceptable levels from a radiological point of view.*

*The nuclear facilities also have monitoring plans in place in the event of an accident which are*

based on the programs in normal operation. In this case, the decisions concerning the points chosen for data collection and sampling can be alternated depending on the accident's evolution, the actual or anticipated release of radioactive material, the current meteorological conditions and their predicted evolution. Based on the collected data, the doses that the population would receive would be estimated and preventive protection measures would be taken. The effectiveness of planned measures are contrasted almost every year during Emergency Drills to train all personnel who might have to execute them in an actual emergency situation, as well as to identify possible execution or coordination deficiencies that could occur. If any deficiencies are identified, the programs are corrected, modified and completed as necessary.

#### ENVIRONMENTAL RADIOLOGICAL MONITORING NOT ASSOCIATED WITH FACILITIES

In order to continuously track the population's exposure to ionizing radiation, nationwide environmental radiological monitoring networks have been implemented to ascertain the radiological quality of the environment throughout the territory. The Spanish system is the CSN's Environmental Radiological Monitoring Network (REVIRA), composed of a Network of Sampling Stations (REM), a Network of Automatic Stations (REA), the Automatic Station Networks of the autonomous regions of Valencia, Catalonia, Extremadura and Basque Country, and the Radioactivity Warning Network (RAR) run by Civil Defense.

The established monitoring programs provide information on the concentration, distribution and evolution of the radionuclides present in the environment and on the levels of environmental radiation. The results obtained are recorded, together with the PVRA data, in an environmental measurement bank (the CSN's KEEPER database), thus making it possible to establish a range of characteristic radioactive fund values in each region and obtain reference levels at any time, as well as have access to empirical data for estimating the potential radiological impact on the population. The CSN issues publications every year on all the monitoring programs and their results [3] and reports them to the Senate and Congress; it also sends information to the European Union Commission within the framework of the Euratom Treaty.

The REM is composed of a Dense Network, with numerous sampling points distributed in such a way that the entire national territory can be adequately monitored, and a Spaced Network that contains very few sampling points where more precise measurements are made in order to detect existing values, however low they may be. These are used to confirm the results obtained in the Dense Network which, on many occasions, are lower than the detection levels. The CSN has collaboration agreements with universities from the

Las instalaciones remiten anualmente al CSN los resultados de los programas de vigilancia y de los controles de calidad correspondientes y, cada tres años, una actualización del censo del uso de la tierra y el agua. El CSN evalúa estos resultados considerando los datos obtenidos durante la fase preoperacional y los valores de años anteriores, analizando su evolución durante el período de operación de la instalación y realizando, asimismo, un estudio de los resultados del programa de control de calidad de los datos del PVRA. Los valores obtenidos en las diferentes campañas anuales son similares y permiten concluir que la calidad medioambiental alrededor de las instalaciones se mantiene en condiciones aceptables desde el punto de vista radiológico.

Las instalaciones nucleares tienen además previstos planes de vigilancia en caso de accidente basados en los programas en operación normal. En este caso, las decisiones sobre los puntos elegidos para la recogida de datos y muestras se pueden ir alterando en función de la evolución del accidente, de la descarga real o prevista de material radiactivo, de las condiciones meteorológicas presentes y de su evolución previsible. A partir de los datos recogidos, se efectuarían las estimaciones de las dosis que podría recibir la población y se tomarían medidas preventivas de protección. La efectividad de las medidas previstas se contrastan casi todos los años durante los Simulacros de Emergencia para entrenar a todo el personal que pudiera tener que ejecutarlas en una situación de emergencia real, así como para identificar posibles fallos de ejecución o de coordinación que pudieran producirse. En tal caso, los programas se corrigen, modifican y completan en la forma precisa.

#### LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL NO ASOCIADA A INSTALACIONES

Para efectuar un seguimiento continuo de la exposición de la población a las radiaciones ionizantes se dispone de redes de vigilancia radiológica ambiental de ámbito nacional, que permiten conocer la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio. El sistema español está constituido por la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN (REVIRA), integrada por una Red de Estaciones de Muestreo (REM), una Red de Estaciones Automáticas (REA), por las Redes de Estaciones Automáticas de las Comunidades Autónomas de Valencia, Cataluña, Extremadura y País Vasco, y por la Red de Alerta a la Radiactividad (RAR) de Protección Civil.

Los programas de vigilancia establecidos proporcionan información sobre la concentración, distribución y evolución de los radionucleidos presentes en el medio ambiente y sobre los niveles de radiación ambiental. Los resultados obtenidos se integran, junto con los datos de los PVRA, en un banco de medidas medioambientales (Base de datos KEEPER del CSN), que permite establecer un rango de valores característicos del fondo radiactivo en cada región y obtener en cualquier momento niveles de referencia, así como disponer de datos empíricos para poder estimar el impacto radiológico potencial sobre la población. El CSN edita anualmente publicaciones sobre todos los programas de vigilancia y sus resultados [3] e informa al Congreso y al Senado sobre los mismos, remitiendo además información a la Comisión de la Unión Europea, en el marco del Tratado de Euratom.





Figura 3. Puntos de muestreo de la atmósfera y el medio terrestre de la REM.  
Figure 3. REM Atmospheric and Ground Sampling Points.

La REM esta integrada por una Red Densa, con numerosos puntos de muestreo distribuidos de modo que quede adecuadamente vigilado todo el territorio nacional, y una Red Espaciada, constituida por muy pocos puntos de muestreo en los que se realizan unas medidas más precisas, de modo que se detecten los valores existentes, por muy bajos que sean, que permitan confirmar los resultados obtenidos en la Red Densa que, en muchas ocasiones, son inferiores a los niveles de detección. El CSN tiene establecidos acuerdos de colaboración con universidades de las distintas Comunidades Autónomas, con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y con el Centro de Experimentación y Obras Públicas del Ministerio de Fomento (CEDEX), para la ejecución de los programas, en los que participan en total 21 laboratorios.

En el mapa de la figura 3 se

muestran los puntos de muestreo de la atmósfera y el medio terrestre, para las redes Densa y Espaciada de la REM.

Además de estos programas, se llevan a cabo planes especiales de vigilancia cuando se producen incidentes que suponen la contaminación en mayor o menor medida del medio ambiente y se desarrollan proyectos especiales para determinar los niveles de radiación o contaminación de origen natural. Ejemplos de ello son el proyecto MARNA [5], que ha permitido disponer de un mapa de radiación natural de España, o el proyecto RADÓN, para la determinación de los niveles de radón en viviendas.

### CALIDAD EN LOS PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA

El desarrollo de la vigilancia radiológica, además de la evidente

different autonomous regions, with the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), and with the Experimentation and Public Works Center of the Ministry of Public Works (CEDEX) to execute the programs, in which a total of 21 laboratories take part.

The map in Figure 3 shows the atmospheric and ground sampling points for the dense and spaced networks of the REM.

In addition to these programs, special monitoring plans are carried out when incidents occur that result in more or less contamination of the environment, and special projects are developed to determine the levels of radiation or contamination from natural sources. Examples of these are project MARNA [5], which has helped create a natural radiation map of Spain, and project RADON for determining the levels of radon in homes.

### QUALITY IN RADIOLOGICAL MONITORING PROGRAMS

In addition to the obvious task of obtaining data, the development of radiological monitoring involves data comparison tasks, the purpose of which is sometimes to determine how good the obtained values are and at others the magnitude of the radiological impact caused by the activity in question. Therefore, it is imperative to implement quality criteria in the monitoring programs.

In this respect, the CSN, on a yearly basis, carries out laboratory intercomparison exercises intended to assure the quality of results. On the other hand, professional associations such as the Spanish Nuclear Society and the Spanish Radiological Protection Society have sponsored nationwide harmonization meetings supported by the CSN, the aim of which is to develop quality assurance methodologies for monitoring programs. These meetings are held on a biennial basis, and the papers presented and the conclusions drawn are published [6]. Along these same lines, the Spanish Standardization Association (AENOR) promotes the publication of national standards that harmonize the methodologies used for environmental measurements.

The result of these activities is the availability of harmonized standards and procedures, as well as a growing number of laboratories certified by this national organization and, needless to say, of increasingly consistent results in the intercomparison exercises. This all ensures the availability of monitoring programs in keeping with the very highest quality standards.

## CONCLUSIONS

In Spain, just as in other countries, special emphasis has been placed on radiological monitoring of the environment, even before the nuclear industry was developed. The technological advances and expertise acquired since then have made it possible to improve and complete a radiological monitoring system that guarantees that the radiological quality of the environment is adequate and that the necessary means are available to take suitable measures to protect the population, in the hypothetical event that the population is exposed to contamination exceeding admissible levels as a result of accident situations caused by activities developed in Spain or in any other country.

## REFERENCES

- [1] Final minutes of the intergovernmental conference on the common market and Euratom. BOE nº 1. 1, January 1986.
- [2] Recommendation of the Commission dated June 8, 2000, regarding application of Article 36 of the Euratom Treaty, with a view to evaluating the exposure of the population as a whole.
- [3] CSN. Collection of Technical Reports. 9.2002. "Environmental radiological monitoring programs. Results 2001"
- [4] CSN Safety Guideline 4.01. Design and development of the environmental radiological monitoring program for nuclear power plants.
- [5] CSN. Collection of Technical Reports 5.2000. "MARNA Project. Natural gamma radiation map".
- [6] Meetings on quality in the control of environmental radioactivity. Bilbao, September 1998-Salamanca 2000. University of the Basque Country, University of Salamanca, CSN.

tarea de obtención de datos, lleva anexas tareas de comparación de los mismos, cuya finalidad es conocer unas veces la bondad de los valores obtenidos y otras la magnitud del impacto radiológico producido por la actividad en cuestión. Por ello la implantación de criterios de calidad en los programas de vigilancia resulta de una necesidad imperiosa.

En este sentido, el CSN realiza, con periodicidad anual, ejercicios de intercomparación de laboratorios encaminados a garantizar la calidad de los resultados. Por su parte, asociaciones profesionales como la Sociedad Nuclear Española y la Sociedad Española de Protección Radiológica, han impulsado la realización de jornadas de armonización de ámbito nacional apoyadas por el CSN, encaminadas a desarrollar metodologías de aseguramiento de la calidad en los programas de vigilancia. La periodicidad de estas jornadas es bienal y se publican las ponencias presentadas y las conclusiones obtenidas [6]. En esta misma línea, la Asociación Española para la Normalización (AENOR) promueve la emisión de normas nacionales que armonicen las metodologías utilizadas en la determinación de las medidas ambientales.

Fruto de estas actuaciones es la disponibilidad de normas y procedimientos armonizados así como de un número creciente de laboratorios acreditados por la entidad nacional y, como no, de unos resultados cada vez más homogéneos en los ejercicios de intercomparación que permiten afirmar la disponibilidad de unos programas de vigilancia acordes con los más altos estándares de calidad.

## CONCLUSIONES

En España, al igual que en otros muchos países, se ha prestado una especial dedicación a la vigilancia radiológica del medio ambiente con anterioridad incluso al desarrollo de su industria nuclear. Los avances tecnológicos y del conocimiento adquiridos desde entonces han permitido mejorar y completar un sistema de vigilancia radiológica que permite garantizar que la calidad radiológica del medio ambiente es adecuada y que se dispone de los medios necesarios para tomar las medidas idóneas de protección de la población en el caso hipotético de que éste se viera contaminado por encima de los niveles permisibles como consecuencia de situaciones accidentales derivadas de actividades desarrolladas tanto en España como en cualquier otro país.

## REFERENCIAS

1. Acta final de la conferencia intergubernamental sobre mercado común y el Euratom. BOE nº 1. 1 de Enero 1986.
2. Recomendación de la Comisión de 8 de Junio de 2000, relativa a la aplicación del Artículo 36 del Tratado de Euratom, con vistas a evaluar la exposición del conjunto de la Población.
3. CSN. Colección de Informes Técnicos. 9.2002. "Programas de vigilancia radiológica ambiental. Resultados 2001"
4. CSN Guía de Seguridad 4.01. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia radiológica ambiental para centrales nucleares
5. CSN. Colección de Informes Técnicos.5.2000. "Proyecto MARNA. Mapa de radiación gamma natural"
6. Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental. Bilbao, septiembre 1998-Salamanca 2000. Universidad del País Vasco, Universidad de Salamanca, CSN.

# GESTIÓN DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

## MANAGEMENT OF RADIOLOGICAL EMERGENCIAS

**Juan C. Lentijo.** Director Técnico de Protección Radiológica, CSN / *Technical Director of Radiological Protection, CSN.*

**Eugenio Gil.** Subdirector General de Emergencias, CSN / *Deputy General Director of Emergencias, CSN.*

**Juan San Nicolás.** Director General. DGPC / *General Director. DGPC.*

**José Antonio Lazúen.** Subdirector General de Planes y Operaciones. DGPC. / *Deputy General Director of Plans and Operations. DGPC.*

84 *En España existe un sistema de planificación y respuesta ante situaciones de emergencia que estructura y coordina la Dirección General de Protección Civil del Ministerio del Interior y en el que participan todos los niveles de la Administración Pública -estatal, autonómico y municipal- y los titulares de actividades con riesgo potencial. Las actividades con riesgo nuclear o radiológico disponen de planes de emergencia específicos cuyas bases generales se incardinan en el sistema general de emergencias y cuyas bases técnicas con coherentes con las prácticas y recomendaciones internacionales. El Consejo de Seguridad Nuclear participa activamente en el diseño, implantación y activación de estos planes para lo que dispone de una organización superpuesta a su organización de trabajo ordinaria que se activa en caso de accidente y una Sala de Emergencia específicamente diseñada para hacer frente a emergencias nucleares y radiológicas.*

*Spain has a system of planning and response to emergency situations that is structured and coordinated by the General Directorship of Civil Defense of the Ministry of the Interior and in which all levels of the Public Administration - state, autonomous and municipal - and owners of potentially hazardous activities participate. Activities involving a nuclear or radiological risk have specific emergency plans whose general principles are based on the general emergency system and whose technical bases are consistent with international practices and recommendations. The Consejo de Seguridad Nuclear actively participates in the design, implementation and activation of these plans, and for this purpose has an organization superimposed on its ordinary working organization that is activated in the event of an accident, as well as an Emergency Room specifically designed to deal with nuclear and radiological emergencies.*

La gestión de emergencias radiológicas en España se encuadra dentro de los sistemas reguladores de Protección Civil y del uso de la energía nuclear y las radiaciones ionizantes. Desde la perspectiva de la Protección Civil, se establecen las competencias, funciones y responsabilidades de las Administraciones Públicas y de los titulares de las prácticas, así como los principios generales de planificación

y organización para la respuesta en situaciones de emergencia. Desde la perspectiva de la regulación nuclear, se establecen los criterios específicos relativos a los niveles y a las técnicas de intervención radiológica, y las medidas de protección en los que se basan los planes.

La planificación de las emergencias radiológicas se estructura en dos niveles de respuesta, nivel de respuesta interior y nivel

*The management of radiological emergencies in Spain falls under the regulatory systems for Civil Defense and for the use of nuclear power and ionizing radiation. The competencies, functions and responsibilities of the Public Administrations and facility owners are established, as well as the general principles of planning and organization for the response to emergency situations. In the area of nuclear regulation, specific criteria are established regarding the levels and techniques of radiological intervention, as well as the protective measures on which the plans are based.*



*Radiological emergency planning is structured on two levels of response: interior response level and exterior response level. These are contained in interior emergency or corporate self-protection plans that are regulated by legislation on nuclear power and the use of ionizing radiation and the management of which is the responsibility of the activity owner, and in exterior emergency plans regulated by Civil Defense legislation and for which the public authorities are responsible.*

### INTERIOR RESPONSE LEVEL

*The Nuclear Energy Act is developed in regulations that, among other things, specify the requirements that must be met by interior emergency plans for those radiological practices to be authorized, and the bases of the national radiological protection system in matters of intervention.*

*The primary purpose of interior emergency plans is to reduce the potential impact inside each facility and on the exterior of accidents that could occur, and to define suitable procedures to reestablish safety conditions in the facility as soon as possible after an accident. Interior emergency plans account for likely accidents that are more serious than those considered in the installation's design base.*

*Interior emergency plans are an essential requirement for achieving the permit to put radiological practices into operation. The Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) is the body in charge of establishing the technical standards on which the scope and objectives of the interior emergency plan are based; the typology and classification of accidents to be considered on drawing up the plan; the owner's response organization, and the protective measures, procedures, means and resources that the owners should have available to deal with accidents that could occur in their facilities.*

*Approval of interior emergency plans and maintenance of their capabilities are controlled by the CSN, which issues safety guidelines on the contents and scope of the plans based on IAEA recommendations, evaluates the plans and their modifications, and controls their implementation through inspections and audits.*

*Each nuclear facility carries out a general drill every year to activate its interior emergency plan, in order to check on the effectiveness of the protective and safety measures established in the plan, and it develops a program of specific exercises for personnel training and instruction.*

*Radioactive facilities also have interior emergency plans, the main purpose of which is to restore safe conditions after an accident. The radioactive material transportation business also has its own emergency plan that is governed by the IAEA's Regulation on Nuclear and Radioactive*

de respuesta exterior, que se concretan en planes de emergencia interior o de autoprotección corporativa, regulados por la legislación sobre la energía nuclear y el uso de las radiaciones ionizantes, cuya gestión es responsabilidad del titular de la actividad, y de planes de emergencia exterior regulados por la normativa de Protección Civil, que son responsabilidad de las autoridades públicas.

### NIVEL DE RESPUESTA INTERIOR

La Ley de energía nuclear se desarrolla en reglamentos que fijan, entre otras materias, los requisitos que deben cumplir los planes de emergencia interior de aquellas prácticas radiológicas que vayan a ser autorizadas, y las bases del sistema nacional de protección radiológica en materia de intervenciones.

El principal objetivo de los planes de emergencia interior es reducir, dentro de cada instalación y hacia el exterior, el impacto potencial de los accidentes que pudieran ocurrir y definir los procedimientos adecuados para restablecer, tras un accidente, las condiciones de seguridad en la instalación tan pronto como sea posible. Los planes de emergencia interior tienen en cuenta accidentes verosímiles más graves que los contemplados en la base de diseño de la instalación.

Los planes de emergencia interior son un requisito imprescindible para la autorización de la puesta en marcha de las prácticas radiológicas. El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el organismo encargado de establecer las normas técnicas en las que se fijan el alcance y objetivos del plan de emergencia interior; la tipología y clasificación de los accidentes a tener en cuenta en

la elaboración del plan; la organización de la respuesta del titular, y las medidas de protección, procedimientos, medios y recursos que deben tener disponibles los titulares para hacer frente a los accidentes que puedan ocurrir en su instalación.

La aprobación de los planes de emergencia interior, y el mantenimiento de sus capacidades, son objeto de control por parte del CSN, que emite guías de seguridad sobre el contenido y alcance de los planes basadas en las recomendaciones del OIEA, evalúa los planes y sus modificaciones, y controla su implantación mediante inspecciones y auditorías.

Cada instalación nuclear realiza anualmente un simulacro general de activación de su plan de emergencia interior para comprobar la eficacia de las medidas de protección y seguridad establecidas en su plan, y desarrolla un programa de ejercicios específicos para formación y entrenamiento de su personal.

Las instalaciones radiactivas disponen también de planes de emergencia interior, cuyo objetivo principal es restablecer las condiciones de seguridad tras un accidente. Igualmente, los transportes de materiales radiactivos disponen también de un plan de emergencia propio que se rige por el Reglamento de Transporte de Materiales Nucleares y Radiactivos del OIEA transpuesto a los acuerdos europeos de transporte de mercancías peligrosas.

### NIVEL DE RESPUESTA EXTERIOR

La Ley 2/1985 de 21 de enero de Protección Civil se desarrolla en la Norma Básica (RD 407/1992 de 24 de abril), donde se recoge la tipología de los planes de emergencia de Protección

Civil. Así, establece que aquellos riesgos para los cuales existe o pueda existir una metodología científico-técnica para su análisis se catalogan como planes especiales. Dentro de estos riesgos se contemplan aquellos que se consideran siempre de interés nacional, cuya planificación se regula a través de los denominados "Planes Básicos", y aquellos otros en los que no siempre está implícito el interés nacional, cuya planificación se regulan a través de directrices básicas.

Se incluyen en los primeros los riesgos que corresponden a accidentes en centrales nucleares, que fueron regulados a través del *Plan Básico de Emergencia Nuclear* (PLABEN). Entre los segundos, en relación con las emergencias radiológicas, se incluyen los riesgos del transporte de material radiactivo, regulados por la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Accidentes en los Transportes de Mercancías Peligrosas por Carretera y Ferrocarril* (RD 387/1996 de 1 de marzo).

La planificación del resto de los riesgos que puedan dar lugar a situaciones de emergencias por accidentes que involucren fuentes radiactivas se regularán a través de la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Emergencias Radiológicas*, actualmente en proceso de elaboración.

Los planes de emergencia regulados por directrices básicas son elaborados y puestos en práctica por las autoridades autonómicas ya que, en caso de riesgos de origen tecnológico, previsiblemente su alcance se circunscribirá al entorno inmediato de la fuente accidentada y no requerirá, en principio, una respuesta en la que esté implícito el interés nacional. Por el contrario, los planes de emergencia exterior

de las centrales nucleares, como se ha dicho anteriormente, son considerados "siempre de interés nacional", por lo que en ellos la competencia y la responsabilidad del Estado abarca todas las fases de la planificación, incluyendo la relativa a la prevención, vigilancia y control de las emergencias potenciales con el concurso de las Administraciones competentes; la implantación del plan; el mantenimiento de la efectividad; la información a las administraciones afectadas y a la población, y la dirección de todas las actuaciones; todo ello, sin perjuicio de la participación del resto de las administraciones públicas.

El objetivo de los planes de emergencia exterior es disponer de la organización y de los medios y recursos necesarios para poner en práctica las medidas de protección adecuadas para evitar o, al menos, reducir en lo posible los efectos adversos de las radiaciones ionizantes sobre la población y los bienes.

### **Plan de emergencia nuclear**

Los planes de emergencia exterior de las centrales nucleares se redactan, aprueban e implantan de acuerdo con el Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN). El vigente PLABEN fue aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 3 de marzo de 1989, y actualmente ha sido revisado y se encuentra en tramitación para su aprobación por el Gobierno, una vez informado favorablemente por la comisión Nacional de Protección Civil.

El PLABEN se orienta específicamente a la planificación de la fase urgente de la emergencia. Sus bases radiológicas se concretan en la clasificación de los accidentes que activan el plan de emergencia, el alcance geográfico de la planificación, las

*Material Transportation, transposed to European agreements on hazardous goods transportation.*

### **EXTERIOR RESPONSE LEVEL**

*Civil Defense Act 2/1985 dated January 21 is developed in basic legislation (RD 407/1992 dated April 24), which specifies the typology of Civil Defense emergency plans. It specifies that those risks for which a scientific-technical methodology exists or may exist for their analysis be catalogued as special plans. These risks include those that are always considered to be in the national interest, the planning of which is regulated through the so-called "Basic Plans", and those other risks in which the national interest is not always implicit, the planning of which is regulated through basic directives.*

*The former include risks corresponding to accidents in nuclear power plants, which were regulated through the Basic Nuclear Emergency Plan (PLABEN). The latter include, in relation to radiological emergencies, the risks of transporting radioactive material, regulated by the Basic Directive on Civil Defense Planning Against the Risk of Accidents in Hazardous Goods Transportation by Highway and Railway (RD 387/1996 dated March 1) .*

*Planning for the rest of the risks that could give rise to emergency situations through accidents involving radioactive sources will be regulated through the Basic Directive on Civil Defense Planning Against the Risk of Radiological Emergencies, which is currently being drafted.*

*The emergency plans regulated by basic directives are drafted and implemented by regional autonomous authorities because, in the case of risks of a technological origin, their scope would likely be confined to the area immediately around the source of the accident and, in principle, a response in which the national interest is implicit would not be required. On the contrary, the exterior emergency plans of nuclear powers, as mentioned above, are always considered to be in the national interest, and therefore the State's competence and responsibility for them covers all phases of planning, including that concerning prevention, monitoring and control of potential emergencies with the aid of the competent Administrations; implementation of the plan; maintenance of effectiveness; information to affected administrations and the population; and direction of all the actions, all this without detriment to the participation of the rest of the public administrations.*

*The objective of exterior emergency plans is to provide the organization and the means and resources required to implement adequate protective measures to prevent, or at least reduce as much as possible, the adverse effects of ionizing radiation on people and things.*

## Nuclear emergency plan

The exterior emergency plans of nuclear power plants are drafted, approved and implemented in accordance with the Basic Nuclear Emergency Plan (PLABEN). The current PLABEN was approved by a Council of Ministers Resolution dated March 3, 1989. It has been revised and is currently in the process of being approved by the Government, subject to a favorable report by the National Civil Defense Board.

The PLABEN specifically focuses on planning of the urgent phase of the emergency. Its radiological bases include the classification of accidents that activate the emergency plan, the geographical scope of planning, the specific protective measures that should be planned, and the levels of command that give orders to put the plan into practice .

The accidents that activate the emergency plan are classified into four categories, depending on the source term they may cause. The planning zone is established within a 30-kilometer radius around each plant. The urgent protective measures provided in the PLABEN are: access control, prophylaxis with stable iodine, confinement, evacuation, relocation, control of water and food, and stabling of animals. These could be complemented with other secondary actions if necessary.

Implementation of the protective measures provided in nuclear emergency plans is based on international recommendations, and more specifically on the principles of justification and optimization. Protective measures are adopted in order to reduce the doses potentially received by the population and implementers to as low a value as reasonably achievable.

Under the PLABEN, in the case of a nuclear emergency, protective measures are applied when the intervention levels established by the CSN are reached. These intervention levels have been established on the basis of the IAEA's Basic Radiological Safety Standards and the European Directive on Radiological Protection, although there is a possibility of setting different specific values for certain concrete interventions.

The text of the new draft PLABEN stipulates that the organization of the exterior response level will be composed of two different complementary and interdependent organizations: the organization of the Nuclear Emergency Plans exterior to the nuclear power plants (PEN), and the organization of the Nuclear Emergency Plan of the Central Response and Support Level (PENCRA). The emergency response at the exterior level will be directed, coordinated and executed by the PEN organization. Extraordinary nationwide support and, if necessary, international assistance will be coordinated and made available to the PEN Director through the PENCRA organization. This

medidas de protección específicas que deben preverse y los niveles de intervención que ordenan su puesta en práctica.

Los accidentes que activan el plan de emergencia se clasifican en cuatro categorías en función del mayor término fuente que pueden originar. La zona de planificación se fija en el círculo de 30 kilómetros de radio entorno a cada central. Las medidas de protección urgentes previstas en el PLABEN son: el control de accesos, la profilaxis con yodo estable, el confinamiento, la evacuación, el realojamiento, el control de aguas y alimentos y la estabulación de animales, que podrían ser complementadas con otras secundarias si fuesen necesarias.

La puesta en práctica de medidas de protección previstas en los planes de emergencia nuclear se basa en las recomendaciones internacionales y más concretamente en los principios de justificación y optimización. Las medidas de protección se adoptan con el objetivo de reducir las dosis que pudieran recibir la población y los actuantes al valor máximo razonablemente alcanzable.

El PLABEN prevé que, en caso de emergencia nuclear, las medidas de protección se apliquen cuando se alcancen los niveles de intervención establecidos por el CSN. Estos niveles de intervención han sido fijados a partir de las *Normas básicas de seguridad radiológica* del OIEA y de la *Directiva europea de protección radiológica*, aunque se contempla la posibilidad de fijar valores específicos diferentes de éstos, para alguna intervención concreta.

En el texto del proyecto del nuevo PLABEN, se establece que la organización del nivel de respuesta exterior se compondrá del conjunto de dos organizaciones distintas, complementarias e interdependientes, la organización

de los Planes de Emergencia Nuclear, exteriores a las centrales nucleares (PEN) y la organización del Plan de Emergencia Nuclear del Nivel Central de Respuesta y Apoyo (PENCRA). La respuesta de emergencia del nivel exterior será dirigida, coordinada y ejecutada por la organización del PEN. Los apoyos extraordinarios de ámbito nacional y, en su caso, la asistencia internacional, serán coordinados y puestos a disposición del Director del PEN a través de la organización del PENCRA. Esta estructura jerárquica y organizativa básica deberá integrar a todas las Administraciones Públicas llamadas a intervenir, bajo una dirección única, actuando de acuerdo con los principios de coordinación y corresponsabilidad administrativa.

En dicho proyecto, se otorga la dirección del plan exterior al Delegado del Gobierno en la Comunidad Autónoma donde se encuentre ubicada la central nuclear, quien contará con un órgano de Dirección en el que se encuentren representadas las autoridades de aquellas autonomías afectadas por el plan de emergencia exterior, que asegure la concurrencia de los medios y recursos de la Comunidad Autónoma en la que se encuentra la central que pudieran ser necesarios para la intervención.

Cada plan de emergencia nuclear exterior (PEN) cuenta con un órgano ejecutivo que dirige la puesta en práctica de las medidas de protección y las actuaciones de emergencia que ordena el director del plan; un órgano asesor de carácter científico y técnico que asesora al director del plan en aspectos específicos de la emergencia; un gabinete de información que coordina las relaciones con los medios de comunicación, y cinco grupos operativos que, bajo la dirección de cada



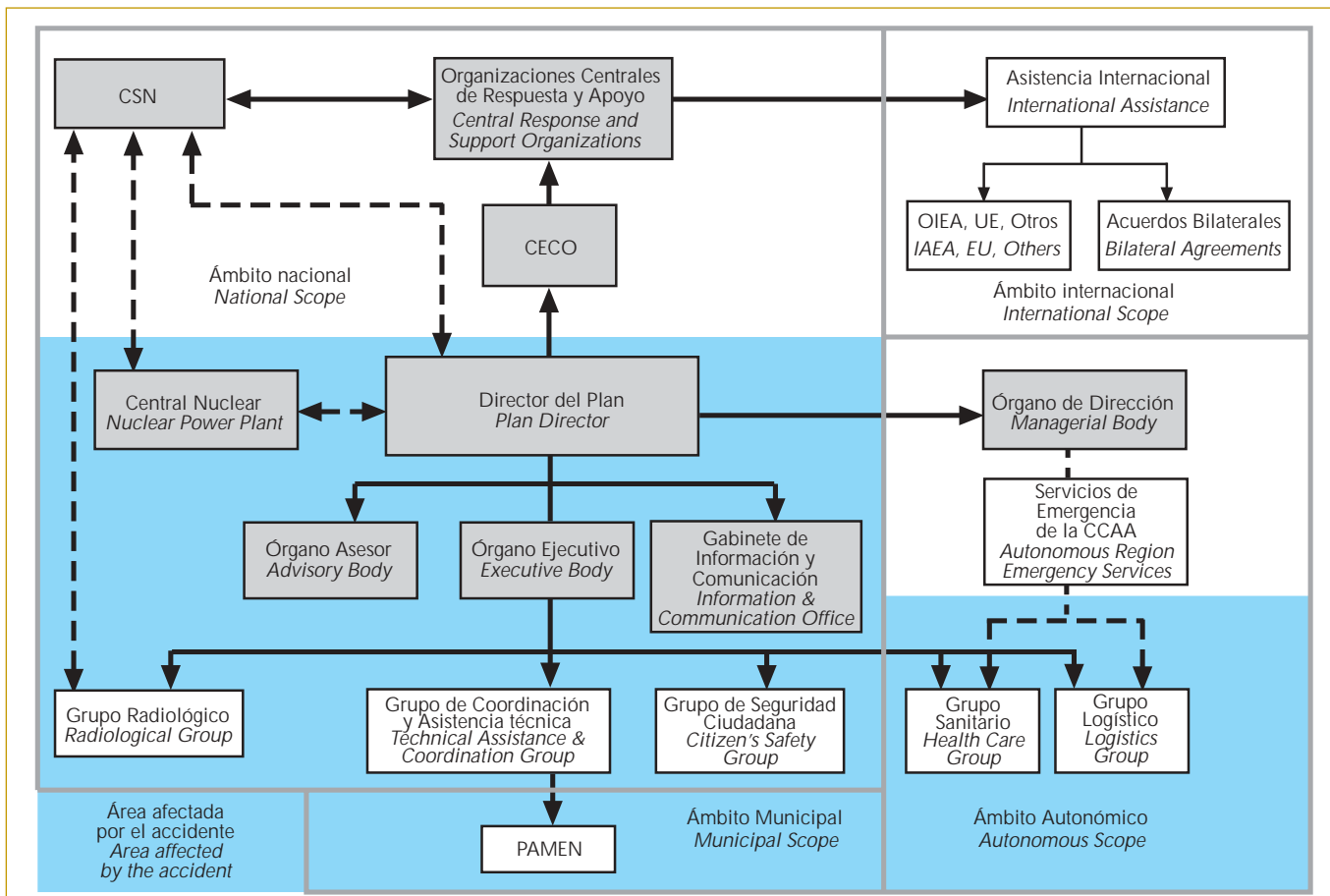


Figura 1. Organigrama de los Planes de Emergencia Nuclear.  
 Figure 1. Flow Chart of Nuclear Emergency Plans.

uno de los componentes del órgano ejecutivo, llevan a cabo todas las actuaciones previstas en el plan. (Figura 1).

Los grupos operativos son:

- *Grupo de coordinación y asistencia técnica*, responsable de la coordinación general del plan y su conexión con los planes de actuación de cada municipio.

- *Grupo de seguridad ciudadana*, que se encarga de mantener el orden en situación de emergencia y de controlar los accesos a las áreas contaminadas.

- *Grupo radiológico*, que se encarga de la caracterización radiológica y la evaluación de las consecuencias radiológicas del accidente en colaboración con el CSN.

- *Grupo logístico*, que aporta los medios de carácter general que son necesarios para la pue-

ta en práctica de las actuaciones de emergencia.

- *Grupo sanitario*, que se encarga de dar la asistencia médica a las personas afectadas por el accidente.

### Nivel central de respuesta y apoyo

En el nivel central participan las instituciones de ámbito nacional que disponen de medios y recursos adecuados para intervenir en caso de emergencia nuclear o que están vinculados por acuerdos internacionales para recabar asistencia internacional. Su actuación es coordinada por la autoridad nacional de Protección Civil, que depende del Ministerio del Interior. De forma permanente, forman parte del nivel central de respuesta: la Presidencia del Gobierno, el Ministerio de

basic hierarchical and organizational structure must be integrated into the Public Administrations called on to intervene, under a single management and in accordance with the principles of administrative coordination and joint accountability.

In this draft, direction of the exterior plan is given to the federal government's representative in the Autonomous Region where the nuclear power plant is located. The director will be assisted by a managerial body formed by representatives of the authorities of those autonomies affected by the exterior emergency plan. This ensures that the means and resources required for the intervention will be made available in the Autonomous Region where the plant is located.

Each exterior nuclear emergency plan (PEN) has an executive body that directs implementation of the protective measures and emergency actions ordered by the plan director; a scientific and technical advisory body that advises the plan director on specific emergency issues; an information office that coordinates relations with the communication media, and five operating groups that, under the direction of each of the members of the executive body, will carry out the actions called for in the Plan (Figure 1).

The operating groups are as follows:

- Technical Assistance and Coordination Group, which is responsible for general coordination of the plan and its interconnection with the action plans of each municipality.

- Citizens' Safety Group, which is in charge of keeping order in emergency situations and controlling accesses to the contaminated zones.

- Radiological Group, which is in charge of radiological characterization and evaluation of the accident's radiological consequences in collaboration with the CSN.

- Logistics Group, which provides the general means required for implementing the emergency actions.

- Health Care Group, which is in charge of providing medical assistance to people affected by the accident.

### Central response and support level

At the central level, the nationwide institutions that participate are the ones with adequate means and resources to intervene in the event of a nuclear emergency or that are bound by international agreements to ask for international assistance. Their actions are coordinated by the national Civil Defense authority, which reports to the Ministry of the Interior. The following are standing members of the central response level: the Government's Presidency, the Ministry of Defense, the Ministry of the Interior, the Ministry of Health and Consumer Protection, and the CSN. Any national, autonomous or local institutions that may be required, depending on the scope of the emergency situation, also form part of this central level.

The effective material implementation and maintenance of the effectiveness of nuclear emergency plans are intended to make and maintain adequate preparations for action in emergency situations. This requires the systematic programming, development and implementation of at least the following activities:

- Preliminary information to the population that could actually be affected.

- Theoretical and practical training, as well as training of personnel assigned to the plans.

- Definition, provision, management and maintenance of the necessary human and material means and resources.

- Verification and testing of the plans' effectiveness.

- Review and updating of plan documentation.

The programming, development and implementation of these activities require the systematic, coordinated participation of all competent authorities and concerned bodies of the Public Administrations, as well as the collaboration and participation of the owners and, if necessary, private entities.

Each exterior emergency plan must be provided with means and resources to radiologically characterize the zone potentially affected by a nuclear accident, and to implement the protective measures



Sala SALEM del Consejo de Seguridad Nuclear.  
Consejo de Seguridad Nuclear SALEM Room.

Defensa, el Ministerio de Interior, el Ministerio de Sanidad y Consumo, y el Consejo de Seguridad Nuclear. También forman parte de este nivel central las instituciones nacionales, autonómicas o locales que fuesen necesarias, en función del alcance de la situación de emergencia.

La implantación material efectiva y el mantenimiento de la eficacia de los planes de emergencia nuclear tiene por objeto alcanzar y mantener una adecuada preparación para actuar en situaciones de emergencia. Para ello es necesario programar, desarrollar y poner en práctica sistemáticamente, al menos, las siguientes actividades:

- Información previa a la población que pueda verse efectivamente afectada.

- Formación teórica y práctica, así como el entrenamiento del personal adscrito a los planes.

- Definición, provisión, gestión y mantenimiento de los medios humanos y materiales y los recursos necesarios.

- Verificación y comprobación de la eficacia de los planes.

- Revisión y actualización de la documentación de los planes.

La programación, desarrollo y puesta en práctica de estas actividades requiere la participación sistemática y coordinada de to-

das las Autoridades competentes y organismos concernidos de las Administraciones Públicas, así como la colaboración y participación de los titulares, y, en su caso, de entidades privadas.

Cada plan de emergencia exterior deberá disponer de medios y recursos para caracterizar radiológicamente la zona potencialmente afectada por un accidente nuclear, así como para poner en práctica las medidas de protección y las actuaciones de emergencia necesarias para proteger a la población frente a los riesgos que se deriven de la liberación de material radiactivo al medio ambiente.

Los medios y recursos necesarios para la activación de los planes de emergencia nuclear son aportados por las administraciones públicas, en función de las competencias ordinarias y de la dependencia orgánica del personal de cada grupo operativo y de las organizaciones municipales. Los titulares de las centrales nucleares colaboran en la organización y dotación de los planes de emergencia exterior aportando asesoramiento, medios técnicos y materiales.

### Actuación del CSN

El CSN dispone de una organización de emergencia, superpuesta a su organización ordinaria de



Simulacro de emergencia.  
Emergency drill.

trabajo, que bajo la dirección de su Presidente, cuenta con una estructura jerárquica en la que participan todas sus unidades técnicas y que se activa de acuerdo con el nivel de gravedad del accidente que desencadena la emergencia. Esta organización opera desde una Sala de Emergencias (SALEM), que opera permanentemente y que dispone de sistemas de comunicaciones y herramientas de evaluación adecuadas para asesorar técnicamente a los directores de los planes de emergencia nuclear, sobre la evolución del accidente dentro de la instalación accidentada y de sus consecuencias potenciales sobre la población.

Las capacidades propias del CSN se complementan con unos apoyos externos prestados por Unidades Técnicas de Protección Radiológica legalmente reconocidas, que prestan servicios de intervención, desarrollo y mantenimiento de capacidades técnicas y formación, entre otros aspectos, en las zonas de planificación de emergencias nucleares y en el resto del territorio nacional para emergencias radiológicas.

Dada la naturaleza específica de las emergencias nucleares y radiológicas, el CSN asume en esta materia una serie de funciones que van más allá de las competencias que le son propias como organismo regulador nuclear:

supervisión de los planes de emergencia interior y definición de los criterios radiológicos aplicables a las intervenciones.

En particular, el CSN:

- Asesora a las autoridades en la elaboración, implantación y activación de los planes de emergencia nuclear.

- En el proceso de toma de decisiones por el Director del PEN, el CSN tiene el papel principal como asesor en materia radiológica, que se complementa con la información operativa que aporte el órgano ejecutivo y la específica del comité asesor.

- Aporta personal cualificado para constituir los grupos radiológicos y medios, recursos y capacidades específicas para los diferentes planes.

- Dispone de una estructura propia de emergencia con capacidades específicas para hacer un seguimiento técnico de la instalación accidentada, evaluar las consecuencias radiológicas del accidente, recomendar medidas de intervención y recabar asistencia técnica internacional si fuese necesaria.

- Aporta o coordina recursos externos especializados en la intervención para poner en práctica medidas de protección radiológica, dosimetría, vigilancia radiológica ambiental y gestión de residuos.

and emergency actions required to protect the population against the risks resulting from the release of radioactive material to the environment.

The means and resources required for activating nuclear emergency plans are provided by the public administrations, on the basis of ordinary competences and the organic structure of the personnel in each operating group and of the municipal organizations. Nuclear power plant owners collaborate in the organization and provision of exterior nuclear plans by providing consulting services, technical means and materials.

### CSN action

The CSN has an emergency organization superimposed on its ordinary working organization. Under the direction of the President, it has a hierarchical structure in which all its technical units take part and that is activated in accordance with the seriousness of the accident that triggers the emergency. This organization works out of an Emergency Room (SALEM) that is permanently operational and that has adequate communication systems and evaluation tools to technically advise the nuclear emergency plan directors on evolution of the accident inside the facility and its potential consequences to the population.

The CSN's own capabilities are complemented by external support provided by legally recognized Technical Radiological Protection Units, which provide services of intervention, development and maintenance of technical capabilities and training, among others, in nuclear emergency planning zones and in the rest of the national territory for radiological emergencies.

Given the specific nature of nuclear and radiological emergencies, the CSN takes on a series of functions in this area that are above and beyond the duties assigned to it as a nuclear regulatory body: supervision of interior emergency plans, and definition of the radiological criteria applicable to interventions.

Specifically, the CSN:

- Advises authorities on how to prepare, implement and activate nuclear emergency plans.

- In the decision making process of the PEN Director, the CSN plays the main advisory role in radiological matters, which is complemented by operating information provided by the executive body and specific information by the advisory body.

- Contributes qualified personnel to set up the radiological groups and define the specific means, resources and capabilities for the different plans.

- Has its own emergency structure with specific capabilities for technically tracking the accident facility, evaluate the radiological consequences of the accident, recommend courses of action, and obtain international technical assistance if necessary.

- Provide or coordinate specialized external resources in the operation to implement radiological protection measures, dosimetry, environmental radiological monitoring and waste management.



# PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL ÁMBITO SANITARIO

## RADIOLOGICAL PROTECTION IN THE FIELD OF HEALTH CARE IN SPAIN

**Miguel Canellas.** Jefe del Servicio de Física y Protección Radiológica. Hospital "Clínico Lozano Blesa". Zaragoza. / *Head of the Physics and Radiological Protection Service. Hospital "Clínico Lozano Blesa", Zaragoza.*

**M<sup>a</sup> Luisa España.** Jefe de Sección del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital de "La Princesa". Madrid. / *Head of the Radiophysics and Radiological Protection Division. Hospital "La Princesa", Madrid.*

**Pedro Fernández.** Jefe de Sección de Radiofísica del Hospital "Doce de Octubre". Madrid. / *Head of the Radiophysics Department. Hospital "Doce de Octubre", Madrid.*

**Esther Millán.** Facultativo del Servicio de Física y Protección Radiológica. Hospital Clínico "Lozano Blesa". Zaragoza. / *Physician, Physics and Radiological Protection Service. Hospital "Clínico Lozano Blesa", Zaragoza.*

**Carlos Prieto.** Facultativo del Servicio de Física Medica del Hospital "Clínico San Carlos". Madrid. / *Physician, Medical Physics Service. Hospital "Clínico San Carlos", Madrid.*

Radiological Protection (RP) in a health care setting is an activity intended to protect the professionals involved in Radiodiagnostic, Nuclear Medicine or Radiotherapeutic Oncology procedures, and also the population, against the risks resulting from the use of ionizing radiation because of the impact it could have on them. In our country, application of new regulations to these practices has not involved structural changes in the facilities. Both the technological innovations and the use of new techniques in these types of procedures create a need to reassess the associated risks and to establish specific training programs for these professionals. In our country, great efforts have been made to draw up and enact regulations that assure the quality of diagnostic and therapeutic procedures using ionizing radiation, including their justification.

### INTRODUCTION

*The radiation dose resulting from the use of ionizing radiation in a health care setting can be optimized and stabilized at values that represent a controllable health risk. This is the goal of radiological protection planning in medical applications, in which very diverse professionals, ranging from physicists and physicians to biologists and*

*La Protección Radiológica (PR) en el ámbito sanitario es una actividad destinada a preservar de los riesgos derivados de la utilización de las radiaciones ionizantes a los profesionales implicados en procedimientos de Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear u Oncología Radioterápica, así como a la población por la incidencia que pueden tener en ella. En nuestro país la aplicación de nueva normativa a estas prácticas, no ha implicado cambios estructurales en las instalaciones. Tanto las innovaciones tecnológicas, como la aplicación de nuevas técnicas en estos tipos de procedimientos, llevan consigo la necesidad de reevaluar los riesgos asociados, y de establecer programas de formación específicos para estos profesionales. En nuestro país, se han hecho grandes esfuerzos para establecer una normativa que garantice la calidad de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos con radiaciones ionizantes, incluyendo su justificación.*

### INTRODUCCIÓN

La dosis de radiación, como consecuencia de la utilización de radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario, puede optimizarse y llegar a valores que supongan un riesgo controlable para la salud. Con este objetivo se planifica la protección

radiológica en las aplicaciones médicas, en la que trabajan profesionales tan diversos como físicos, médicos, biólogos, ingenieros, colaborando con sus conocimientos para que el desarrollo de las tecnologías médicas que utilizan radiaciones ionizantes sea lo más seguro posible.

**Tabla I / Table I**  
**Instalaciones radiactivas en el ámbito sanitario en España (año 2003).**  
**Radioactive facilities in the field of health care in Spain (year 2003).**

Instalaciones de Radioterapia <i>Radiotherapy Facilities</i>	109 con un total de 137 aceleradores lineales <i>with a total of 137 linear accelerators</i>
Instalaciones de Medicina Nuclear <i>Nuclear Medicine Facilities</i>	157 incluyendo 6 ciclotrones <i>including 6 cyclotrons</i>
Instalaciones de Radiodiagnóstico incluyendo Radiodiagnóstico dental <i>Radiodiagnostic Facilities, including dental radiodiagnosis</i>	22.280

Tanto la acción de los organismos implicados, como la legislación vigente en la materia, así como la formación de profesionales especialistas en esta área y las inversiones realizadas para llevar a cabo las actividades pertinentes, han permitido que en el momento actual la Protección Radiológica (PR) se encuentre en nuestro país en una situación óptima de desarrollo y control.

## DESARROLLO

La revisión de la reglamentación fundamental en materia de regulación de instalaciones radiactivas [1] y protección sanitaria contra radiaciones ionizantes [2], adapta nuestra legislación al marco de las exigencias normativas que implica nuestra pertenencia a las Comunidades Europeas [3], a la tendencia de organismos internacionales [4], sobre todo en lo relativo a los límites de dosis, más restrictivos tanto para trabajadores expuestos como para el público en general.

La creación de la figura del "Especialista en Radiofísica Hospitalaria (ERFH)" [5], especialista sanitario que tras una formación de 3 años, tiene a su cargo no sólo la dosimetría de pacientes y control de calidad de unidades de tratamiento o Diagnóstico por Imagen (Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear), sino también la PR con entidad propia dentro de su formación y trabajo, ha confirmado ya una actividad reglada

de esta especialidad en el ámbito sanitario. Los Servicios o Unidades hospitalarias de PR, reconocidos expresamente por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), están llevando a cabo en España una actividad adecuada, de forma que la PR de los trabajadores expuestos y de la población en general esté garantizada.

La continua evolución de las técnicas de diagnóstico y tratamiento por radiaciones obliga, sin embargo, a optimizar de forma sistemática las metodologías de actuación desde el punto de vista de PR.

Las instalaciones de Radioterapia en España disponen de aceleradores lineales de electrones, que han ido sustituyendo a las unidades de cobaltoterapia. Los modelos más avanzados permiten realizar tratamientos con modulación de intensidad, gracias a la utilización de haces conformados por colimadores "multihoja" que, a su vez, se segmentan en varios haces que pueden moverse alrededor del paciente, variando sus características en función de su posición. Estas operaciones se llevan a cabo a expensas de obturar el haz mediante el blindaje del sistema de colimación, y llevan consigo un aumento de las unidades de monitor y en consecuencia del tiempo de tratamiento.

Desde el punto de vista de PR, este desarrollo tecnológico puede conducir a un incremento de la carga de trabajo en la instalación, a tener en cuenta en el diseño de barreras estructurales. Si bien, la aplicación de los límites

*engineers, work and collaborate with their expertise so that the development of medical technologies that use ionizing radiation will be as safe as possible.*

*Thanks to the actions of the organizations involved, current legislation in this field, training of professional specialists in this area and the investments made to undertake the pertinent activities RP in our country is currently in an optimum situation of development and control.*

## DEVELOPMENT

*Fundamental regulations in matters of radioactive facility regulation [1] and health protection against ionizing radiation [2] have been revised to adapt our legislation to the framework of regulatory requirements that, as a member of the European Community, we must observe [3], and to the tendency of international organizations [4], especially with regard to the more restrictive dose limits for both exposed workers and the general public.*

*The figure of Medical Physicist (in Spain Specialist in Hospital Radiophysics, ERFH) [5] has been created; this is a health care specialist who, after a 3-year training period, is in charge of not only patient dosimetry and quality control of treatment or Diagnostic Imaging units (Radiodiagnosics and Nuclear Medicine), but also RP as a separate entity within the specialist's training and work. This has now become a regulated activity within this specialty in the area of health care. Hospital RP services or units in Spain, expressly recognized by the CSN, are carrying out their activities in a way that guarantees the RP of exposed workers and the general population.*

*However, the continuous evolution of radiation diagnosis and treatment techniques requires that the methodologies used be systematically optimized from the standpoint of RP.*

*The Radiotherapy facilities in Spain are equipped with linear electron accelerators that have gradually replaced the cobalt-therapy units. The most advanced models allow for treatments with intensity modulation thanks to the use of beams conformed by "multileaf" collimators*

which in turn are segmented into several beams that can move around the patient and vary their characteristics depending on the position. These operations are done by obstructing the beam by means of the collimation system shielding, and they entail an increase in the monitoring units and consequently the treatment time.

From the point of view of RP, this technological development could lead to an increased workload in the facility that should be taken into account in the design of structural barriers. However, the application of current dose limits has not required any modifications to the structural barriers of the facilities already in operation, as the protection is oversized due to very restrictive assumptions.

In Brachytherapy (BT), in which encapsulated sources of different isotopes, in general gamma emitters, are used in different forms of physical presentation, the main radiological risk is irradiation due to the fact that radioactive sources are handled and implanted. For example, in the case of prostate cancer treatment with Iodine 125 seeds, the pellets must be manually handled and therefore, for purposes of RP, the personnel involved in the procedure must be very well trained.

At present, radioactive sources that provide high dose rates (HDR) are coming into general use. These are kept in self-shielding equipment that does not require manual preparation, and they are automatically implanted through applicators previously placed on the patient. The treatment is done in discrete sessions, and the patient only wears the source during each session. A small source is usually used that is programmed to automatically move through the applicator. It is a specific case of deferred automatic load, which was already being done with low dose rate sources, and does not require that the patient be hospitalized. The structure and safety systems of the rooms are similar to those of external radiotherapy rooms.

Thus, in the case of BT, the development of treatment techniques has helped to decrease the radiological risks to the personnel involved and to the general public.

Some techniques, e.g. intravascular BT, use beta sources with afterloaders, thus reducing the radiological risk and requiring shieldings similar to those used in a interventional cardiology or radiology room.

In the area of X-ray diagnosis, the RP of workers and the general public is guaranteed by adhering to existing regulations. However, special care should be taken in some cases, such as computer tomography, where there is an increasing demand for scans or extensions of scans. This could lead to a reassessment of the structural barrier calculations due to the increased workloads of these facilities.



Equipo de braquiterapia.  
Brachytherapy equipment.

actuales de dosis no ha supuesto ninguna modificación en las barreras estructurales de las instalaciones ya en funcionamiento, ya que la protección estaba sobredimensionada debido a unos supuestos muy restrictivos.

En Braquiterapia (BT), al utilizarse fuentes encapsuladas de diferentes isótopos, en general emisores gamma, con diferentes formas de presentación física de las fuentes, el principal riesgo radiológico es de irradiación, debido a la manipulación e implantación de las fuentes radiactivas. En el caso, por ejemplo, del tratamiento con semillas de Yodo 125 para el tratamiento del cáncer de próstata, es necesaria la manipulación de las semillas de forma manual por lo que es preciso, desde el punto de vista de la PR, lograr un buen entrenamiento del personal que interviene en el procedimiento.

Actualmente se ha generalizado la utilización de fuentes radiactivas que proporcionan alta tasa de dosis (HDR), que se guardan en equipos autoblandados, que no requieren preparación manual, y que se implantan de forma diferida automática a través de aplicadores colocados previamente en el paciente. El

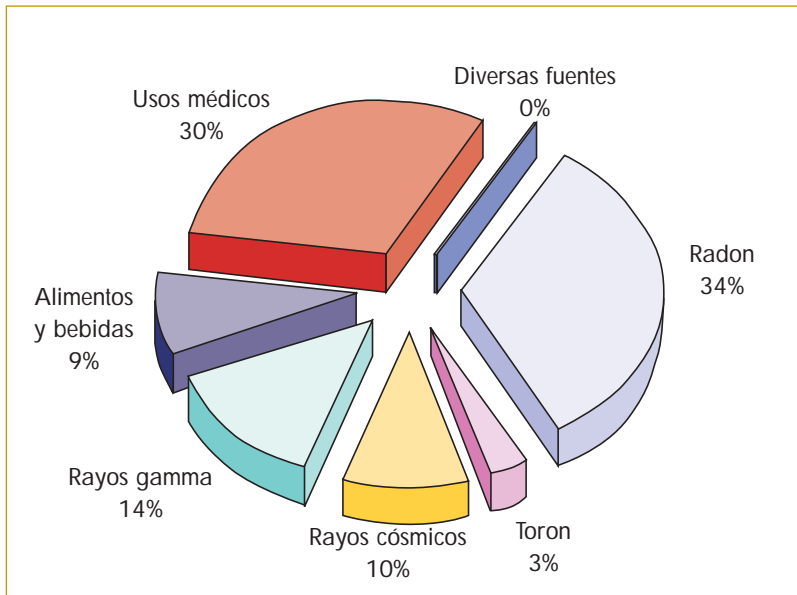
tratamiento se realiza en sesiones discretas, y el paciente sólo lleva la fuente durante cada sesión. Suele utilizarse una fuente pequeña que se desplaza por el aplicador de forma automática y programada. Es un caso particular de carga diferida automática, que ya venía realizándose con fuentes de baja tasa de dosis, que no necesita la hospitalización del paciente. Las salas tienen características similares a las de radioterapia externa en estructura y sistemas de seguridad.

Así pues, en el caso de la BT, el desarrollo de las técnicas de tratamiento ha supuesto una disminución de riesgos radiológicos para el personal implicado, y para el público en general.

Algunas técnicas como por ejemplo la BT intravascular utilizan fuentes beta con sistemas de carga diferida, por lo que se reduce el riesgo radiológico y requiere blindajes similares a los utilizados en una sala de radiología o cardiología intervencionista.

En el área del diagnóstico por rayos X, el cumplimiento de la reglamentación existente garantiza la PR de los trabajadores y público en general. Sin embargo, se debe prestar especial atención en algunos casos, como





Distribución de la dosis media recibida por una persona en España.  
Distribution of average dose received by a person in Spain.

la tomografía computarizada, donde se ha producido un incremento de la demanda del número de exploraciones o de la extensión de las mismas, y podría conducir a un replanteamiento de los cálculos de las barreras estructurales por el aumento de las cargas de trabajo de las instalaciones.

La Radiología Intervencionista está teniendo un desarrollo cualitativo y cuantitativo muy significativo en los últimos años. Estos procedimientos pueden suponer dosis importantes tanto a pacientes como a los trabajadores expuestos, y en casos extremos puede haber un riesgo de que se produzcan efectos deterministas en la piel del paciente o en el cristalino del médico especialista, por el elevado tiempo de exposición. Se han dedicado grandes esfuerzos a la optimización de los equipos utilizados, a la medida de dosis, al establecimiento de niveles de referencia para este tipo de procedimientos y al uso de medios de protección adecuados para los trabajadores.

En el área de la Medicina Nuclear también se ha asistido a una diversificación de técnicas, y a un aumento en el número de radionucleidos (F-18, Sm-153, Y-

90, por citar sólo algunos) y de radiofármacos de interés diagnóstico o terapéutico. Esto ha supuesto el análisis de los riesgos asociados y de las posibles implicaciones para realizar estas técnicas en condiciones óptimas desde el punto de vista de la PR. Debe destacarse el gran desarrollo de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) en España, con un gran potencial dentro del diagnóstico por imagen. La multiplicación de instalaciones y de ciclotrones ha supuesto nuevas necesidades de PR, ya que las dosis medias anuales recibidas por los trabajadores expuestos son claramente superiores a los de la mayoría de los colectivos en el ámbito sanitario.

La optimización de aspectos de diseño de estas instalaciones, la necesidad de disponer de dispositivos de protección y los procedimientos de trabajo adecuados, han sido tratados en la bibliografía por diferentes autores [6].

En general, puede decirse que el esfuerzo de investigación en protección radiológica y los intercambios de experiencias han encontrado su vehículo de expresión en las revistas y en los congresos bienales de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)

Interventional Radiology has been undergoing a very significant qualitative and quantitative development in recent years. These procedures can involve significant doses to both patients and exposed workers, and in extreme cases there may be a risk of deterministic effects on the patient's skin or the medical specialist's crystalline lens due to the long exposure time. Great efforts have been made to optimize the equipment used, to measure the dose, to establish reference levels for this type of procedure, and to ensure that workers use adequate protective devices.

There has also been a diversification of techniques in the area of Nuclear Medicine, and an increase in the number of radionuclides (e.g., F-18, Sm-153 and Y-90, to name only a few) and radiopharmaceuticals of diagnostic or therapeutic interest. This has required an analysis of the associated risks and possible implications, so that these techniques will be performed under optimum conditions in terms of RP. Of note is the extensive development of Positron Emission Tomography (PET) in Spain, which has great potential in diagnostic imaging. The growing number of facilities and cyclotrons has created new RP needs, since the average annual doses received by exposed workers are clearly higher than for most collectives working in health care.

Optimization of the design of these facilities, the need to have protective devices and suitable work procedures have all been discussed in the bibliography by different authors [6].

In general, the vehicles for presenting research efforts in radiological protection and for exchanging experiences are the journals and biannual congresses of the Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) and the Sociedad Española de Física Médica (SEFM).

Management of the radioactive waste generated by the health care field has been optimized by clearance processes, and both the Administration [7] and the SEPR and the Empresa Nacional de Residuos (ENRESA) have worked towards the formulation of protocols for the safe, efficient management of this waste [8].

Personnel training procedures are an essential condition for a good practice, and in this respect the professionals involved in medical procedures using ionizing radiation have made notable efforts in RP training, both in regulated aspects and in continuous training. The use of protocols and practical guidelines is also important, as they ensure consensus and uniformity in the development of radiological protection and quality control of the equipment used. The collaboration of SEPR and SEFM with medical associations, under the auspices of the CSN and the Ministry of Health, has yielded good results in this respect [9,10].

What we call radiological protection of the patient is not in itself a separate entity, but rather a

methodology that should be an integral part of the quality sought in any medical treatment or diagnosis, whether or not ionizing radiation is used. Indirectly, in the case of diagnosis though not in therapy, it can be confused with the fact that one of the aspects involved in optimizing this quality is to decrease the doses received during the scan, which is merely an optimization of the techniques with a minimization of the risk to patients, whether or not it is caused by radiation.

As such, it implies a multi-disciplinary and multi-professional commitment in which radiophysicists are also involved through their work in the different areas of specialization, from appropriate planning of a treatment to proper control of radiation-emitting equipment depending on subsequent use and, in the case of diagnostic equipment, follow-up of the doses administered to patients with certain equipment and a comparison to reference levels for each type of examination.

It is also an area that encompasses the actions of other professionals not directly related to the medical services that use radiation (prescriber), in areas such as procedure justification.

In accordance with current legislation in Spain, scans and treatments with ionizing radiation must be duly justified before being carried out, and they must go hand in hand with dosimetric optimization and evaluation processes. Spanish regulations in this area [11,12,13,14] require the implementation of a quality assurance program (PGC) in health care units and facilities and, in relation to the patient, individualized dosimetry in accordance with the prescription of the medical specialist (in RT) or an estimated dose, if so required, in diagnoses with radiation. These quality assurance programs also cover aspects such as protection of especially sensitive groups of patients (pregnant women, children), volunteers working under research protocols, or volunteers or family members who collaborate in caring for and comforting the patient.

In addition, we must remember that adequate control of ionizing radiation-emitting equipment and a good quality assurance program also lead to better radiological protection of workers and the general public.

## CONCLUSIONS

- Given the degree of development experienced by Radiological Protection in Spain, the application of new dose limits has not, in general, led to significant changes in the development of health care activities.
- The creation of the ERFH, and the increased provision of human and material resources in Radiophysics and Radiological Protection services, have resulted in greater development in this area.

y la Sociedad Española de Física Médica (SEFM).

La gestión de los residuos radiactivos generados en el ámbito sanitario, se ha optimizado mediante procesos de desclasificación, para los que tanto desde la Administración [7] como de la SEPR y de Empresa Nacional de Residuos (ENRESA) se han realizado esfuerzos para protocolizar una gestión segura y eficaz de estos residuos [8].

En cuanto a los procedimientos de trabajo, la formación del personal es la condición indispensable para una buena práctica, y en este sentido se debe destacar el esfuerzo en formación en PR entre los profesionales implicados en los procedimientos médicos con radiaciones ionizantes, tanto en los aspectos regulados como en formación continuada.

Es importante, asimismo, el uso de protocolos y guías prácticas que garanticen el consenso y la homogeneidad en el desarrollo de las tareas de protección radiológica y control de calidad del equipamiento utilizado. La colaboración de la SEPR, y SEFM, con Sociedades médicas, bajo el auspicio del CSN y el Ministerio de Sanidad, ha dado buenos resultados en este sentido [9,10].

Lo que viene llamándose a la protección radiológica al paciente no es un aspecto que tenga entidad independiente, sino que se trata de una metodología que debe encuadrarse en la calidad que debe seguirse en cualquier tratamiento o diagnóstico en medicina, se utilicen o no radiaciones ionizantes. Indirectamente, en el caso del diagnóstico, que no en el de terapia, puede confundirse por el hecho de que uno de los aspectos de optimización de esa calidad lleva consigo la disminución de las dosis recibidas en la exploración, lo que no es sino una optimización de las técnicas con una minimización de riesgo

a los pacientes sea o no producido por radiaciones.

Como tal, implica un compromiso multidisciplinar y multiprofesional para llevarlo a cabo, en el que los radiofísicos están también implicados por el trabajo en las diferentes áreas de la especialidad, desde el momento en que se realiza una adecuada planificación de un tratamiento, un correcto control de un equipo emisor de radiaciones en función de su utilización posterior o, en el caso de equipos diagnósticos, un seguimiento de las dosis impartidas a pacientes con un determinado equipo y una comparación con niveles de referencia para cada tipo de exploración.

Se trata también de un área en la que llegan a confluír acciones de otros profesionales no directamente relacionados con los servicios médicos que utilizan radiaciones (médicos prescriptores) en aspectos como la justificación de pruebas.

De acuerdo con la legislación actual, en España no se pueden realizar exploraciones ni tratamientos con radiaciones ionizantes que no estén debidamente justificados, y que deben llevar asociados procesos de evaluación y optimización dosimétrica. La normativa española en esta materia [11,12,13,14] exige la implantación de un programa de garantía de calidad (PGC) en las unidades asistenciales y sus instalaciones y, con relación al paciente, una dosimetría individualizada de acuerdo con la prescripción del médico especialista (en RT), o una estimación de dosis, si el caso lo requiere, en Diagnóstico con radiaciones. En estos programas de garantía de calidad también se contemplan aspectos como la protección de grupos de pacientes especialmente sensibles (embarazadas, niños), de voluntarios sometidos a protocolos de investigación, o

voluntarios o familiares que colaboran en el confort del paciente.

Además no debe olvidarse que un adecuado control de los equipos emisores de radiaciones ionizantes y un buen programa de garantía de calidad conduce también a una mejor protección radiológica de los trabajadores y del público en general.

## CONCLUSIONES

• Dado el grado de desarrollo que la Protección Radiológica tenía en España, la aplicación de los nuevos límites de dosis no ha supuesto, en general, cambios significativos en el desarrollo de la actividad sanitaria.

• La creación de la especialidad en Radiofísica Hospitalaria y el incremento en la dotación de recursos humanos y materiales en los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica han supuesto un mayor desarrollo en este área.

• La Protección Radiológica del paciente sometido a diagnóstico o tratamiento con radiaciones ionizantes se debe contemplar dentro de un contexto de la calidad que debe condicionar cualquier actuación sanitaria.

• España posee una normativa de Protección Radiológica actualizada ante los últimos avances en el conocimiento científico de los efectos biológicos de las radiaciones, basada en el estricto cumplimiento de nuestros compromisos internacionales. Esta normativa garantiza la seguridad y protección radiológica del ciudadano, tanto como trabajador expuesto, como paciente o como persona ajena a la utilización de fuentes radiactivas en sus diversas aplicaciones.

## REFERENCIAS

[1] Real Decreto 1836/1999 por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas. BOE nº 313. 31/12/1997.

[2] Real Decreto 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE nº 178. 26/7/2001.

[3] Directiva 96/29/EURATOM del Consejo de la Unión Europea, de 13 de Mayo de 1996, por la que se establecen normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.

[4] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21, 1-3, 1991

[5] Real Decreto 220/1997 por el que se crea y regula la obtención del título oficial de Especialista en Radiofísica Hospitalaria. BOE nº 52. 1/3/1997.

[6] J.A. Ruiz, C. Prieto, L. González, Protección radiológica en instalaciones de tomografía por emisión de positrones, Radioprotección nº 36, Vol X, 2003

[7] ORDEN ECO 1449/2003 sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2º y 3ª categoría en la que se manipulen o almacenen isótopos radiactivos no encapsulados. BOE nº 134. 5/7/2003.

[8] Guía Técnica de gestión de materiales residuales con contenido radiactivo procedentes de instalaciones del ámbito sanitario. Publicación SEPR nº 6.

[9] Protocolo Nacional de control de calidad de la instrumentación en Medicina Nuclear. Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, y Sociedad Española de Medicina Nuclear. 1999.

[10] Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Física Médica. 2002.

[11] Real Decreto 1841/1997 por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear. BOE nº 303. 19/12/1997.

[12] Real Decreto 1566/1998 por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia. BOE nº 206. 28/08/1998.

[13] Real Decreto 1976/1999 de 23/12/1999 por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. BOE nº 311 de 29/12/1999.

[14] Real Decreto 815/2001 sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. BOE nº 168. 14/7/2001.

• *Radiological Protection of the patient undergoing diagnosis or treatment with ionizing radiation should be addressed within a context of quality that must be a condition of any health care action.*

• *Spain has Radiological Protection regulations updated with the latest breakthroughs in scientific understanding of the biological effects of radiation and based on strict adherence to our international commitments. These regulations ensure the safety and radiological protection of citizens, either as exposed workers, patients or persons who have nothing to do with the use of radioactive sources in their different applications.*

## REFERENCES

[1] Royal Decree 1836/1999 whereby the Regulation on nuclear and radioactive facilities is approved. BOE nº 313. 31/12/1997.

[2] Royal Decree 783/2001 whereby the Regulation on health protection against ionizing radiation is approved. BOE nº 178. 26/7/2001.

[3] Directive 96/29/EURATOM of the Council of the European Union dated May 13, 1996, which establishes basic rules regarding health protection of workers and the population against the risks resulting from ionizing radiation.

[4] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21, 1-3, 1991.

[5] Royal Decree 220/1997 which creates and regulates obtainment of the official title of Specialist in Hospital Radiophysics. BOE nº 52. 1/3/1997.

[6] J.A. Ruiz, C. Prieto, L. González, Protección radiológica en instalaciones de tomografía por emisión de positrones, Radioprotección nº 36, Vol X, 2003.

[7] ORDEN ECO 1449/2003 on management of solid waste materials with radioactive content generated in 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> category radioactive facilities in which non-encapsulated radioactive isotopes are handled or stored. BOE nº 134. 5/7/2003.

[8] Technical Guideline on management of waste materials with radioactive content produced by health care facilities. SEPR Publication nº 6.

[9] National Protocol on quality control of instrumentation in Nuclear Medicine. Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, and Sociedad Española de Medicina Nuclear. 1999

[10] Spanish Protocol on Quality Control in Radiodiagnosis. Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Física Médica. 2002

[11] Royal Decree 1841/1997 which establishes quality criteria in nuclear medicine. BOE nº 303. 19/12/1997.

[12] Royal Decree 1566/1998 which establishes quality criteria in radiotherapy. BOE nº 206. 28/08/1998.

[13] Royal Decree 1976/1999 de 23/12/1999 which establishes quality criteria in radiodiagnosis. BOE nº 311 de 29/12/1999.

[14] Royal Decree 815/2001 on justification of the use of ionizing radiation for radiological protection of people on occasion of medical exposures. BOE nº 168. 14/7/2001.



# APORTACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRONUCLEAR ESPAÑOLA

## CONTRIBUTION OF THE SPANISH ELECTRONUCLEAR INDUSTRY

**Domingo Sustacha.** Presidente del grupo de PR de UNESA y jefe de Protección Radiológica de la Central Nuclear de Almaraz. / *President of the UNESA RP group and RP director of Almaraz NPP.*

The Spanish nuclear fleet is thirty-five years old and has an accumulated operating experience of more than 200 years. The output of its nine nuclear reactors currently supplies 26% of the electric market, and it has a productive capacity factor greater than 90% and equally outstanding results in radiological protection in line with improvements posted by the world's facilities.

The Spanish nuclear industry, which supplied nearly 85% of the investments in the last plants built, has a presence on international markets.

El parque nuclear español ha cumplido los treinta y cinco años y acumula una experiencia de operación que supera los 200 años. En la actualidad, la producción de sus nueve reactores nucleares abastece el 26% del mercado eléctrico, con un factor de aprovechamiento de su capacidad productiva superior al 90%. Los resultados en lo que se refiere a la protección radiológica son igualmente destacables y están en la línea de mejora registrada en las instalaciones mundiales.

La industria nuclear española que suministró cerca del 85% de la inversión de las últimas centrales construidas, está presente en los mercados internacionales.

97

### AN IMPORTANT INDUSTRY

*The first Spanish nuclear power plant (José Cabrera) went on line in 1968. This was a successful experience that convinced planners, investors and politicians to design an ambitious nuclear program that included a significant number of projects that were slated to be developed throughout the decade of the 1970s, although in the end its scope was reduced, just as in other countries with similar plans, throughout the 1980s.*

*During this period of time, and in spite of the different difficulties encountered, the Spanish industry was strongly committed to acquiring capabilities in this technology by undertaking the necessary investments, providing appropriate resources and tailoring their organizations to this end. As a result of these efforts, the capability to supply goods and services to*

### UNA INDUSTRIA IMPORTANTE

En 1968 se conectaba a la red eléctrica la primera central nuclear española (la central de José Cabrera), experiencia exitosa que convenció a planificadores, inversores y políticos a la hora de diseñar un ambicioso programa nuclear que incluía un número importante de proyectos y que se preveían desarrollar en el transcurso de la década de los años 70 aunque, finalmente, se reduciría su alcance, al igual que en el resto de países con planes similares, a lo largo de los años 80.

Durante este período de tiempo y a pesar de las diferentes vicisitudes acaecidas, la industria española apostó firmemente por capacitarse en esta tecnología, acometiendo las inversiones necesarias, dotándose de recursos apropiados; y adaptando sus organizaciones para este fin. Como resultado de este esfuerzo, la capacidad de suministro de bienes y servicios conforme a las exigencias demandadas en el sector nuclear alcanzaba el 86% del volumen de la inversión de las dos últimas centrales nucleares puestas en servicio en 1987 y 1988, respectivamente, y permitía el posicionamiento

TIPO DE INSTALACIÓN TYPE OF INSTALLATION	POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA INSTALLED POWER IN SPAIN		PRODUCCIÓN POR TIPO DE INSTALACIÓN PRODUCTION BY TYPE OF INSTALLATION
	MW	%	GW.h
<b>RENOVABLES Y RESIDUOS /</b> <i>RENEWABLES AND WASTE</i>	<b>25.616</b>	<b>38,6</b>	<b>59.404</b>
– Hidroeléctrica / <i>Hydroelectric</i>	18.492	27,9	43.770
– Eólica / <i>Wind</i>	6.214	9,4	11.716
– Biomasa y otras / <i>Biomass and others</i>	469	0,7	1.661
– Residuos / <i>Waste</i>	441	0,7	2.257
<b>COGENERACIÓN /</b> <i>COGENERATION</i>	<b>5.997</b>	<b>9,1</b>	<b>32.025</b>
<b>TÉRMICA CLÁSICA /</b> <i>CLASSIC THERMAL</i>	<b>26.770</b>	<b>40,4</b>	<b>108.921</b>
<b>NUCLEAR /</b> <i>NUCLEAR</i>	<b>7.896</b>	<b>12,0</b>	<b>61.894</b>
<b>TOTAL</b>	<b>66.279</b>	<b>100,0</b>	<b>262.244</b>

competitivo en el mercado mundial de suministro de equipos y de servicios de ingeniería e inspección.

En la actualidad, la producción española de energía nucleoelectrica procede de nueve reactores nucleares en explotación (6 Westinghouse, 2 General Electric y 1 Siemens) que están ubicados en siete emplazamientos (Zorita, Garoña, Almaraz, Ascó, Cofrentes, Vandellós y Trillo). Su potencia que suma 7.896 MW, tiene una importancia capital desde el punto de vista de la seguridad, independencia y equilibrio del suministro, pues garantiza la cobertura de hasta un 24% de la demanda al asegurar la disponibilidad de centrales de gran potencia que operan en régimen continuo (operación en base); , estabiliza el mercado eléctrico al amortiguar las oscilaciones de los precios del petróleo y del gas; y al ser una producción limpia a efectos de vertido de gases del efecto invernadero ayuda al cumplimiento de los acuerdos de Kyoto.

Así, las nueve unidades nucleares conectadas a la red y con una potencia instalada de 7.876 MW eléctricos a final del año 2003, (el 12% de la potencia total), contribuyen con el 24% de la producción eléctrica total española

(61.894 millones de kW.h sobre un total de 262.249 millones de kW.h). [1]

### UNA INDUSTRIA MADURA

Con más de 200 años reactor de experiencia de explotación, el parque nuclear español se puede considerar que es una industria madura, con unas bases y conocimientos muy sólidos que se reflejan en los resultados obtenidos año tras año.

Aunque, probablemente, la parte más visible de la industria nuclear española sea la que se encarga de la explotación de las centrales nucleares, para lo cual cuenta con organizaciones muy experimentadas y altamente eficaces, esta industria abarca, también, un amplio espectro de otras actividades ligadas a la producción de energía eléctrica de origen nuclear entre las que cabe destacar las siguientes:

- Minería y fabricación de combustible nuclear, con capacidad para competir ventajosamente en los mercados mundiales, actividad realizada por la Empresa Nacional de Uranio (ENUSA).

- Ingenierías con experiencia contrastada no solamente en los

*meet the demands of the nuclear sector reached a level of 86% of the investment volume of the last two nuclear power plants commissioned in 1987 and 1988, respectively, and allowed the industry to competitively position itself on the worldwide engineering and inspection equipment and services supply market.*

*At present, Spanish nuclear electric power production comes from nine operating nuclear reactors (6 Westinghouse, 2 General Electric and 1 Siemens) that are located at seven sites (Zorita, Garoña, Almaraz, Ascó, Cofrentes, Vandellós and Trillo). These plants, with a total power of 7,896 MW, are of capital importance to the security, independence and balance of the supply, as they guarantee coverage of up to 24% of the demand thanks to the availability of powerful plants in continuous operation (base operation), they stabilize the electric market by mitigating gas and oil price fluctuations and, since it is clean production that does not release greenhouse gases, they help to fulfill the Kyoto agreements.*

*Thus, the nine nuclear units connected to the grid and with an installed electric power of 7,876 MW at the end of 2003 (12% of total power) contribute 24% of the all Spanish electric production (61,984 million kW.h over a total of 262,249 million kW.h). [1]*

### A MATURE INDUSTRY

*With more than 200 reactor-years of operating experience, the Spanish nuclear fleet represents a mature industry with very solid foundations and expertise that are reflected by the results achieved year after year.*

Although the most visible part of the Spanish nuclear industry is probably the one in charge of nuclear power plant operation, for which it has very experienced, efficient organizations, this industry also encompasses a wide range of other activities linked to nuclear electric power production, including the following:

- Nuclear fuel mining and manufacturing, with a capacity to profitably compete on world markets; this activity is carried out by the Empresa Nacional de Uranio (ENUSA).

- Engineering firms with proven experience, not only in Spanish projects but also at the international level with active participation in all areas related to nuclear safety and radiological protection.

- Highly qualified enterprises in areas such as integral training of nuclear technicians (with nuclear power plants full-scope simulators.).

- Service firms with broad capabilities and experience in the different areas related to nuclear power plants operation (Maintenance, Radiological Protection, In-Service Inspection, etc.).

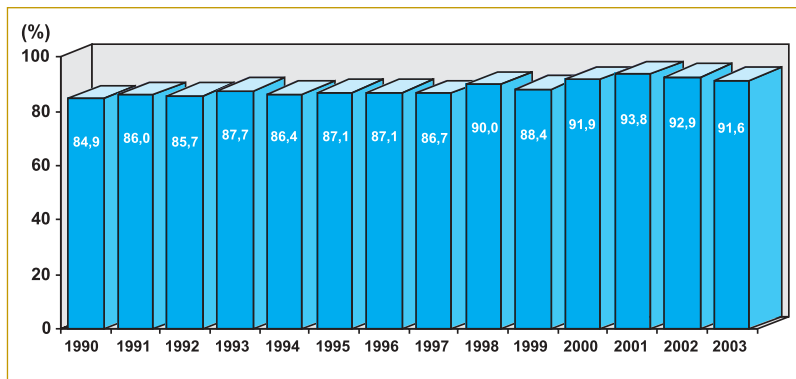
- Highly qualified, prestigious specialized laboratories and research centers.

- Radioactive waste management, including nuclear power plant dismantling, through the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA).

As a result of the above, the results of the Spanish nuclear fleet rank among the best in the world, and the Spanish nuclear power plants capacity factor, which has been steadily rising and has systematically exceeded 90% in recent years, is 10 percentage points above the mean and 5 percentage points above the average results of the world's nuclear fleet. [1]

### TECHNOLOGICAL UPGRADING AND MAINTENANCE

The nuclear industry is fully aware that continuous improvement of its activities and results and technological innovation and upgrading of its facilities are factors essential to proper management of these facilities and to achieving the best results. Therefore, it has decided to make significant investments in very important projects that, on one hand, will make it possible to further boost these good results and, on the other, to keep the facilities in operating and maintenance conditions so



Factor de Disponibilidad de las centrales nucleares españolas.  
Spanish NPP Capability Factor.

proyectos españoles sino participando activamente a nivel internacional en todos los aspectos relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica.

- Empresas altamente cualificadas en aspectos como formación integral de técnicos nucleares (con simuladores de alcance total de las centrales nucleares).

- Empresas de servicios con gran capacidad y experiencia en las más diversas áreas relacionadas con la explotación de centrales nucleares (Mantenimiento, Protección Radiológica, Inspección en Servicio, etc.).

- Laboratorios especializados y centros de investigación altamente cualificados y prestigiosos.

- Gestión de residuos radiactivos, incluido el desmantelamiento de centrales nucleares, a través de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA)

Como consecuencia de todo ello, los resultados del parque nuclear español se sitúan entre los mejores del mundo, y el factor de capacidad de las centrales nucleares españolas, con valores crecientes y superiores al 90% de forma sistemática en los últimos años, se sitúa 10 puntos porcentuales por encima del valor medio y 5 puntos porcentuales por encima de la mediana de los re-

sultados del parque nuclear mundial. [1]

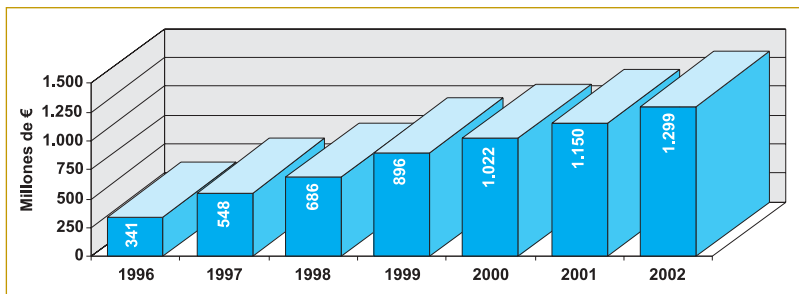
### ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

La industria nuclear tiene plenamente asumido que la mejora continua en sus actividades y resultados y la innovación y actualización tecnológica de sus instalaciones son factores imprescindibles para la adecuada gestión de esas instalaciones y la obtención de los mejores resultados. Para ello ha decidido acometer importantes inversiones en proyectos de gran envergadura que permitirán, por un lado, seguir incrementando esos buenos resultados, y por otra parte, disponer de las instalaciones en un estado de mantenimiento y operación tan exigente como para poder plantear la ampliación de las autorizaciones de funcionamiento vigentes a períodos de vida útil de hasta 60 años. Cabría destacar entre esos proyectos:

- Cambio de grandes componentes de las instalaciones como generadores de vapor, cabeza de la vasija de reactor, alternador y turbinas.

- Mejoras y actualización de la





Inversiones acumuladas de las centrales nucleares españolas (1996-2002).  
Accumulated investments in the Spanish NPPs (1996-2002).

instrumentación de las centrales.

- Mejoras en los equipos de recarga de combustible para reducción del tiempo requerido para las mismas.

- Mejoras en el diseño de combustible, optimizando rendimientos y características estructurales del mismo.

- Alargamiento de vida de centrales nucleares.

- Renovación de plantillas con una adecuada gestión del conocimiento.

gía y experiencia acumulado. Sin embargo, se están tomando medidas para garantizar su mantenimiento en espera de una indudable necesidad de recurrir, nuevamente, a esta tecnología ante un futuro que no se duda sufrirá un importante incremento en la demanda.

### RESULTADOS EN LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los aspectos de Protección Radiológica, están impregnados de las mismas características de eficacia y excelentes resultados que los demás aspectos de la industria nuclear. Y no puede ser de otra forma ya que dentro de la organización para la explotación de las centrales nucleares españolas, al Servicio de Protección Radiológica se le ha dado un peso específico muy importante, para dar respuesta a las demandas de la sociedad y a las exigencias de calidad y excelencia de la industria nuclear de las propias empresas explotadoras, alineadas en esta finalidad con el organismo regulador (CSN). Esto ha permitido la formación en las centrales nucleares españolas de Servicios de Protección Radiológica excelentemente dotados, tanto en medios técnicos como humanos, y unos requisitos de cualificación y una normativa de desarrollo de Protección

excellent that it will be possible to propose an extension of the current operating licenses for effective lifetimes of up to 60 years. These projects include the following:

- Replacement of large components such as steam generators, reactor pressure vessel heads, alternators and turbines.

- Improvement and upgrading of plant instrumentation.

- Improvements in refueling equipment to shorten the time required for refueling.

- Fuel design improvements to optimize fuel performance and structural characteristics.

- Nuclear power plants life extension.

- Staff renovation with adequate knowledge management.

From 1990 to 2003, the installed nuclear power in Spain was increased by 574 MWe through improvements and modifications in the nuclear power plants. [1]

In any event, with operating and maintenance plus fuel budgets of around € 700 million a year and an annual investment of more than € 150 million, the Spanish nuclear fleet is determined to maintain and improve its excellent standards and results, which means it is an important market for the associated industry and an engine for local stability and promotion in the areas where the plants are located.

That fact that a program is still not defined for forthcoming new investments in this technology is currently a matter of concern, as this could undermine the tremendous capital in accumulated experience, expertise and technology. However, measures are being taken to ensure that this technology will be maintained while waiting for the inevitable need to again resort to it in the future, when there will undoubtedly be a significant increase in demand.

### RADIOLOGICAL PROTECTION RESULTS

The aspects related to Radiological Protection have shown the same characteristics of efficiency and excellent results as other aspects of the nuclear industry. And this could not be otherwise because, within the organization for operation of the Spanish nuclear power plants, the Radiological Protection Service has been given a very significant specific weight to respond to the demands of society and the requirements of quality and excellence that the nuclear industry demands of

the operating utilities, in line with the regulatory body (CSN). This has led to the formation of Radiological Protection Services that are fully equipped with both technical and human means, as well as to internationally recognized Radiological Protection qualification requirements and development standards.

These organizations have adopted and developed Radiological Protection optimization criteria and have managed to articulate and convey this concern to the entire organization of nuclear power plants. Interdisciplinary ALARA committees have been set up to establish ALARA objectives at the highest level, and to study, propose and execute initiatives and improvements so that Radiological Protection is considered as one more essential aspect of plant operating activity.

The most important efforts have been targeted at the following:

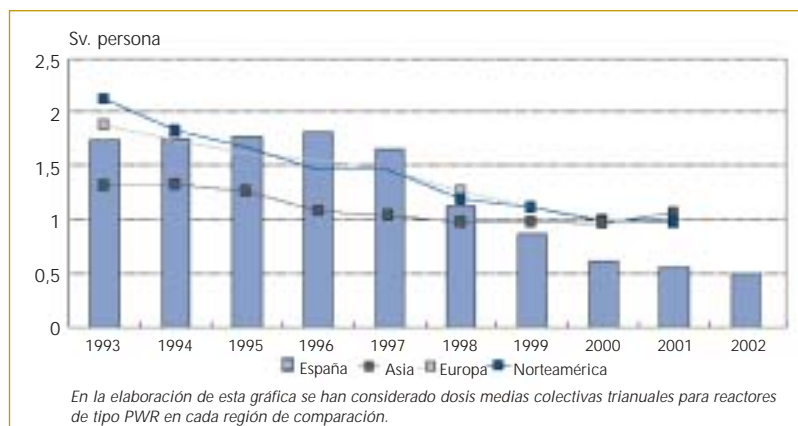
- Awareness and commitment of the whole organization to fulfilling ALARA objectives.
- Source term reduction via decontamination, materials improvement, fuel integrity, improved radiochemistry of the primary circuit, etc.
- Improved management and planning of the refueling activities that support most (>80%) of the total collective dose of nuclear power plants.

And the results are visible: The average collective dose per reactor per year in Spain has followed a downward trend, which has been even more marked after the major modifications made in the late 1990s as shown in the following graphs, which places the plants very high in the worldwide ranking. [2]

The plants have also taken measures over the years to reduce the individual doses through process improvements, robotics and automation of the tasks involving the highest radiological risk, so that conformance with new Spanish regulations in matters of radiological protection, and in turn with European directives, has been possible without causing any trauma in the nuclear sector.

Likewise, as regards radiological protection of the public and the environment, the radioactive effluents from nuclear facilities have also followed a downward trend over time thanks to the improvements made in waste treatment systems and the efforts made to decrease the source term.

The emission results mean the nuclear power plants have values that are perfectly comparable to other E.U. countries and the rest of



Dosis colectiva media (Sv. persona) para reactores de tipo PWR.  
Average collective dose (Sv. person) for PWR type reactor.

Radiológica de primera línea a escala internacional.

Estos Servicios han asumido y desarrollado los criterios de optimización de la Protección Radiológica y han conseguido imbuir y transmitir esta preocupación a toda la organización de las centrales. Se han constituido comités ALARA interdisciplinarios que establecen objetivos ALARA al más alto nivel, estudian, proponen y ejecutan iniciativas y mejoras desde el punto de vista de Protección Radiológica como un aspecto más de la actividad de explotación de las centrales.

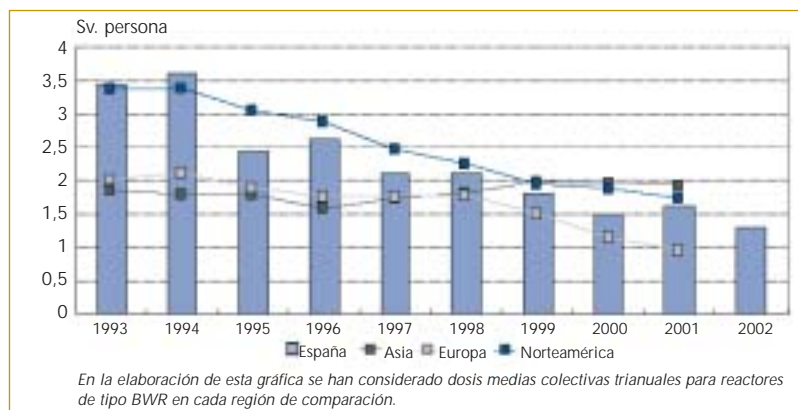
Los esfuerzos más importantes se han dirigido a los siguientes aspectos:

- Mentalización y compromiso de toda la organización en el

cumplimiento de los objetivos ALARA.

- Reducción del término fuente mediante descontaminación, mejora de materiales, integridad del combustible, mejora de la radioquímica del circuito primario, etc.
- Mejora de la gestión y planificación de las actividades de recarga que soportan la mayor parte (>80%) de la dosis colectiva total de las centrales nucleares

Y los frutos se pueden ver: La dosis colectiva media por reactor y año en España ha seguido una tendencia decreciente que se ha visto especialmente acelerada a partir de las importantes modificaciones efectuadas a finales de los años 90, tal como se puede constatar en las graficas siguientes, lo que sitúa a las centrales



Dosis colectiva media (Sv. persona) para reactores de tipo BWR.  
Average collective dose (Sv. person) for BWR type reactor.

nucleares españolas en una destacada posición a escala mundial. [2]

Igualmente durante estos años las centrales han tomado medidas en la reducción de las dosis individuales mediante mejoras de procesos y robotización y automatización de las tareas de mayor riesgo radiológico, de tal forma que la adecuación a la nueva normativa española en materia de protección radiológica, adaptación a su vez de las directivas europeas, se ha podido realizar sin ningún tipo de trauma en el sector nuclear.

Es importante hacer mención, igualmente, a la protección radiológica del público y del medio ambiente, para destacar que los efluentes radiactivos procedentes de las instalaciones nucleares también han seguido una tendencia decreciente a lo largo del tiempo merced a las mejoras llevadas a cabo en los sistemas de tratamiento de residuos y a los esfuerzos en la disminución del término fuente.

Los resultados de las emisiones sitúan a las centrales nucleares españolas en valores perfectamente equiparables a otros países de la UE y del resto del mundo, y desde luego muy por debajo de los valores contemplados en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de las instalaciones, que a su vez son inferiores a los límites legales.

## PERSPECTIVAS

Actualmente existe en la industria nuclear en general, y en la Protección Radiológica ligada a las instalaciones nucleares en particular, un marco formativo asentado, prácticas consolidadas, y técnicos con amplia experiencia y conocimientos. Se trata, por supuesto, de no perder de

vista las capacidades de mejora aún existentes, pero sobre todo de asegurar lo logrado.

Se ha conseguido que las instalaciones nucleares españolas hayan llegado a la mitad de su ciclo inicial operativo con unos resultados excelentes, incluidos los relacionados con protección radiológica. Los desafíos en el futuro pueden ser diferentes: alargamiento de vida de las centrales con cambios importantes en las mismas, gestión de combustible gastado, desmantelamiento, etc. Lo realizado hasta ahora debe ser la base para que estas actividades se lleven a cabo con el mismo éxito, para lo que es necesario conservar el espíritu y conocimientos que han caracterizado a la industria nuclear española desde sus primeros pasos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Asociación española de la industria eléctrica (UNESA). Avance Estadístico 2003.

[2] Consejo de Seguridad Nuclear. Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2002.

- La Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) es una organización profesional de carácter sectorial, para la coordinación, representación, gestión, fomento y defensa de los intereses de las empresas eléctricas asociadas. Para el desarrollo de sus actividades, UNESA se organiza en torno a diferentes Comités de trabajo, uno de los cuales es el Comité de Energía Nuclear.

La Comisión de Protección Radiológica y Residuos Radiactivos, depende del Comité de Energía Nuclear de UNESA, y está constituida entre otros por los responsables de Protección Radiológica de las centrales nucleares. y tiene como función más importante, coordinar y unificar criterios en relación con la Protección Radiológica y la gestión de los residuos radiactivos.

*the world and are certainly way below the values laid down in the Technical Operating Specifications of these facilities, which in turn are lower than legal limits.*

## PROSPECTS

*The nuclear industry in general, and Radiological Protection linked to nuclear facilities in particular, has an established training framework, consolidated practices and very skilled, experienced technicians. The goal is naturally not to lose sight of the still existent capacity for improvement, but above all to secure what has already been accomplished.*

*The Spanish nuclear facilities have managed to reach the halfway point of their initial operating cycles with excellent results, including those related to radiological protection. The challenges in the future may be different: plant lifetime extension with significant plant changes, spent fuel management, dismantling, etc. What has been achieved up to now should be the basis for successfully undertaking these activities, and for this purpose the spirit and know-how that have characterized the Spanish nuclear industry from the very beginning must be preserved.*

## BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

[1] Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). *Statistic Advance* 2003.

[2] Consejo de Seguridad Nuclear. *Report of the Consejo de Seguridad Nuclear to Congress and the Senate. Year 2002.*

- The Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) is a professional sectorial organization for coordinating, representing, managing, promoting and defending the interests of the associate electric utilities. To develop its activities, UNESA is organized around different working committees, one of which is the Nuclear Energy Committee.

The Radiological Protection and Radioactive Waste Committee reports to UNESA's Nuclear Energy Committee. Its members include the heads of NPP Radiological Protection, and the committee's most important function is to coordinate and unify criteria related to Radiological Protection and radioactive waste management.



# PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LOS FOROS SUPRANACIONALES E INTERNACIONALES

## SPANISH PARTICIPATION IN SUPRANATIONAL AND INTERNATIONAL FORA

**José Ignacio Calvo.** Subdirector General de Tecnología Nuclear. CSN. / *Deputy General Director of Nuclear Technology. CSN*

**David Cancio.** Director del Programa de Protección Radiológica del Público y Medio Ambiente. CIEMAT. / *Director of the Public and Environmental Radiological Protection Program. CIEMAT.*

**María Jesús Muñoz.** Jefe del Gabinete de la Dirección Técnica de Protección Radiológica. CSN. / *Head of the Office of Technical Direction for Radiological Protection. CSN.*

**Ramón Revuelta.** Director Adjunto WANO Centro de París. / *Assistant Director WANO Paris Center.*

**Jaime Ruiz.** Consejero Técnico de la Representación Permanente de España ante el OIEA. / *Technical Adviser to Spain's Standing Representation before the IAEA.*

**Eliseo Vañó.** Catedrático de Física Médica. Departamento de Radiología de la Universidad Complutense de Madrid. / *Professor of Medical Physics. Department of Radiology of Madrid's Universidad Complutense.*

**Agustín Alonso.** Catedrático de Tecnología Nuclear. Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid. / *Professor of Nuclear Technology. Department of Nuclear Engineering of Madrid's Polytechnic University.*

104

Se describe la participación española en los comités y grupos de trabajo específicos relacionados con la protección contra las radiaciones ionizantes y la seguridad radiológica y nuclear en organizaciones de carácter supranacional, como la Comisión europea; en las organizaciones gubernamentales internacionales, como el Organismo Internacional de la Energía Atómica y la Agencia de Energía Nuclear de la OECD; así como en organizaciones internacionales científicas y tecnológicas, en concreto, la Comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP, y la Organización Internacional de Explotadores de Reactores Nucleares, WANO.

### INTRODUCCIÓN

Se reconoce el carácter internacional de la protección y seguridad nuclear y radiológica y, por tanto, la necesidad de que los países participen en las numerosas comisiones, grupos de trabajo específicos y actividades

similares que organizan las instituciones supranacionales, en especial las actividades derivadas del articulado del tratado de Euratom; las organizaciones internacionales, tales como el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Agencia de Energía Nuclear de la OECD, y

The text describes the Spanish participation in committees and working groups related to radiation protection and radiological and nuclear safety in supranational organizations, such as the European Commission; in international governmental organizations, such as the International Atomic Energy Agency and the OECD Nuclear Energy Agency, and in scientific and technical commissions and associations, in particular, the International Commission on Radiological Protection, ICRP and the World Organization of Nuclear Operators, WANO.

### INTRODUCTION

The international character of radioprotection and nuclear safety is widely recognized; therefore, it is also recognized the needs of the countries to participate in the numerous committees, specific working groups and similar activities in supranational institutions, mainly in those activities derived from the Euratom Treaty; in international institutions, such as the International Atomic Energy Agency and the OECD Nuclear Energy Agency, and in other scientific and

technological institutions dealing with the indicated subjects, specifically the International Commission on Radiological Protection and the World Association of Nuclear Operators. Spanish experts have been active in the said institutions for a long time, in certain cases since their creation. Nevertheless, in the present document emphasis is put on the present activities more than on the past.

#### PARTICIPATION IN THE EUROPEAN COMMISSION COMMITTEES RELATED TO THE PROTECTION AGAINST IONIZING RADIATION

Spanish representatives participate in the Expert Groups that advise the Commission on the different aspects contained in the Euratom Treaty; mainly on article 31, about basic standards; on articles 35 and 36, over monitoring natural radioactivity indexes which could affect the population, and on article 37, on radioactivity release projects, in any form, to determined if such proposed releases could contaminate water, soil and air of any other Member State above unacceptable levels.

Moreover, national experts have been actively collaborating in several ad hoc Groups, created within the Expert Groups previously mentioned, to deal with specific issues, such as development of guides and drafting new Directives; among the last ones, it is relevant to mention the contribution to the Basic Standards for the Health Protection and Control of High Activity Radiation Sources. It is also worth mentioning the two Working Groups preparing the specific items to be discussed at the plenary sessions required by article 31: on Medical Exposure and on Education and Training in Radiological Protection. The first of the two said Groups is now very active in the especially relevant preparation and promotion of documents and guides to help with the implementation of the Directive on Medical Exposure. The second is now giving priority to the harmonization of education and training on radiological protection within the European Union. The issues discussed during the meetings of the mentioned working groups are transmitted to the Spanish Ministry of Health and to other national organizations and scientific societies potentially interested in the subject. Periodically a summary of such issues is formally presented for information to the Radiation Protection Subcommittee of the Spanish Inter-Territorial Health Council, composed of the health authorities of the Autonomous Communities.

On Thematic Networks, the Spanish contribution has been of value in the development of EAN, the European ALARA Network, the objective of which is to facilitate the dissemination of ALARA practices in the industrial and research sectors; in ERICCA, the European forum to exchange and disseminate knowledge and experiences on radon issues; in DSSNET, the international network to improve, expand and integrate the different national intervention systems for the management of radiological emergencies, and in TND, the thematic network on the dismantling and closure of nuclear installations.

otras organizaciones científicas y tecnológicas que se ocupan de las materias indicadas, habiendo seleccionado a la Comisión Internacional de Protección Radiológica y a la Asociación Internacional de Operadores Nucleares. Expertos del país han permanecido en activo en dichas instituciones desde antiguo, en algunas de ellas desde su creación. Sin embargo, en el presente documento se pone más énfasis en la participación presente que en la pasada.

#### PARTICIPACIÓN EN COMITÉS DE LA COMISIÓN EUROPEA RELACIONADOS CON LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES

Representantes españoles participan en los Grupos de expertos que asesoran a la Comisión sobre diversos aspectos recogidos en el Tratado de Euratom, en particular el artículo 31, sobre elaboración de normas básicas; los artículos 35 y 36, sobre el control de los índices de radiactividad ambiental que pudieran afectar a la población, y el artículo 37, sobre los proyecto de evacuación de los residuos radiactivos, cualquiera que sea su forma, a fin de determinar si la ejecución del proyecto propuesto puede dar lugar a una contaminación radiactiva inaceptable en las aguas, el suelo o el espacio aéreo de otro Estado miembro.

Por otra parte, se ha venido colaborando activamente en diversos Grupos *ad hoc*, constituidos en el seno de los grupos de expertos anteriormente mencionados, para el análisis de temas específicos: elaboración de guías y redacción de propuestas de directivas; entre estas últimas cabe mencionar las relativas a las Normas básicas sobre protección

sanitaria y control de fuentes radiactivas de elevada actividad. Cabe también destacar dos grupos de trabajo que preparan los temas específicos para las reuniones plenarias del art. 31: el de *Exposiciones Médicas* y el de *Educación y Formación* en protección radiológica. El primero de los grupos está teniendo una actividad especialmente relevante en la elaboración y promoción de documentos y guías que están ayudando a la aplicación de la directiva sobre exposiciones médicas. El segundo se ocupa con prioridad de la armonización de los temas de formación y certificación en protección radiológica en la Unión Europea. Los temas que se discuten en las reuniones de los citados grupos de trabajo se trasladan al Ministerio de Sanidad y a los organismos y sociedades científicas potencialmente interesados. Periódicamente se presenta un resumen de esta información en la Ponencia de Protección Radiológica del Consejo Inter-territorial de Salud.

En cuanto a las Redes temáticas, puede destacarse la contribución española en la EAN, la *Red Europea ALARA*, cuyo objetivo es facilitar la diseminación de las prácticas ALARA en sectores de la industria y la investigación; en ERICCA, foro de intercambio y divulgación de temas relacionados con el radón; en DSSNET, red internacional para la mejora, ampliación e integración de sistemas de ayuda para la toma de decisiones operativas en la gestión de emergencias nucleares y en TND, red temática sobre desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares.

Finalmente, y en lo que respecta a los sistemas de intercambio de información, se participa en ECURIE, sistema de intercambio urgente de información radiológica de la Comunidad Europea y en EURDEP, para el intercambio



Reunión del Comité 4 de la ICRP. De izquierda a derecha: / Meeting of the Committee 4 of the ICRP. From left to right: Annie Sugier (Francia), Abel González (Argentina), (f) Bert Winkler (Sudáfrica), David Cancio (España), Richard Osborne (Canadá).

de datos radiológicos procedentes de las estaciones automáticas.

### PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La participación de España en las actividades del Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA, presenta múltiples facetas como resultado de la diversidad de tareas que a este Organismo del sistema de Naciones Unidas le encomienda su Estatuto:

- a) Garantizar la utilización pacífica de la energía atómica.
- b) Promover una cultura mundial de la seguridad nuclear.
- c) Fomentar la contribución de la energía atómica al desarrollo.

La primera tarea se lleva a cabo mediante el denominado *sistema de salvaguardias*, en base al cual el Organismo verifica el uso pacífico del material nuclear en los países que han suscrito con él Acuerdos de Salvaguardias. España, como los otros países de la UE, está sometida a un doble sistema de salvaguardias, el del OIEA y el de EURATOM, independientes pero estrechamente coordinados. Como resultado de

ello, la industria nuclear española está obligada a declarar periódicamente sus existencias de material nuclear y las variaciones que se producen; estas declaraciones son objeto de verificación por los inspectores del OIEA, quienes realizan al año unos 100 días de inspección en las 18 instalaciones sometidas a salvaguardias que existen en España. Dentro del equipo de inspectores del OIEA hay seis españoles, quienes, por definición, no pueden inspeccionar en España.

Para alcanzar una *cultura mundial de la seguridad nuclear*, el OIEA desarrolla un amplio abanico de actividades que incluye: la seguridad de las instalaciones nucleares, de las fuentes radiactivas, del transporte nuclear, la gestión de los residuos radiactivos y la protección física de materiales e instalaciones. En todos esos campos, el OIEA ha elaborado estándares internacionales de seguridad, de carácter no vinculante. Además, ha impulsado la elaboración de diversos Instrumentos jurídicos internacionales, que obligan a los Estados Parte, entre otros, las Convenciones sobre *Seguridad Nuclear*, sobre *Gestión Segura de los Residuos Radiactivos y Combustible Gasto*, y sobre *Protección Física de los Materiales Nucleares*. La actuación del OIEA no se limita a la

Finally, with respect to information exchange systems, Spanish experts participate in ECURIE, the system for the rapid exchange of radiological information within the European Community, and in EURDEP, dedicated to the interchange of radiological data collected by the automatic radiation monitoring stations.

### SPANISH PARTICIPATION IN THE INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

The Spanish participation in the activities of the International Atomic Energy Agency (IAEA) has multiple aspects, as required by the diversity of objectives included in the Statute of this Agency, as a member of the United Nations family:

- a) To guarantee the peaceful uses of atomic energy.
- b) To promote a global nuclear safety culture.
- c) To advance the contribution of atomic energy to development.

The first job is performed through the so-called safeguards system, on the basis of which the Agency verifies the peaceful uses of nuclear materials within those countries, which have subscribed with the Agency Safeguards Agreements. Spain, as any other member of the EU, is subjected to a double safeguards system, those of the IAEA and EURATOM, independent but closely coordinated. As a result of that, the Spanish industry is obliged to declare periodically its inventories of nuclear materials and their variations, these declarations are the subject of verifications by the IAEA inspectors, who perform per annum some 100 days of inspection in the 18 Spanish installations under safeguards. There are six Spaniards within the IAEA inspection team; by definition, those inspectors cannot perform inspections in Spain.

To reach a global safety culture, the IAEA develops a wide variety of activities, which include: the safety of nuclear installations, radioactive sources, nuclear transport, radioactive waste management and the security of materials and installations. In all these fields the IAEA has elaborated non-binding international safety standards. Moreover, the Agency has promoted the development of several international legal Instruments, which are binding to the Member Parties, among others, the *Conventions on Nuclear Safety*, the *Safe Management of Radioactive Waste and Spent Fuel*, and *Physical Protection of Nuclear Materials*. The activity of the IAEA is not limited to the elaboration of this legal body; it also includes the technical assistance to Member States, upon their request, to ensure their implementation. Spain closely follows all these activities through the Council on Nuclear Safety (CSN), the Ministry of Economy (General Directorate for Energy Policy and Mines), and ENRESA (the public enterprise for the management of radioactive waste), as it is reflected in the fact that the country is present in all the permanent Organs which monitor and advise to the Director General



in subjects related to nuclear safety and radiation protection, such as:

- INSAG (International Nuclear Safety Group)
- Commission on Safety Standards (CSS), and the four Committees under it on Radiation Protection (RASSC), Radioactive Waste Management (WASSC), Nuclear Safety (NUSSC), and Transport Safety (TRANSC)
- SAGNE (Standing Advisory Group on Nuclear Energy)
- WATAC (International Radioactive Waste Technology Advisory Committee)

Moreover, Spain has participated actively in the processes of elaboration and revision of the above-mentioned Conventions. It is not necessary to point out that the IAEA Standards and International Conventions elaborated under its auspices (all of them subscribed and ratified by Spain) have served as a reference for the development of the Spanish standards in those fields. On the other side, it is to be emphasized that the IAEA offers Member States a series of services related to the safety evaluation of nuclear power plants, which consist on in situ reviews by teams of international experts; that contributes to the global nuclear safety regime. The Spanish nuclear power plants make use of these services, in particular the so-called OSART missions on operational safety. In parallel, experts from the Spanish nuclear industry and the CSN frequently form part of similar missions in other countries, organized by the Nuclear Safety Department of the IAEA; at present four Spaniards are part of the technical staff of this Department.

The third main objective of the IAEA, the promotion of the safe use of nuclear technology in the generation of electricity as well as on the many uses of radioisotopes (in medicine, agriculture, management of water resources and the industrial uses, among others) is basically materialized through its Technical Assistance Programme, which is aimed at the establishment of technical projects (national, regional or international) for a total amount of some 75 million of US \$ per annum. Spain is present twice in this programme, which is supported by voluntary contributions from the Member Countries. On one side, different Spanish official institutions related to the IAEA activities (Ministry of External Affairs, Ministry of Economy, CSN and CIEMAT) contribute financially to this programme, with a total of 1.33 million US \$ in 2003. From a different angle, the above mentioned institutions and other institutions (Universities, Hospitals, Research Centers and others), as well as numerous enterprises related to the Spanish nuclear sector, participate actively in the execution of numerous IAEA technical assistance projects, through cost free experts for missions, training of fellows, organization in Spain of training courses, supply of equipment and other activities. To give an idea of such participation, in 2003, Spain received 47 fellows; organized in conjunction with the IAEA seven training courses, to which 78 foreign technical individuals attended, and provided 47 experts for missions.

elaboración de este cuerpo normativo, sino que incluye la prestación de asistencia a los Países miembros, a petición de éstos, para asegurar su aplicación. España sigue de cerca todas estas actividades a través del Consejo de Seguridad Nuclear, CSN, del Ministerio de Economía (Dirección General de Política Energética y Minas), y de ENRESA (empresa pública responsable de la gestión de residuos radiactivos), como refleja el hecho de que nuestro país esté presente en todos los Órganos permanentes que vigilan y asesoran al Director General en temas relativos a la seguridad nuclear y protección radiológica, a saber:

- INSAG (International Nuclear Safety Group)
- CSS (Comisión on Safety Standards), y los cuatro Comités de ella dependientes sobre Protección Radiológica (RASSC), Gestión de Desechos (WASSC), Seguridad Nuclear (NUSSC), y Seguridad en el Transporte (TRANSC)
- SAGNE (Standing Advisory Group on Nuclear Energy)
- WATAC (International Radioactive Waste Technology Advisory Committee)

Asimismo, España ha participado activamente en los procesos de elaboración y revisión de las referidas Convenciones. Obvia decir que las normas del OIEA y las Convenciones internacionales elaboradas bajo sus auspicios (todas ellas firmadas y ratificadas por España), han servido de referencia a la normativa española en este campo. Por otra parte, procede destacar que el OIEA pone a disposición de los Países miembros una gama de servicios relativos a la evaluación de la seguridad de centrales nucleares, consistentes en exámenes *in situ* por parte de los equipos de ex-

ertos internacionales, lo que contribuye al fortalecimiento mundial de la seguridad nuclear. Las centrales nucleares españolas hacen uso de esos servicios, en particular de las denominadas misiones OSART, relativas a la evaluación de la seguridad operacional. Paralelamente, expertos de la industria nuclear española, y del CSN, forman parte con frecuencia de similares misiones en otros países, organizadas por el Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA; Departamento que, por cierto, cuenta con cuatro técnicos españoles en su plantilla.

La tercera faceta del OIEA, el *fomento de la utilización segura de las tecnologías nucleares*, tanto en la generación de energía eléctrica como en las diversas aplicaciones de los radioisótopos (en medicina, agricultura, gestión de recursos hidráulicos, usos industriales, etc.), se materializa básicamente en su *Programa de Cooperación Técnica*, que supone la realización de proyectos de asistencia técnica (nacionales, regionales e internacionales) por un volumen de aprox. 75 millones de dólares/año. España está doblemente presente en este Programa, que se financia mediante contribuciones voluntarias de los Estados miembros. Por un lado, las diversas Instituciones oficiales españolas implicadas en el seguimiento de las actividades del OIEA (Ministerio de Asuntos Exteriores, Ministerio de Economía, CSN y CIEMAT) aportan contribuciones financieras a ese Programa, que en el 2003 ascendieron a un total de 1,33 millones de US \$. Por otro lado, esas y otras Instituciones (Universidades, Hospitales, Centros de Investigación, etc.), así como numerosas empresas del sector nuclear, participan activamente en la ejecución de numerosos proyectos de asistencia técnica del OIEA, mediante el suministro de



Sede de los Organismos de Naciones Unidas en Viena.  
Headquarters of United Nations Organisms in Vienna.

expertos para misiones, la acogida de becarios, la organización en España de cursos de capacitación, el suministro de equipos, etc. Para dar idea del volumen de esta participación, basta decir que en el año 2003 España acogió 47 becarios, organizó conjuntamente con el OIEA siete cursos de formación a los que asistieron 78 técnicos extranjeros y suministró 41 expertos para misiones.

Continuando con las estadísticas, cabe destacar la importante participación de expertos españoles (alrededor de 200 al año) en reuniones del OIEA, y la considerable presencia española en su plantilla (17 técnicos, entre ellos el Director de la División de Salud Humana, y 12 administrativos).

España dispone de una Representación Permanente ante los Organismos Internacionales en Viena, incluido el OIEA, y es en la actualidad, por cuarto año consecutivo, miembro de su Junta de Gobernadores, que preside el Excmo. Sr. Embajador Representante Permanente, D. Antonio Núñez García-Saúco.

El Gobierno de España acogió la primera Conferencia Internacional, de ámbito mundial, sobre

la Protección Radiológica de los Pacientes en Radiología Diagnóstica e Intervencionista, Radioterapia y Medicina Nuclear organizada por el OIEA, y que se celebró en Málaga en el año 2001. De esta Conferencia se derivó un *Plan Internacional de Acción* para la protección radiológica de los pacientes, que fue aprobado por la Junta de Gobernadores del Organismo en 2002. El Ministerio de Sanidad y Consumo y algunas universidades españolas tienen una participación relevante en dicho Plan de Acción. Además, un científico español es el Secretario Científico del Plan Internacional de Acción responsable ante el OIEA de coordinar todas las actividades del mismo.

Finalmente, aunque fuera del OIEA, pero formando también parte de la familia de las Naciones Unidas, cabe destacar la estrecha colaboración española con la secretaría de UNSCEAR, el Comité de Naciones Unidas que se encarga de los aspectos científicos de los efectos de las radiaciones ionizantes. Un grupo de especialistas españoles ha colaborado con este organismo en la preparación del nuevo formulario

Going on with statistics, it is to be noted the significant Spanish participation (some 200 experts per year) in IAEA meetings, and the considerable Spanish presence in the IAEA staff, at present 17 technical experts, including the Director of the Human Health Division, and 12 administrative personnel.

Spain is represented in the IAEA through a Permanent Representation to the International Organizations in Vienna, which also covers the IAEA. At present, for the last consecutive four years, Spain is member of the Board of Governors, which at the time is chaired by a Spaniard, H.E. Ambassador Antonio Núñez García-Saúco, Permanent Representative of Spain.

The Government of Spain hosted the first and global International Conference on the Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, organized by the IAEA, which was held in Málaga in 2001. Following that Conference, an Action Plan was established and approved by the Board of Governors in 2002. The Spanish Ministry of Health and some Spanish Universities keep a relevant participation in such Action Plan. Moreover, a Spaniard has been chosen by the IAEA as the Scientific Secretary of the Action Plan in charged of coordinating all related activities.

Finally, although outside of the IAEA, but within the family of United Nations, it is to be mentioned the close collaboration with the Secretariat of UNSCEAR, the United Nations Scientific Committee on the Effects of Ionizing Radiation. A group of Spanish experts have collaborated with such organization on the preparation of a new questionnaire to collect data from medical exposures. This collaboration has prompted the creation of a specific working group within the Ministry of Health with representatives from the Autonomous Communities with the aim of collecting the Spanish data for UNSCEAR.

#### NATIONAL PARTICIPATION IN THE COMMITTEES WITHIN THE OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY

From the various Committees operating within the Nuclear Energy Agency relevant to this presentation, the Committee on Radiological Protection and Public Health, CRPPH, and the Radioactive Waste Management Committee, RWMC, are worth mentioning. Related to those above, although their objectives are more closely related to nuclear safety and nuclear safety policy, the Committee on the Safety of Nuclear Installations, CSNI, and the Committee on Nuclear Regulatory Activities, CNRA, are also worth mentioning. The Spanish contribution to these committees will be briefly described.

The Spanish participation in the CRPPH is not only related to the periodic meetings, where the main policy and the monitoring of the different work programmes are discussed; the Spanish experts also collaborate in the different groups and activities which are established to develop such policy. In this



way, national experts have been integrated into the Groups created to analyze the expected recommendations coming from the International Commission on Radiological Protection, ICRP, and the corresponding implications (EGIR), as well as in groups created to the analysis and monitoring of specific subjects; such as the ones related to the social aspects of radiation protection, the global management of risk and the science and technology of radiation protection.

On joint research projects, it is to be mentioned the participation on the Information System for the Occupational Exposure in Nuclear Power Plants (ISOE), through the working groups on data handling and informatics. There is also Spanish representation in the Bureau of the Committee, from which a Spaniard was Chairman from 1999 to 2001.

As far as recent international meetings, Spanish experts participated in the first NEA forum, organized jointly with the ICRP, on the radiological protection of the environment. Moreover, in Lanzarote, Spain, a joint workshop was organized on radiation protection policy, with the main objective of analyzing the future recommendations from the ICRP.

The Committee on the Management of Radioactive Waste includes Spanish representatives who participate in the periodic meeting of the Committee. Apart from that, Spanish experts collaborate in the Working Group on dismantling and closure (WPDD), with the aim of interchanging experiences on the dismantling and closure of nuclear installations on and the corresponding waste management.

Finally, in the field of radiological emergencies, Spanish experts participate in the Working Group for the management of nuclear emergencies, INEX, with the aim of planning and executing international nuclear emergency drills.

The Committee on the Safety of Nuclear Installations, CSNI, was created in 1973. It includes representatives of the NEA Member States and its mandate and policy are contained in a Strategic Plan, which is revised every five years. The main objective of the CSNI, as stated in the said Plan, consists in assisting Member States in the maintenance and additional development of the scientific and technical knowledge to analyze and assess the safety of nuclear reactors and fuel cycle installations.

The main representation of every country is normally given to a high level official of the regulatory organization. In the Spanish case, that is given to a Counsellor of the Nuclear Safety Council, CSN, who is assisted by two experts, one coming from the Technical Directorate for Nuclear Safety in the CSN and the other represents the operators of nuclear power plants. The Members of the CSNI meet periodically twice per year.

The policy of the Committee is developed by four permanent Working Groups on: (1) operating experience, (2) risk analysis, (3) analysis and management of accidents and (4) integrity of components and structures. Other two Working Groups are now non-permanent, but with the possibility of becoming permanent, on: (1) human

de datos de exposiciones médicas. Esta colaboración ha llevado a crear un grupo de trabajo específico en el Ministerio de Sanidad con representantes de las Comunidades Autónomas para aportar los datos de España a UNSCEAR.

### **PARTICIPACIÓN NACIONAL EN COMITÉS DE LA AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA OECDE**

De entre los distintos Comités de la Agencia de Energía Nuclear de interés para esta presentación destacan el Comité de Protección Radiológica y Salud Pública, CRPPH, y el Comité para la Gestión de los Residuos Radiactivos, RWMC. Relacionados con los anteriores, caben también mencionar, aunque sus objetivos se encuentran más relacionados con la seguridad de las instalaciones y la administración de la seguridad nuclear, al Comité de Seguridad de las Instalaciones Nucleares, CSNI, y al Comité de Actividades Regulatoras, CNRA. Todos ellos se glosan brevemente.

La participación española en el Comité de Protección Radiológica y Salud Pública, CRPPH, no sólo se ciñe a las reuniones periódicas del mismo, donde se define y efectúa el seguimiento de los programas de trabajo, sino que se colabora en los diversos grupos y actividades para el desarrollo de tales programas. Así, expertos nacionales se han integrado en los Grupos constituidos para analizar las próximas recomendaciones de la ICRP y sus implicaciones (EGIR), y en los constituidos para el análisis y seguimiento de temas específicos; entre ellos los relativos a aspectos sociales de la protección radiológica, gestión integral de riesgos y ciencia y tecnología de la protección radiológica.

Por lo que se refiere a los pro-

yectos conjuntos, es de destacar la participación en el Sistema de información sobre exposición ocupacional en centrales nucleares (ISOE), en los grupos de trabajo de análisis de datos y de desarrollo de sistemas informáticos. Existe también representación española en el Comité de Dirección del programa, del cual se ostentó la presidencia en el periodo 1999-2001.

En cuanto a foros y reuniones internacionales, se ha participado en el primer foro NEA, en colaboración con ICRP, sobre protección radiológica del medio ambiente, y se organizó en España (Lanzarote) un taller conjunto relativo a la estrategia en protección radiológica, a fin de examinar las futuras recomendaciones de la ICRP.

Por lo que se refiere al Comité de Gestión de Residuos Radiactivos, RWMC, además de la representación española en las reuniones periódicas del Comité, se colabora en el Grupo de trabajo sobre desmantelamiento y clausura (WPDD) de las instalaciones nucleares y la correspondiente gestión de los residuos.

Finalmente, y en el ámbito de las emergencias, se participa en el grupo de trabajo sobre gestión de emergencias nucleares INEX, cuyo objeto es la planificación y ejecución de ejercicios de emergencias nucleares en el ámbito internacional.

El Comité de Seguridad de Instalaciones Nucleares, CSNI, fue constituido en 1973. Está formado por representantes de los países miembros de la NEA y su misión y la organización de su trabajo se recoge en un *Plan Estratégico*, que es actualizado cada cinco años. La misión del CSNI, recogida en dicho Plan, es la de ayudar a los países miembros en el mantenimiento y en el desarrollo adicional de la base del conocimiento científico y técnico que se requiere para anali-



zar y evaluar la seguridad de los reactores nucleares y de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear.

La representación principal de cada país la ostenta normalmente un alto cargo del organismo regulador. Así es el caso español, donde el representante principal es uno de los Consejeros del Consejo de Seguridad Nuclear, que cuenta con el apoyo de otros dos representantes provenientes uno de la Dirección de Seguridad Nuclear del CSN y otro que representa a los explotadores de las centrales nucleares. Los miembros del CSNI se reúnen periódicamente dos veces al año.

Las líneas estratégicas del Comité se desarrollan actualmente mediante cuatro grupos de trabajo permanentes sobre: (1) experiencia operativa, (2) análisis de riesgos, (3) análisis y gestión de accidentes e (4) integridad de componentes y estructuras. Otros dos grupos de expertos son actualmente temporales, con posibilidad de que se establezcan finalmente de forma permanente, sobre: (1) los factores humanos y organizativos y (2) los márgenes de seguridad en el combustible. En todos estos grupos hay representación española, ostentada normalmente por una persona del Cuerpo Técnico del CSN con el apoyo de personas provenientes de otras organizaciones como UNESA, CIEMAT, Tecnatom, Universidades Politécnicas o alguna empresa de ingeniería.

Hay que indicar que la participación española, tanto en el propio CSNI como en estos seis grupos de trabajo, ha sido muy destacada en muchos casos. En ocasiones, se ha ostentado la presidencia o vicepresidencia del CSNI o de alguno de sus grupos, y se ha llevado el liderazgo de un buen número de tareas y organizado reuniones y

sesiones de trabajo. Ejemplos se pueden encontrar en las publicaciones de los trabajos de cada uno de los grupos, pero se puede nombrar, para no extenderse demasiado, algunos casos muy recientes como los trabajos sobre: monitores del riesgo, indicadores de funcionamiento, impacto de la organización en la seguridad, análisis de precursores o seguridad de las estructuras de hormigón.

Los proyectos de investigación lanzados en el marco de la OCDE constituyen también actividades promovidas por el CSNI. Proyectos actuales de ese tipo con participación española son: MCCI, SETH o MASCA II. También hay proyectos experimentales similares en relación con el comportamiento del combustible, como CABRI-WL y HALDEN-Combustible. Otro proyecto fundamentalmente experimental es la parte de Interacción Hombre-Máquina del proyecto HALDEN. La elaboración de bases informáticas de datos de interés para la seguridad nuclear es también una actividad del Comité. Son los casos de los proyectos ICDE, sobre fallos de causa común, OPDE, sobre fallos de tuberías, y FIRE sobre experiencias de incendios. En todos los proyectos mencionados hay participación española.

Por su parte, el Comité de Actividades Reguladoras Nucleares, CNRA, nacido del anterior, se encarga de analizar las funciones propias de los organismos reguladores de los países participantes, en particular, el desarrollo y aplicación de normativa, las metodologías de evaluación e inspección de las instalaciones y, muy en especial, el análisis de la experiencia operativa. En el CNRA la representación corresponde a las autoridades y técnicos superiores del propio Consejo de Seguridad Nuclear.

and organizational factors and (2) fuel safety margins. In all these Groups there are Spanish representatives, normally a member of the CSN technical staff with the assistance of experts coming from other organizations such as UNESA, CIEMAT, TECNATOM, the Polytechnic Universities and some Engineering Companies.

The Spanish participation in the activities of the CSNI proper and in all above-mentioned Working Groups has been relevant in many instances. In occasions Spaniards have been called to the Chair and the Bureau of the Committee itself and some of its Working Groups; Spaniards have acted as leaders in a number of specific tasks, they have also organized meetings and work sessions. Examples can be found in the Working Group publications. Recent examples refer to: risk monitors, performance indicators, safety impact from organizational aspects, precursor analysis and the safety of concrete structures.

Research projects established within the OECD frame also constitute activities promoted by the CSNI. Present research projects with Spanish participation include: MCCI, SETH and MASCA II. There are also similar research projects related to fuel behavior, such as CABRI-WL and HALDEN-Fuel. Another fundamentally experimental research project is HALDEN-Man-Machine Interaction. The building up of computerized databases on aspects of nuclear safety is also an activity by the Committee. To that the projects ICDE, on common cause failures, OPDE, on piping failure, and FIRE, on fire experiences are examples of such databases. In all above-mentioned projects there is Spanish participation.

On its side, the Committee on Nuclear Regulatory Activities, CNRA, born from the CSNI, is in charge of analyzing the functions proper to the regulatory organizations of participating countries; in particular, the development and implementation of standards, the inspection and assessment methodologies and, specifically, the analysis of operating experience. In the CNRA the representation corresponds to the high-level regulatory authorities and senior members of the CSN staff.

#### SPANISH PARTICIPATION IN THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

The International Congress on Radiology established the prestigious International Commission on Radiological Protection, ICRP, in 1928. Along the time, its activities have increased from protection in medical radiology to cover every aspect related to the protection against the harmful effects of ionizing radiation. It is a non-governmental organization, which receives contributions from international organizations and national authorities interested in radiation protection.

Scientist members of ICRP are elected from their personal merits and they do not represent countries or organizations. At present, three Spaniards are part of the ICRP Committees. Two of them are

members of Committee 3, on radiation protection in medicine, and a third belongs to Committee 4, dealing with the recommendations issued by the Commission. The three mentioned personalities are recognized scientists in different areas of radiation protection and the three are active members of the Spanish Society on Radiation Protection. National experts have also contributed to different Working Groups without being members of the Commission proper.

In the last years, Committee 3 has developed a series of recommendations on protection in medical practices using radiation in diagnostic and therapy. One of the Spanish experts is member of the Committee since 1993 and he has participated in Working Groups, in particular he chaired the Working Group that produced Publication 86, on preventing accidents in radiotherapy. A second Spanish expert became member of the said Committee 3 in 2001. Previously he had participated in the Group responsible for Publication 85, on interventional radiology, and he has recently chaired the Group producing the document on managing patient dose in digital radiology, to be published soon.

The third Spaniard was nominated in 1997 as member of Committee 4; at present he is responsible for defining the foundations for the revision of the new Recommendations to be issued in 1995. He has also participated in the Working Group on the protection of non-human species, already published as Publication 92. At present, the revision of the concept "individual", to be used in the application of radiation protection standards, is almost finished. Moreover, Committee 4 is responsible for the relations with other international organizations to monitor the in situ applications of the Commission recommendations.

The presence of Spanish scientists in the ICRP is creating an interchange of information among the Spanish scientific Societies and such international organization, making it possible to know the working policies and priorities for the next years, as well as having the opportunity of proposing subjects of interest for the protection in medicine on a national basis.

#### THE SPANISH PARTICIPATION IN THE WORLD ASSOCIATION OF NUCLEAR OPERATORS

The World Association of Nuclear Operators, WANO, was founded in 1989, as a response to the Chernobyl-4 accident in 1986; the nuclear operators of the entire world being then conscious of their collective responsibility in nuclear safety, as it was the case with the creation of the US Institute for Nuclear Plant Operations, INPO, a few years before as a consequence of the TMI-2 nuclear power plant event.

The objective of WANO is "to maximize the safety and reliability in the operation of nuclear power plants through the exchange of information and the promotion of communication, comparison and emulation among its members". As it is understood that the exchange of information on operat-

#### PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La prestigiosa Comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP, fue establecida en 1928 por el Congreso Internacional de Radiología. Con el transcurso del tiempo su campo de acción se ha ampliado desde la protección en la radiología médica a todos los aspectos de protección contra las radiaciones ionizantes. Se trata de una organización no gubernamental que recibe contribuciones de organizaciones internacionales y autoridades nacionales interesadas en la protección radiológica.

Los científicos miembros de la ICRP son elegidos por sus méritos personales y no representan a países u organizaciones. En la actualidad, tres españoles forman parte de los Comités de la ICRP. Dos de ellos son miembros del Comité 3, el cual se ocupa de la protección en medicina, y un tercero del Comité 4, especializado en la aplicación de las recomendaciones de la Comisión. Las tres personalidades citadas son reconocidos científicos en diversas áreas de la protección radiológica y los tres son miembros activos de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Expertos nacionales también han participado en determinados Grupos de Trabajo, sin ser necesariamente miembros de la Comisión.

En los últimos años, el Comité 3 ha desarrollado una serie de recomendaciones muy útiles para la protección en las prácticas médicas que utilizan radiaciones en el diagnóstico y la terapia. Uno de los expertos españoles es miembro del Comité desde 1993 y ha participado en Grupos de Trabajo y en especial ha sido Presidente del Grupo que produjo la publicación 86 sobre prevención de accidentes en radioterapia. Otro de ellos ha ingresado en dicho

Comité 3 en 2001 y previamente había participado en el Grupo que produjo la publicación 85, sobre radiología intervencionista y ha presidido recientemente el Grupo que ha producido el documento a punto de publicarse sobre la gestión de las dosis a los pacientes en radiología digital.

El tercero fue designado en 1997 como miembro del Comité 4; actualmente tiene la misión de aportar los fundamentos para la revisión de las Recomendaciones que se editarán en el 2005. También ha participado en el Grupo de trabajo sobre la protección de las especies no humanas, ya editado como publicación 92, y actualmente, a punto de finalizarse, la revisión del concepto de "individuo" para la aplicación de los estándares de protección. Además, este Comité 4 es el que se relaciona con otras organizaciones internacionales para los aspectos de aplicación en la práctica de las recomendaciones de la Comisión.

La presencia de los científicos españoles en la ICRP está permitiendo un fluido intercambio de información entre las sociedades científicas españolas y esa organización internacional, dando a conocer a estas los planes de trabajo y prioridades para los próximos años y proponiendo temas considerados de interés para la protección en medicina en el ámbito nacional.

#### LA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN WANO

WANO (World Association of Nuclear Operators) se creó en 1989, en respuesta al accidente de Chernobyl en 1986; conscientes los operadores de todo el mundo de su responsabilidad colectiva en la seguridad nuclear; como INPO (Institute of Nuclear Power Operation), en Estados

Unidos, unos años antes, tras el suceso de Three Mile Island.

Su misión es “hacer máxima la seguridad y fiabilidad de la operación de las centrales nucleares mediante el intercambio de información y el fomento de la comunicación, la comparación, y la emulación entre sus miembros”. Puesto que se entiende que el intercambio de información sobre experiencia operativa no es suficiente, la emulación es el motor de la mejora de cada central hasta el nivel de las mejores. Las revisiones por homólogos son un instrumento de emulación, de comparación con los mejores. Estos dos programas del núcleo duro se complementan con otros dos: desarrollo profesional y técnico de directivos y personal, y apoyo e intercambio técnico a y entre las centrales.

WANO no tiene conexiones con organismos gubernamentales, ni internacionales ni con autoridades reguladoras. No es tampoco un regulador interno de la industria, ni un organismo de comunicación. Su único cliente son sus miembros. El foco de su acción es la mejora específica de la seguridad de cada central. Por ello, seguramente, aunque la pertenencia es voluntaria, todas las centrales del mundo, salvo Corea del Norte, están en la organización.

En 1987 una conferencia internacional en París creó un Comité Promotor presidido por Lord Marshall, del Reino Unido, para organizar WANO, con tres grupos de expertos (sobre estructura, guías técnicas y sistemas informáticos) y cuatro juntas organizadoras de los futuros centros regionales: Atlanta, París, Moscú y Tokio, cada uno bajo una Junta de Gobierno propia. La conferencia inaugural de WANO se celebró en Moscú en 1989. Un destacado representante de UNESA fue miembro del Comité Promotor, presidente del comité de París, vi-

cepresidente de su Junta de Gobierno, y uno de los 9 miembros (2 por centro regional, más el Presidente) de la Junta de Gobierno Mundial de WANO. Tres destacados expertos españoles participaron en los grupos de expertos organizadores.

Unidad Eléctrica Sociedad Anónima, UNESA, es el miembro español de WANO, integrado en el centro de París y representado por un Gobernador. De 1995 a 1998 y de 2002 a 2005, expertos españoles ocupan la Dirección Adjunta de este Centro. Varios coordinadores técnicos y decenas de ingenieros españoles participan cada año en las acciones de WANO, en especial, en los equipos reducidos de 12 altos directivos de todo el mundo que han hecho las Revisiones Corporativas por Homólogos de British Energy y Electricité de France.

En 1993, se inició un programa especial, llamado *programa de hermanamiento*, establecido conjuntamente por la Comisión Europea y WANO, sobre las mejoras a introducir en la seguridad de determinados reactores de diseño soviético emplazados en determinados países de la Europa Oriental. Las empresas eléctricas españolas, con el apoyo de la industria nuclear nacional, introdujeron en la central nuclear de Ucrania del Sur, con tres reactores de agua a presión de 1.000 Mwe, las mejoras de seguridad que se habían acordado y patrocinado por la Comisión Europea dentro del programa TACIS. A tal fin, se creó un Comité Asesor, formado por expertos europeos orientales y occidentales con el objetivo de vigilar el desarrollo del programa y dar cuenta de los resultados a la Comisión y a WANO. Un experto español presidió el Comité de 1993 hasta el año 2000 y otros expertos actuaron como secretarios o responsables en el propio emplazamiento.

*ing experience is not sufficient, emulation is the motor to improve every power plant up to the level of the best. Peer Reviews are an instrument for emulation and comparison with the best ones. These two cornerstone programmes are complemented with two others: Professional and Technical Development for managers and personnel, Technical Support and Exchange for and between the power plants.*

*WANO has no connections with governmental, international organizations, or regulatory authorities. Neither is it an internal regulator of the industry, nor an organization for public communication. Its only clients are its members. The focus of its activities is on the specific improvement of safety in each power plant. Because of that, most probably, although membership is voluntary, every nuclear power plant in the world, except those in North Korea, is included in the organization.*

*In 1987 an International Conference held in Paris created a Steering Committee chaired by Lord Marshall, from the United Kingdom, to organize WANO, it supervised the work of three Expert Groups (on organizational structure, technical guidelines, and computer and data-bank systems) and four Organizing Committees to create the future regional centers: Atlanta, Paris, Moscow and Tokyo, each one under its own Governing Board. A prominent member of UNESA served as member of the Steering Committee, as Chairman of the Paris Organizing Committee and Vice-Chairman of its Governing Board; he also was one of the nine members –two per Region plus the Chairman– of the worldwide WANO Governing Board. Three Spanish experts participated also in the different organizing Expert Groups.*

*Unidad Eléctrica Sociedad Anónima, UNESA, is the Spanish WANO Member; it is integrated in the WANO Paris Centre and represented by a Governor. From 1995 to 1998 and from 2002 to 2005, Spanish experts have served and will serve as Deputy Directors of the WANO Paris Centre. Several technical coordinators and dozens of Spanish engineers participate each year in WANO activities. Two high level executives have participated in the small teams of top level managers from all over the world that have performed Corporate Peer Reviews of British Energy and Electricité de France.*

*In 1993, the European Commission and WANO launched jointly a special programme, called Twinning Programme on the safety improvements of specific Eastern European plants equipped with Soviet-designed reactors. The Spanish Utilities, with the support of the Spanish nuclear industry, implemented at the South Ukraine NPP, a 3x1,000 Mwe PWR, the safety improvements agreed with and funded by the European Commission under the TACIS programme. To that end, an Advisory Committee made up of the Eastern plant chief engineers and the Western team leaders would monitor the development of the programme and advice both the European Commission and WANO. A Spanish expert chaired the Committee from 1993 to 2000 and other Spanish experts acted as Secretaries of the Committee or were resident team leaders.*