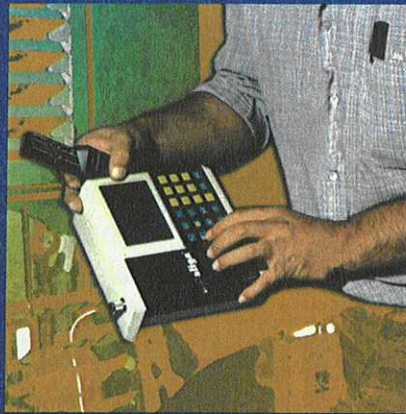


Revista del CSN / Número 33
IV Trimestre 2004

Seguridad Nuclear



**Simbiosis entre simuladores
de formación y simuladores
de ingeniería**

**La gestión de los residuos de alta
radiactividad**

Inspección Residente

**El espacio europeo de investigación
y el Sexto Programa Marco**

**Infraestructura de la oncología
radioterápica en España**

**Ernest Orlando Lawrence,
Inventor del ciclotrón**

Seguridad Nuclear

Revista del CSN

Año VIII / Número 33

IV Trimestre 2004

Directora

María-Teresa Estevan Bolea

Comité de redacción

José Ángel Azuara Solís

Julio Barceló Vernet

Carmen Martínez Ten

Antonio Morales Plaza

Ana Villuendas Adé

Consejo de**Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11

28040 Madrid

Tel.: 91 346 04 25

Fax: 91 346 05 58

www.csn.es

Coordinación editorial

Senda Editorial, S.A.

Isla de Saipán, 47

28035 Madrid

Tel.: 91 373 47 50

Fax: 91 316 91 77

Impresión

Grafistaff, S.L.

Avenida del Jarama, 24

Polígono Industrial

de Coslada

28820 Coslada (Madrid)

Tels.: 91 673 77 14

91 673 77 97

Fax: 91 669 11 37

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M-31281-1996

Portada: Trabajo (José Ribera Moreno)

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

1

Editorial**Artículos técnicos**

Simbiosis entre simuladores de formación y simuladores de ingeniería. Actividades del grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la UPC en el ámbito en el periodo 1992-2002

☛ **Francesc Reventós, Carme Pretel y Lluís Batet**

2

11

La gestión de los residuos de alta radiactividad

☛ **Valentín González**

15

Inspección Residente

☛ **Esperanza España**

23

El Espacio Europeo de Investigación y el Sexto Programa Marco de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (2002-2006)

☛ **Alejo Vidal-Quadras**

30

Infraestructura de la oncología radioterápica en España: resultados, conclusiones y reflexiones sobre la encuesta de 1999-2000

☛ **R. Esco, A. Palacios, J. Pardo, A. Biete, J.A. Carceller, C. Veiras y G. Vázquez**

Artículos divulgativos

40

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2003. Estudio Sectorial

43

La protección radiológica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes en España

49

Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

Ernest Orlando Lawrence. Nobel de Física (1939)

Actualidad

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

51

60

Noticias breves

68

Resúmenes

Editorial

E

INSAG -*International Nuclear Safety Group*- fue creado en 1985 por el director general del Organismo Internacional de Energía Atómica, con el fin de que le asesorara directamente a él y a los sucesivos directores generales en materia de seguridad nuclear.

Este grupo -presidido por el anterior presidente de la US NRC, Sr. Meserve- está constituido por unos pocos científicos y expertos de alto nivel; entre ellos, el profesor Agustín Alonso, que fue Consejero del CSN.

En recientes trabajos el INSAG ha puesto gran énfasis en cuatro cuestiones relativas a la seguridad, que para los reguladores y para las empresas nucleares suponen un reto ahora y en los años próximos. Se destacan las continuas mejoras de la seguridad que se han llevado a cabo en las plantas nucleares, como ponen de manifiesto los resultados sobre la gestión de la seguridad, que se refleja en los indicadores de funcionamiento de las Centrales.

No obstante, se insiste en que los operadores y reguladores -en todo el mundo- deben vigilar con atención creciente la operación de las plantas, evitando las presiones económicas que los operadores pueden tener y confiando además en los insignificantes o poco importantes sucesos e incidentes que se han producido hasta el momento en sus centrales. Se considera realmente necesario que cada planta continúe efectuando las inversiones precisas en personal, sistemas y equipos y en algún caso pueden ser significativas.

Estamos de acuerdo con el INSAG en que un pertinente mantenimiento de la planta en su vida útil requiere disponer de un margen suficiente de seguridad, como garantía plena de su buen funcionamiento. Del mismo modo, para evitar un deterioro de la infraestructura nuclear ha de cuidarse el factor humano actual y futuro, garantizando la capacitación del personal que deberá sustituir a los técnicos que manejan las plantas y que paulatinamente van retirándose. Es fundamental el trabajo conjunto del nuevo personal y el que se retira, con períodos de solape amplios.

Es preocupante la falta de interés de los alumnos en las universidades politécnicas por la especialidad de la ingeniería nuclear e incluso por la eléctrica. Del mismo modo sorprende el pequeño esfuerzo que se está llevando a cabo en la dedicación de recursos a la I+D+I en esta especialidad.

Finalmente, el INSAG recuerda el reto que supone la gestión de los residuos radiactivos y destaca el hecho de que muchas de las opiniones en contra de la actividad nuclear se refleje a través de la falta de soluciones -que tecnológicamente existen- en este ámbito.

Nos parece de total aplicación y asunción las inquietudes del INSAG y es evidente que en un futuro inmediato y próximo todos los organismos y empresas concernidas dedicarán los mayores esfuerzos a la mejora continua de la seguridad nuclear, entendida en el amplio sentido que requiere el concepto *defensa en profundidad*.

Francesc Reventós, Carme Pretel y Lluís Batet *

Simbiosis entre simuladores de formación y simuladores de ingeniería. Actividades del grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la UPC en el ámbito en el periodo 1992-2002

El artículo se centra en las aplicaciones de los diversos tipos de simuladores del comportamiento de centrales nucleares, haciendo especial hincapié en la complementariedad entre los denominados simuladores de formación e ingeniería, en cómo los simuladores de ingeniería pueden asistir a la

validación de los de formación, en la mejora de la disponibilidad de la instalación a través de la optimización de diversos parámetros de los sistemas de control, y más importante, en la mejora de la seguridad de la instalación a través de verificación de procedimientos de emergencia.

1. Introducción y finalidad

La relación entre los simuladores de formación y los simuladores de ingeniería presenta, en el ámbito de la tecnología de centrales nucleares, aspectos enormemente relevantes que van más allá de la simple delimitación de las funciones de cada uno de ellos. La historia de ambos, así como su cambiante presente y las perspectivas de su futuro, pueden y deben ayudar a centrar el tema de sus relaciones y a establecer las coordenadas en las que el diálogo entre especialistas alcanza su mejor eficacia.

La finalidad general de los modelos de “mejor estimación” (*Best Estimate*) corrientemente utilizados en el ámbito de ingeniería, es producir una imagen dinámica fiel o realista del comportamiento de las centrales que sea útil para la toma de decisiones de índole diversa. Esta imagen ha evolucionado desde sus inicios en el sentido de mejorar en gran medida su capacidad predictiva. Como producto de esta evolución, los resultados de los modelos *Best Estimate* han pasado también de ser orientativos y buenos para el entendimiento general de una dinámica, a ser definitivos

en algunos aspectos y buenos para licencia y gestión de márgenes siempre que se acompañen de ciertos requisitos metodológicos.

La finalidad de los modelos utilizados en los simuladores de formación es también producir una imagen dinámica del comportamiento de las centrales, pero en este caso haciendo hincapié en los aspectos relativos a la correcta comunicación del contenido a transmitir. Dentro de estos contenidos, existe una variedad de matices en función del colectivo usuario, del entorno de utilización o de las capacidades interactivas necesarias.

*Universitat Politècnica de Catalunya.

En línea con el objetivo de este artículo, se tomarán en consideración dos grandes grupos de simuladores de formación: los simuladores de alcance total y los simuladores conceptuales.

Los simuladores de alcance total, en ocasiones llamados simuladores de entrenamiento, a su vez se clasifican según la interfaz de usuario que incorporan. Existen Simuladores Gráficos Interactivos (SGI) con interfaz mediante pantallas y simuladores-réplica que constituyen, como su nombre indica, una réplica de la sala de control de la central simulada. Normalmente son específicos de cada planta y con frecuencia están dedicados casi exclusivamente a los equipos humanos de operación de la misma. Entre sus capacidades más relevantes están su gran capacidad interactiva y la posibilidad de introducir malfunciones de un modo simple, en el curso de la acción formativa para dinamizar y entrenar la reacción del operador.

Los simuladores conceptuales, liberados de la necesidad de ser una réplica, dejan de ser específicos de una planta; en principio están destinados a colectivos necesitados de entender las generalidades del comportamiento interactivo de los componentes de planta y los fenómenos físicos involucrados.

2. Validación, verificación y comparación

Tanto estas diferentes versiones de simuladores de formación como los de ingeniería tienen establecido su proceso de validación según unas reglas del estado del arte.

Los simuladores de alcance total siguen normas tales como la ANSI 3.5 [1], analizadas y debatidas en entornos diversos [2][7] y aplicadas a simuladores concretos [9][10].

El proceso de validación de los simuladores conceptuales, debido a que éstos cumplen exigencias de orden predominantemente pedagógico, y no deben considerarse específicos de una planta concreta, es me-

nos exigente en lo que se refiere a comparaciones de resultados. Si su modelo básico es el de una planta genérica, parece correcto exigir criterios semejantes [1] [7] aplicados a la planta genérica.

Los simuladores de ingeniería, a su vez, siguen procesos marcados por la fiabilidad de los resultados a producir [3][4] y garantizados normalmente por las organizaciones de calidad de las empresas de ingeniería que los utilizan.

“Rigor y comunicación deben coexistir de modo razonable tanto en el entorno de explotación como en el de formación. Tan importante es que el rigor no bloquee la comunicación como viceversa.”

A la vista de la especificación de su finalidad y teniendo en cuenta las capacidades evidenciadas en el proceso de validación de cada simulador, parece simple establecer qué simulador debe ser utilizado en cada acción formativa concreta; o qué preguntas deben ser contestadas y qué cuestiones deben ser resueltas por unos o por otros. En la práctica, la respuesta no es inmediata y, tal como se verá, a menudo la cooperación entre los diferentes tipos de simuladores da frutos de un valor añadido nada despreciable.

Concretando, tiene gran utilidad la comparación de resultados de simuladores de alcance total con simuladores de ingeniería, con ánimo de que las imágenes generadas por cada uno ellos se vean complementadas entre sí [5]. Este proceso de comparación de simuladores es esencialmente distinto de cualquiera de los procesos de validación antes citados. En alguna ocasión se le ha llamado “proceso de verificación” o “verificación ter-

mohidráulica” del simulador de formación por el de ingeniería. No debe confundirse esta verificación con la validación y documentación que realiza el desarrollador del simulador de acuerdo con la normativa aplicable [1]. Ambos conceptos son próximos y tienen como objetivo garantizar o abundar en la calidad del simulador. La verificación termohidráulica de los simuladores de formación se hace por comparación de sus resultados con los de los modelos integrales de la planta que representan, y es enormemente útil para apoyar la garantía de adecuación de sus predicciones dentro de unas tolerancias ajustadas al hecho de tratarse de un simulador de formación.

El proceso de verificación de un simulador no es la única iniciativa que conduce a la comparación de resultados. En otras ocasiones, la práctica genera análisis comparativos en los que, por la vía de abordar un mismo problema de comportamiento dinámico, con uno y otro simulador, se llega a una imagen de la realidad esperada con más garantías de fidelidad que en cualquier estudio aislado. Rigor y comunicación deben coexistir de modo razonable tanto en el entorno de explotación como en el de formación. Tan importante es que el rigor no bloquee la comunicación como viceversa.

Parece conveniente, por lo tanto, analizar experiencias concretas, llevadas a cabo en entornos diversos, con el propósito de caracterizar la simbiosis entre simuladores de formación y simuladores de ingeniería. Es interesante centrar este análisis en dos entornos elegidos: el del explotador de centrales nucleares y el de la universidad tecnológica.

3. Iniciativas propias del entorno del explotador de centrales nucleares

El entorno del explotador de centrales nucleares tiene sus prioridades y su forma de abordar y concretar el tema esbozado en los

apartados anteriores. Por un lado, el explotador dispone normalmente de simulador-réplica, de SGI y de simulador de ingeniería. Por otro lado, le interesan la operación y la ingeniería, al tiempo que la formación de las personas implicadas.

En el ámbito de formación parece preeminente ocuparse del entrenamiento de operadores, no sólo debido a los reglamentos vigentes sino también a la importancia de preparar las capacidades de los equipos humanos de operación para hacer frente a eventuales situaciones accidentales. A pesar de esta prioridad manifiesta, consideramos que el futuro nos debe llevar a ocuparnos también de la formación de otros técnicos igualmente necesitados de cierta comprensión de los aspectos dinámicos globales involucrados en sus tareas profesionales más especializadas.

La tarea de formar y entrenar a los operadores se realiza utilizando fundamentalmente el simulador-réplica y el SGI de la propia central. Existen maneras diversas de abordar estas tareas según el país, según la estructura de la empresa explotadora, o según las organizaciones especializadas que ofertan este tipo de servicio. En el caso español, la empresa Tecnatom acumula una larga experiencia tanto en el ámbito de desarrollo de simuladores como en el de impartición de la formación. Ambos cometidos vienen desarrollándose en estrecha colaboración con el explotador y cumpliendo con rigor los requisitos reglamentarios [6].

El explotador de centrales nucleares normalmente dispone además de un simulador de ingeniería o modelo integral de planta. Con frecuencia este simulador está constituido por unos modelos específicos de la planta en cuestión preparados utilizando un código de sistema [8]. Se suele tratar de modelos cuya preparación ha supuesto una tarea minuciosa y larga, durante la cual se han desarrollado uno a uno los sistemas hidrodinámicos, las estructuras de calor, los

sistemas de protección y control y el propio núcleo, partiendo de la información de diseño apropiada. Estos desarrollos se han compatibilizado generalmente con la utilización del modelo con finalidad de apoyo a la explotación de forma que se produce la realimentación necesaria para lograr los mejores ajustes a la realidad de cada planta. El resultado final de este proceso constituye un producto completo y provisto de unas capacidades contrastadas por comparación con comportamientos reales.

La simbiosis apuntada en el título de este escrito se manifiesta significativamente en este capítulo. La posibilidad de generar y seguir funciones y magnitudes no recogidas por la instrumentación de planta (caudales en uniones desprovistas de medidor, magnitudes con valores fuera del rango, o incluso temperaturas de vaina, fracciones volumétricas de vapor en mezclas bifásicas...) constituye uno de los argumentos más poderosos a favor de esta tarea de análisis mediante el simulador de ingeniería o de sistema. Sus resultados permiten seguir la entrada en funcionamiento de sistemas automáticos como inyecciones de seguridad, sistemas de alivio o sistemas de agua de alimentación auxiliar, así como las condiciones en que se producen tales eventos. Por otro lado, el gran poder interactivo de los SGI o de los simuladores-réplica suele ser determinante en estudios que involucren acciones humanas, tanto las de vigilancia de parámetros, como las de decisión o las de actuación sobre sistemas de accionamiento manual.

En los análisis que incluyen estudios de Procedimientos de Operación de Emergencia (POEs), sobre todo cuando se proponen determinar:

- tiempos orientativos de transición entre una instrucción de operación de emergencia y otra,
- tiempos para la realización de acciones manuales descritas en los pasos de la instrucción,

— optimización de alguna acción de regulación, la simbiosis se muestra especialmente fructífera.

En todos estos casos, el simulador de ingeniería puede arrojar eficazmente al de formación para una predicción concreta.

Otro de los escenarios en que el diálogo suele ser especialmente eficaz es aquel transitorio rápido cuya simulación exige una desmesurada disminución del paso de tiempo de cálculo (grandes roturas o transitorios en el umbral del daño severo al núcleo). Este hecho viene motivado porque los simuladores de alcance total, debido a su necesidad de cumplir con los requisitos del tiempo real, tienen ciertas limitaciones en la disminución del paso de tiempo de cálculo. En el análisis de estos escenarios parece recomendable realizar la simulación mediante el simulador de ingeniería, aunque sea disminuyendo drásticamente el paso de tiempo, y posteriormente utilizar sus resultados como patrón para explicar las discrepancias del resultado del simulador de alcance total.

La interfase de subgrupos de ingeniería de especialidades distintas constituye otro ámbito relevante. El análisis de interfase se realiza de forma óptima si los equipos humanos implicados comparten el conocimiento de la dinámica que afecta a todos ellos. También en esta ocasión, puede parecer que se está frente a una respuesta inmediata. En efecto, en un número elevado de casos, la respuesta a problemas de ingeniería la da un simulador de ingeniería utilizando un mayor rigor en ciertos ámbitos de simulación. Aunque aparentemente la elección del simulador adecuado se apunta como evidente, se dan casos en los que el simulador-réplica o el SGI pueden ser enormemente útiles como ayuda al simulador de ingeniería para producir la solución de temas de este capítulo. En ocasiones la definición de las condiciones iniciales de escenarios de estudio que involucran sobre todo la interven-

ción de sistemas automáticos, dependen enormemente del resultado de acciones iterativas de vigilancia y actuación manual realizadas previamente.

Un ejemplo puede ser el cambio de modo manual a automático de un sistema dado. La aproximación producida por el SGI es altamente interesante y, en consecuencia, el diálogo entre especialistas de ambos simuladores pasa a ser técnicamente fructífero [11].

4. Iniciativas propias del entorno de las universidades tecnológicas

Las universidades tecnológicas tienen también sus prioridades. En primera aproximación podría parecer que, dado su cometido, el simulador de formación, en su versión conceptual, debería ser preeminente en la universidad tecnológica. Las prioridades de la universidad tecnológica responden, sin embargo, a una trama algo más compleja.

El estudiante de ingeniería aprecia, por un lado, una docencia con medios adecuados y comunicativos que contribuyan de modo eficaz a la consolidación de sus bases teóricas y de los principios fundamentales de la física que entran en juego. Pero por otro lado, también aprecia que la universidad le permita practicar la ingeniería de forma asistida con finalidad de aprenderla y conseguir que esta práctica mantenga una cierta proximidad a los fundamentos teóricos.

El estudiante de ingeniería de cualquier nivel debe tener acceso a

algunas de las herramientas de cálculo disponibles en la industria, entender en cierta medida sus bases y practicar razonablemente su uso. El nexo entre teoría y práctica es fundamental en este ámbito.

El llamado analizador de planta, puesto a punto como visualizador de resultados de los simuladores de ingeniería, constituye una herramienta útil para una parte muy importante de la formación a realizar en la universidad tecnológica [12][13]. Las imágenes y animaciones producidas permiten una divulgación amigable de contenidos un tanto áridos y por lo tanto son una ayuda interesante para acciones formativas de índole diversa. Acercan la ingeniería al aula o, lo que es lo mismo, acercan la práctica a la teoría.

También en el entorno de la universidad tecnológica, la coexistencia de simuladores diversos puede resultar fructífera.

5. Actividades del grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la UPC en el ámbito

El grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) ha llevado a cabo, en el pasado reciente, estudios relacionados con las iniciativas anteriormente expuestas. Entre ellos están:

- la colaboración en tareas de validación del SGI,
- el estudio de bases para la revisión de Procedimientos de Operación en Emergencia (POE),

— la preparación de un simulador de comportamiento dinámico de centrales nucleares mediante un analizador de planta.

5.1. Colaboración en tareas de validación del SGI

Durante el primer semestre de 1999 se llevó a cabo una colaboración entre el grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la UPC y la Asociación Nuclear Ascó-Vandellós encaminada a actualizar y repetir el proceso de validación del SGI de la central de Ascó. La colaboración se instrumentó como parte del convenio de cooperación existente entre ambas entidades y vino motivada por dos razones esenciales: por un lado la solidez de la citada relación y por otro lado, la previa revisión del modelo de ingeniería realizada por el grupo de la universidad. La primera de estas razones garantizaba el conocimiento previo que la UPC tenía de los procesos de ajuste [6] tanto del simulador de Ascó como del de Vandellós, concretado en aportaciones relevantes [5]. La segunda razón se centra en el hecho de que, a raíz de la citada revisión, se incorporaron en el modelo integral de planta de Ascó modificaciones sustanciales en la mayor parte de los sistemas simulados [18].

A modo de ejemplo, se comenta a continuación algún detalle de las mejoras introducidas en el control del sistema de descarga de vapor al condensador (o *steam-dump*) que se reajustó en base a datos recibidos de transitorios reales ocurridos en la planta.

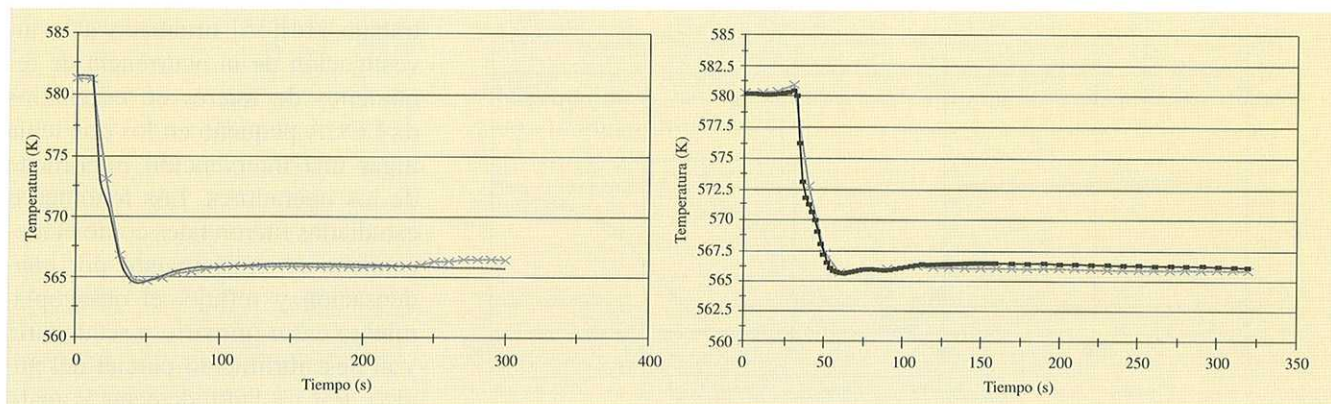
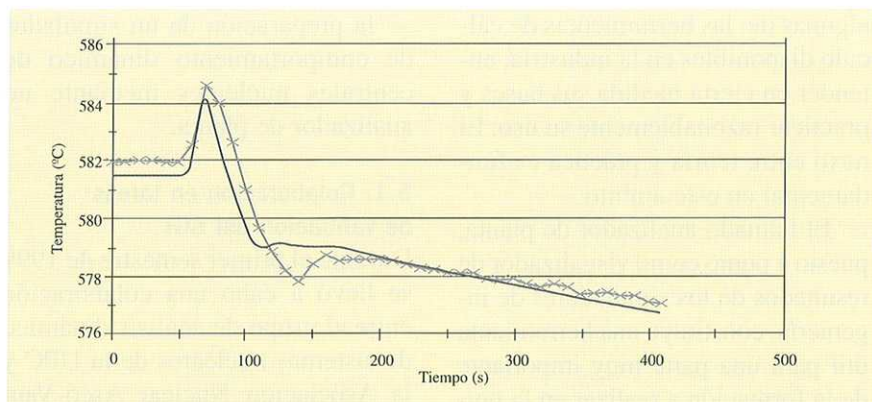


Figura 1. Disparos de reactor A1-37 y A1-46.



► Figura 2. Rechazo de carga 50%.

El ajuste del *steam-dump* se realizó en base a tres transitorios reales. Dos de ellos involucraban parada de reactor y turbina (figura 1), y el tercero fue un rechazo de carga del 50% (figura 2). La modificación coincidió con la obtención de datos recientes de tiempos de apertura de las válvulas del sistema. En la versión final del modelo se detectaba una amplia mejora de capacidad predictiva, observable para los tres escenarios, no sólo en la predicción de la temperatura media (figuras 1 y 2), sino también en parámetros

tales como la presión del secundario y el nivel del presionador. El ejemplo que se cita, es relativamente simple pero suficientemente ilustrativo para entender la oportunidad elegida para la reejecución de casos.

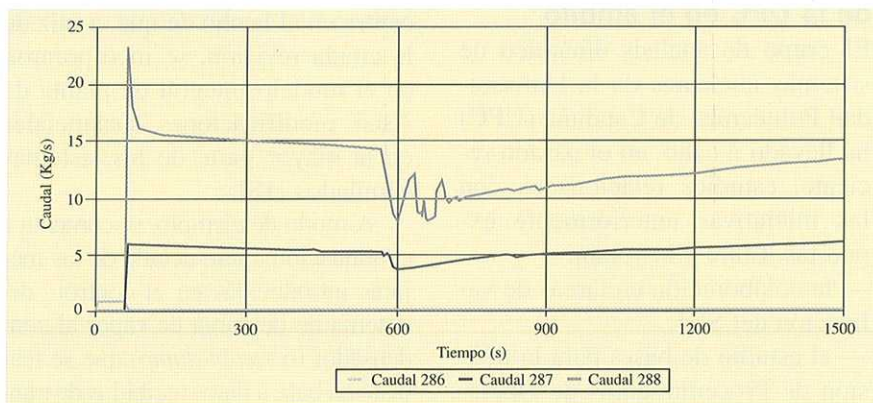
Los cambios originados redundaron en una mayor precisión de resultados que pudo comprobarse en la repetición de los transitorios de validación y que permitió la realización de una versión final del estudio de transitorios básicos de comportamiento de la planta de calidad claramente superior. Los res-

ponsables de la operación de la planta, usuarios directos del SGI, ejercieron de interlocutores de la asociación para la definición de condiciones de contorno de los casos y sus comentarios tuvieron una trascendencia crucial en el desarrollo final alcanzado. En esta ocasión se repitió la ejecución de la totalidad de los transitorios de la norma ANSI [1], lo que constituyó una buena referencia para verificaciones posteriores. Las figuras 3 y 4 muestran respectivamente los caudales por la rotura y los niveles de los generadores para el transitorio ANSI de rotura de un tubo de un generador de vapor.

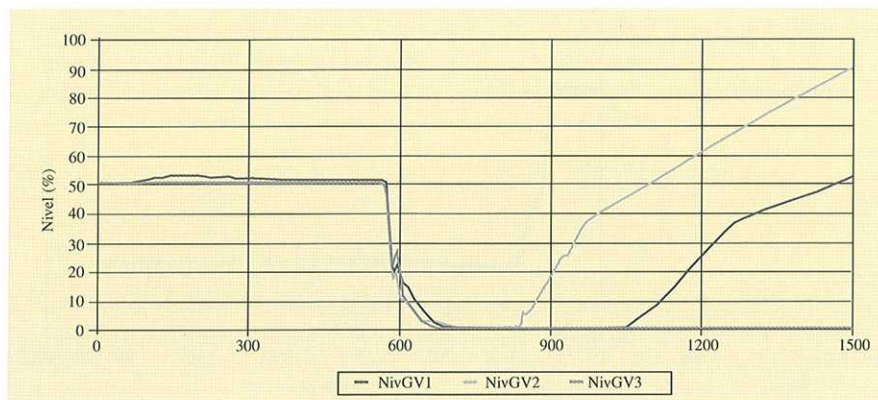
Unos meses después, el producto de esta acción resultó ser altamente interesante, desde el punto de vista de explotación. La mejora de la capacidad de los simuladores en predecir el comportamiento ajustado del *steam-dump* [8] se mostró extraordinariamente útil en la preparación de las pruebas de arranque de la unidad 2 en su primer ciclo después del aumento de potencia (noviembre de 1999). La prueba correspondiente al rechazo de carga del 50% culminó satisfactoriamente entre otras cosas, gracias al estudio exhaustivo de casuísticas de interacción entre el citado sistema de control, el sistema de protección del reactor y los fenómenos termohidráulicos involucrados.

5.2. Estudio de bases para la revisión de Procedimientos de Operación en Emergencia (POE)

Otra de las realizaciones en el ámbito fue el estudio de bases para la revisión de POE. Consistió en un trabajo [14][15] orientado a la investigación de la ocurrencia de fenómenos de interés en escenarios de LOCA pequeño en los que tenía lugar una intervención importante de los operadores. Los fenómenos estudiados fueron tales como el mecanismo de enfriamiento por condensación y reflujo, el desacoplamiento entre primario y secundario y el descubrimiento parcial del núcleo. Por un lado, detectar y analizar la ocurrencia de fenómenos co-



► Figura 3. Caudales por la ruptura (central nuclear de Ascó).



► Figura 4. Nivel en los generadores de vapor (RE) (central nuclear de Ascó).

mo los anteriormente citados exigía la utilización de un simulador de ingeniería con cierto grado de detalle, por otro lado, ubicar la citada ocurrencia en el transcurso de un hipotético accidente y su consecuente recuperación vía operación hacía necesario el uso de un simulador con amplias capacidades interactivas como el propio SGI específico de la planta. El trabajo se basó en la utilización recurrente de ambos simuladores y en la puesta en común de los resultados propios de cada uno de ellos.

Las conclusiones de la colaboración fueron rotundas en algún aspecto concreto como el relativo a la caracterización del funcionamiento del medidor de nivel de líquido en la vasija. En efecto, las simulaciones realizadas con el simulador de ingeniería permitieron una aproximación muy válida en la que se relacionaron fácilmente los principales parámetros físicos involucrados, tales como fracciones de hueco y temperaturas de vaina, con señales del instrumento de medida. Los resultados de la colaboración apoyaron los contenidos de los nuevos POE y tipificaron los fenómenos relacionados como base para futuras revisiones.

Las figuras 5 a 7 muestran algunos de los resultados obtenidos en la simulación de un LOCA de una pulgada mediante el modelo integral de planta de Ascó. En ellas se muestra la evolución de algunos parámetros de interés, tales como la presión de primario y secundario (figura 5), los caudales de agua de alimentación auxiliar y *steam-dump* (figura 6), cuya regulación permite garantizar un ritmo de enfriamiento correcto según se observa en la figura 7, que muestra la temperatura de la rama fría del lazo 3.

En la determinación de los tiempos de actuación y de la magnitud de las acciones correctoras fue clave la experiencia de los grupos usuarios de simuladores SGI.

El estudio fue un ejemplo claro de diálogo entre especialistas y de uso simultáneo y fructífero de simuladores diversos.

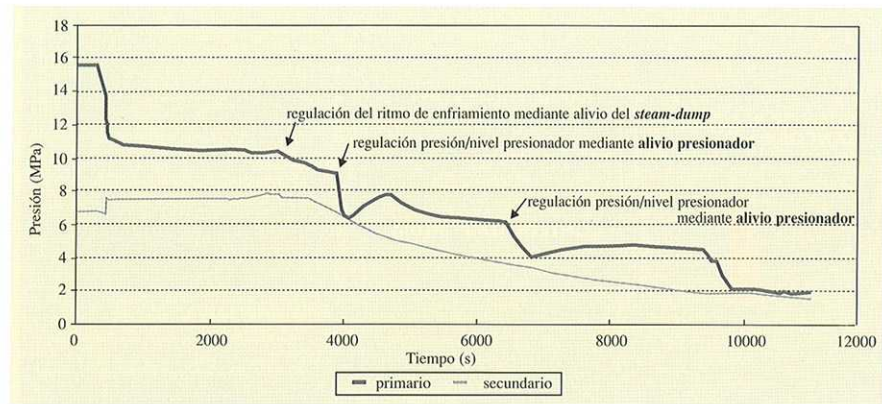


Figura 5. LOCA 1. Aplicación de las IOE de Ascó.

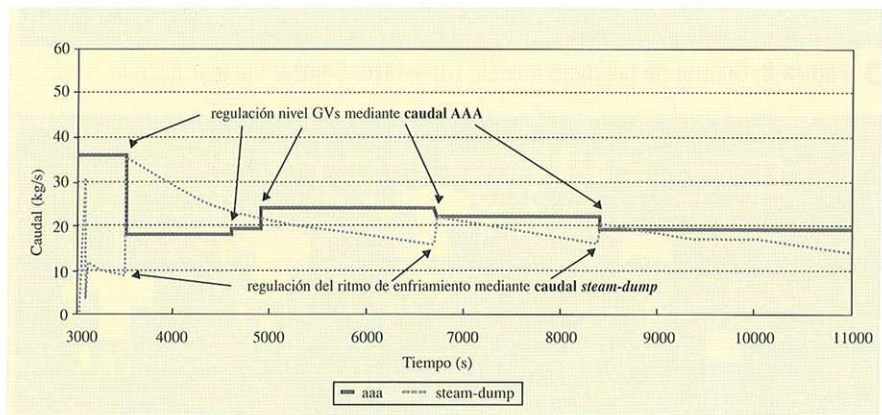


Figura 6. LOCA 1. Aplicación de las IOE de Ascó.

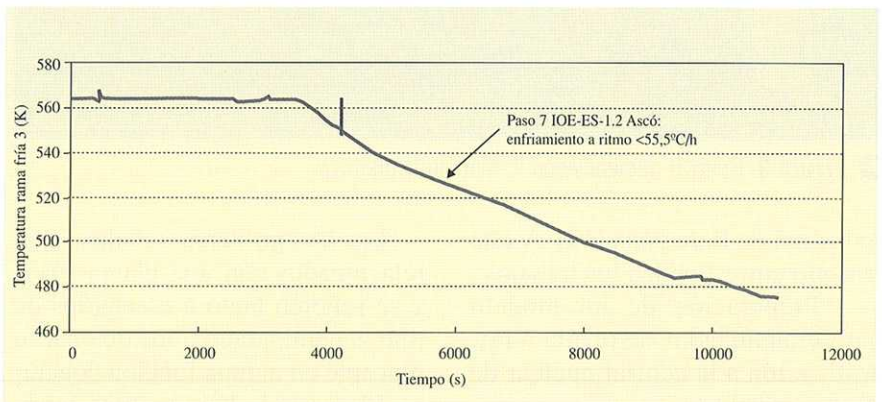


Figura 7. LOCA 1. Aplicación de las IOE de Ascó.

5.3. Preparación de un simulador de comportamiento dinámico

La preparación del simulador de centrales nucleares mediante el analizador de planta NPA, fue desarrollada en base a la coordinación de diversos proyectos de estudiantes de segundo y tercer ciclo. El software básico utilizado fue el *Nuclear Plant Analyzer (NPA)* desarrollado por el *Idaho National Engineering Laboratory*, acoplado al *Relap5/mod3.2*, este último ampliamente usado por el grupo como

código de cálculo de sistema o simulador de ingeniería. Ambos productos, de acuerdo con las preferencias de la Universidad Politécnica de Cataluña, fueron obtenidos a coste cero. En este caso, la obtención se debe a la participación de la UPC en el proyecto *CAMP (Code Assessment and Maintenance Program)* impulsado por el CSN. En la primera fase del trabajo, el simulador fue instalado de forma piloto en su versión Unix en el aula CAD-CAM de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería

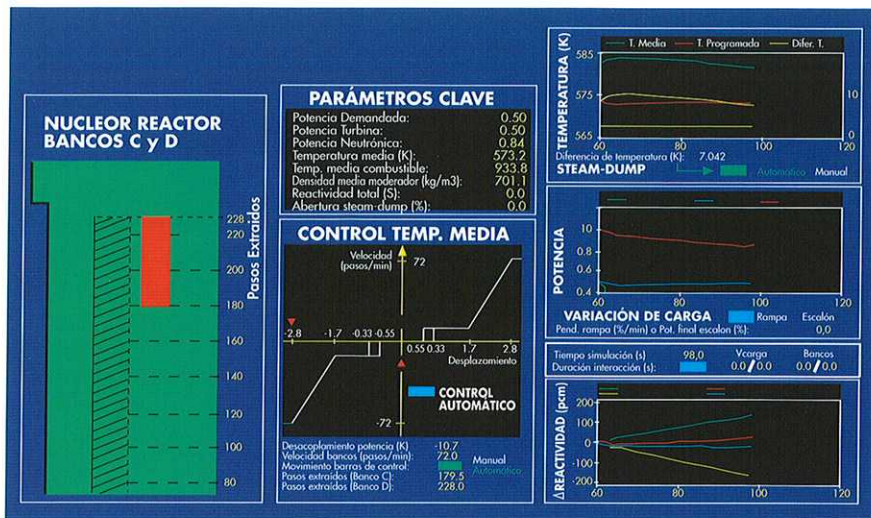


Figura 8. Control de potencia modelo triple lazo. Central nuclear Ascó II.

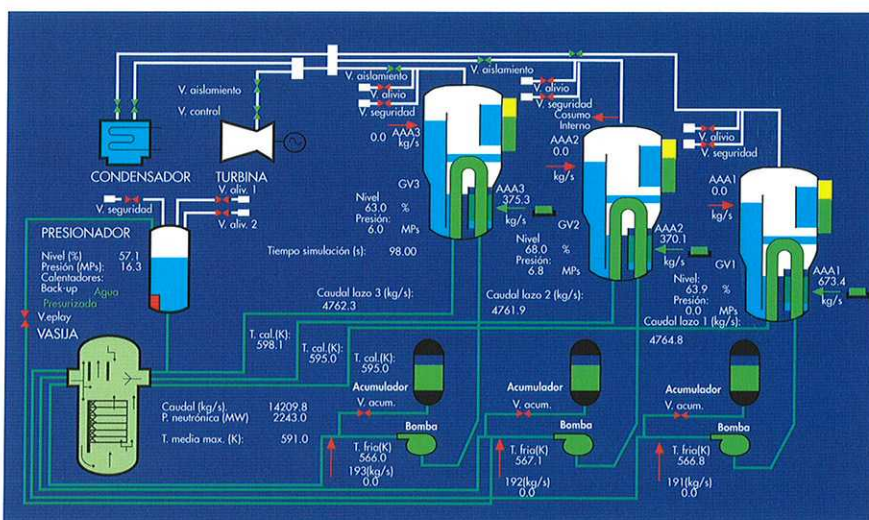


Figura 9. Central nuclear Ascó II. Modelo triple lazo.

Industrial de Barcelona [19]. A este período corresponden los trabajos: — “Preparación de un modelo para el analizador de planta NPA. Aplicación a la central nuclear de Ascó” (abril 96).

— “Diseño de salidas gráficas para el analizador de planta NPA para la simulación y el estudio de transitorios de variación de carga en la central nuclear Ascó-II” (febrero 98).

— “Modelo de Analizador de Planta para operaciones manuales de control. Aplicación a la central nuclear Ascó-II” (noviembre 98).

— “Preparación de un modelo de analizador de planta para la instalación *bethsy*” (diciembre 98).

— “Diseño de pantallas gráficas para modelos de reactores avanzados de agua en ebullición” (marzo 99).

Los tres primeros trabajos están relacionados con una planta PWR y se refieren tanto a escenarios de tipo general, como a los que hacen hincapié en alguna función concreta. El cuarto trabajo permite introducir una visión de una instalación experimental y conecta con la participación del equipo coordinado UPC-ANA en el ejercicio internacional ISP-38 [16]. Finalmente el último trabajo está relacionado con una iniciativa del grupo en el ámbito de los reactores avanzados [17].

La variedad de estos trabajos dejó entrever ya entonces la gran versatilidad de la iniciativa, que no quedaba limitada a un solo tipo de planta o a un solo rango de escenarios. Cualquier trabajo desarrollado por el grupo a nivel de ingeniería podía, en principio, convertirse,

con un esfuerzo adicional limitado, en el objeto de una acción formativa de comunicación más fácil. Las figuras 8 y 9 muestran dos de las máscaras creadas relativas a un modelo de planta PWR. La primera es de tipo general y la segunda es más de carácter docente centrada en la comunicación de la filosofía de control de potencia.

Las figuras 10 y 11 se refieren al citado proyecto de reactor pasivo de agua en ebullición. También en este caso existe una animación de comportamiento general de la vasija del reactor y una segunda pensada para exponer la problemática del barrido de no-condensables en un escenario de rotura en contención de un reactor avanzado de agua en ebullición.

Con ocasión de la primera jornada técnica de Camp-España (abril 1997), se realizó una demostración de las capacidades de la herramienta creada, y en los dos años académicos siguientes se utilizó en:

— “Termohidráulica de plantas nucleares” (curso de doctorado 1998-2000).

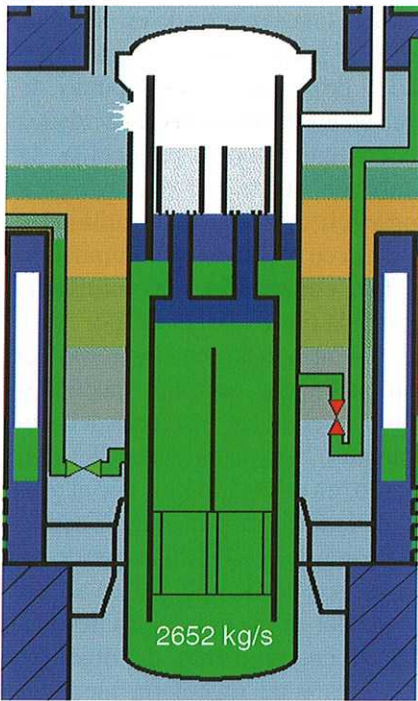
— “Análisis de accidentes y sistemas de seguridad” (curso de doctorado 1998-2000).

— “Tecnología Nuclear-Plan 64” (práctica extraordinaria curso 1998-1999).

La utilización permitió depurar errores y evaluar pedagógicamente la adecuación de las herramientas creadas.

La herramienta permitía sesiones interactivas y de repetición. Las segundas, consistentes en visualizar en repetición (replay) los resultados de un cálculo ejecutado previamente se mostraron enormemente eficaces y adaptadas al estilo de acciones formativas necesarias. Las primeras pusieron en evidencia la necesidad de mejorar los tiempos de ejecución. El éxito de las segundas, sin embargo, permitió un balance positivo de esta fase de trabajo.

En el periodo 1998-2000 se consolidó y se mejoró el simulador NPA existente, fruto de una colaboración



► **Figura 10.** Proyecto de reactor pasivo de agua en ebullición.

con la empresa PMSA [13]. El trabajo consistió en la migración del simulador a ordenador personal y la mejora de su velocidad de ejecución hasta conseguir el tiempo real. El simulador se consideró plenamente operativo en mayo del 2000 y se puso a disposición de los profesores de la sección de ingeniería nuclear. Desde entonces se utiliza en algunos cursos de especialidad y también en otros más generalistas. Entre los primeros se encuentran los cursos de doctorado “Termohidráulica de plantas nucleares” y “Análisis de accidentes y sistemas de seguridad” en los que se utiliza como ayuda al estudio de casos. Entre los segundos se encuentran las asignaturas de “Tecnología Energética” de la ETSEI Barcelona y “Fundamentos de Ingeniería Nuclear” de la ETSEI de Terrassa, en las que se realiza una práctica relativa al tema de la seguridad de centrales nucleares. La utilización del simulador en estas dos últimas asignaturas corrobora lo que en su día se anticipó acerca del uso en modo repetición. En efecto, a pesar de estar disponible la ejecución en tiempo real, la práctica docente recomienda, en ocasiones, el uso del simulador adecuando el tiempo de

ejecución al tiempo de exposición. También confiere una gran fuerza comunicativa la utilización de otras opciones disponibles tales como la posibilidad de graficar cualquier parámetro elegido en función del desarrollo de la acción formativa en curso, o la capacidad de repetir la simulación eligiendo la velocidad de presentación de resultados.

Además de la versatilidad alcanzada, el simulador creado tiene una gran ventaja suplementaria y ésta es su conexión con el modelo de ingeniería o de sistema que lo anima y lo soporta. Cuando la docencia de la dinámica de la planta nuclear es confiada a un equipo cohesionado de profesionales que unen a sus capacidades didácticas la de ser buenos usuarios del modelo de ingeniería en cuestión, la comunicación de contenidos adquiere una gran fuerza. Sus ejemplos, sus comentarios y las razones y causas que exponen son fruto de cálculos que han sido realizados por el mismo equipo humano, con la ayuda del mismo software. Los parámetros que resultan ser la clave de la explicación de alguna fenomenología presentada aparecen de forma natural con sus sensibilidades y rangos. Incluso en la eventualidad de no hallar explicación a algún resultado, probablemente encontrarán una hipótesis de los hechos o algu-

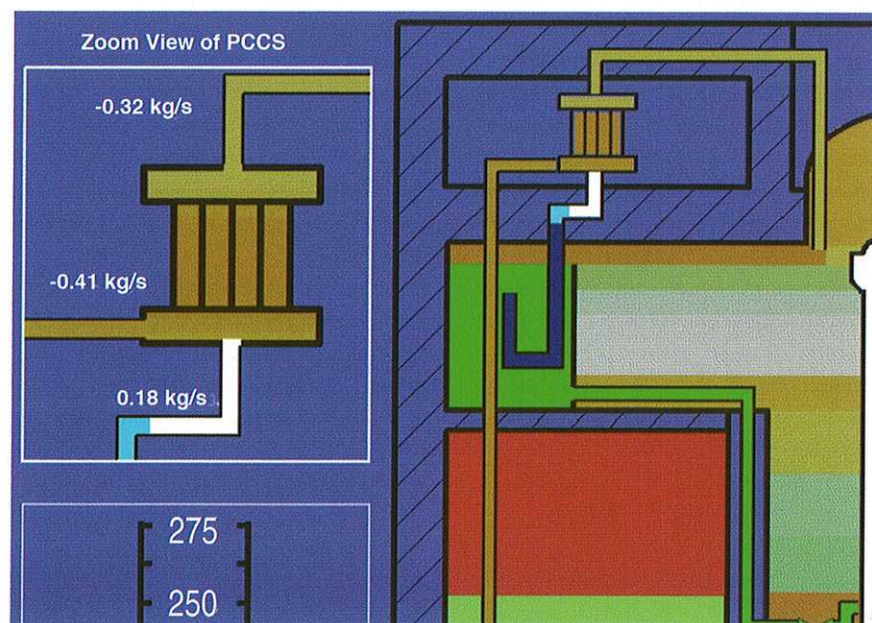
na prueba a realizar para dilucidar la situación. También en curso de la acción formativa podrán iniciar a sus estudiantes en las ventajas del uso asistido de programas de cálculo como el utilizado y motivar a los oyentes para la realización de trabajos y proyectos en las condiciones que emanan de la circunstancia descrita.

La experiencia actual después de estos años de utilización y reflexión pedagógica acerca de las condiciones de su uso es enormemente positiva y se considera oportuno incrementar y completar este tipo de prácticas.

6. Convergencia de simuladores y conclusiones

La gran profusión de herramientas informáticas de análisis y de ayuda al profesional y al comunicador puede crear una confusión contra la cual conviene luchar para evitar un uso inadecuado. Las posibilidades de acoplamiento entre programas de cálculo sofisticados han mejorado recientemente de forma importante, gracias a la potencia de los nuevos protocolos de intercambio de datos aparecidos en el mercado informático.

Algunas de estas herramientas podrían conducir a un tipo de utilización menos especialista del conjunto de modelos y simuladores. Actualmente la velocidad de los ordenadores permite realizar decenas o centenares de cálculos en el tiempo



► **Figura 11.** Proyecto de reactor pasivo de agua en ebullición.


en el que, hace tan sólo unos pocos años, se realizaba sólo uno de ellos. También permite generar y animar imágenes que resultan visualmente atractivas más allá de su valor o utilidad intrínsecos. Esto podría llevar a menospreciar el análisis profundo del especialista que, entre otras cosas, sirve para certificar que el cálculo o la simulación han transcurrido por un camino justificado tanto por la física como por la adecuación de las condiciones impuestas al modelo. Frente a nuevas herramientas de cálculo y simulación conviene por lo tanto realizar un esfuerzo de asimilación que permita decidir acerca de su uso con conocimiento de causa.

El aumento de la velocidad de los ordenadores y, en general, la modernidad de los productos de la informática apuntan hacia un proce-

so de convergencia de simuladores hoy de índole diversa. Parece que el simulador del futuro puede acercarse a un único simulador válido para todo. Este proceso al que nos lleva el progreso debe vigilarse con capacidad autocrítica. La modelación de cada fenómeno físico (termohidráulico, neutrónico, químico, de contención...) se apoya en unas condiciones técnicas de simulación (ecuaciones, correlaciones, pasos de tiempo, esquema numérico...) que deben mantenerse dentro de sus rangos de validez. Cualquier producto sintético debe cumplir con los requisitos exigibles en todos y cada uno de los campos de aplicación.

La simbiosis entre simuladores de formación y simuladores de ingeniería es una acción de cooperación a realizar por especialistas de ambos campos y a liderar por quien de-

muestre una experiencia en el diálogo entre grupos diversos con finalidades próximas. Con el punto de mira en la mejora de las capacidades de comunicación y predicción, la simbiosis puede ser decisiva para conseguir una mayor versatilidad y eficacia en el uso de cada simulador.

En conclusión, la simbiosis apuntada tiene relevancia, por razones distintas, tanto en el entorno del explotador de centrales nucleares como en el de las universidades tecnológicas. Las actividades llevadas a cabo, en estos ámbitos, por el grupo de análisis dinámico de sistemas nucleares de la UPC en el pasado reciente, son un ejemplo válido a tener en cuenta en las estrategias destinadas al cumplimiento de objetivos docentes y de ingeniería mediante un uso óptimo de los simuladores adecuados. 

Referencias

- [1] "American National Standard for NPP simulators for use in operator training and examination".
- [2] F. Reventós. "Status of training simulators validation process in Spain" 6th Meeting of Task Group on Thermal-Hydraulic Applications. OECD Paris - february 1999.
- [3] C. Pretel, F. Reventós, Ll. Batet. "Qualifying, Validating and Documenting a Thermal-hydraulic Code Input Deck". invited paper workshop on advanced thermal-hydraulic and neutronic codes: current and future applications. Barcelona-Spain. April 2000.
- [4] M. Bonuccelli, F. D'Auria, N. Debrecin, G.M. Galassi. "A methodology for the qualification of thermalhydraulic code nodalizations" Proceedings of NURETH-6 Conference, Grenoble (France), October 5-8, 1993.
- [5] F. Reventós, C. Llopis. "Proceso de verificación termohidráulica de los Simuladores Gráficos Interactivos (SGI) de las centrales de Ascó y Vandellós-II". XXV Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. Palacio de congresos. Granada, noviembre 1999.
- [6] D. Martínez (ANV), N. Rivero, A. Abascal (Tecnatom). "Vandellós NPP Interactive Graphic Simulator project. A simulator based on a plant process computer stimulation". Society for computer simulation. Boston-USA, 1998.
- [7] Meeting summary: "Current issues in NPP simulation". 2nd CSNI Specialist Meeting on Simulators and Plant Analysers. Espoo-Finland. September 1997.
- [8] F. Reventós, C. Llopis. "Benefits of using integral plant models in utilities availability and safety issues" invited paper workshop on advanced thermal-hydraulic and neutronic codes: current and future applications. Barcelona-Spain. April 2000.
- [9] "Transitorios básicos de comportamiento de la central nuclear de Ascó". Informe ANA.
- [10] J.M. Álvarez Palomo (Universidad de Málaga); D. Martínez (ANV); A. Tanarro (Tecnatom). "Simuladores gráficos interactivos. Nuevas fronteras para los estudios de ingeniería. La experiencia de la central nuclear de Vandellós". Sociedad Nuclear Española, 1999.
- [11] F. Reventós, J. Posada, C. Llopis, C. Pretel, P. Moreno. "Improving NPP availability using thermalhydraulic integral plant models. Assessment and application of turbine run-back scenarios". 9th International Conference on Nuclear Engineering-Icne 9. Nice-France april 2001.
- [12] J.M. Posada, M. Martín, F. Reventós, C. Llopis. "Interactive Graphical Analyser based on Relap5/mod3.2-npa". 2nd CSNI Specialist Meeting on Simulators and Plant Analysers. Espoo-Finland. September, 1997.
- [13] J. Posada, M. Martín, C. Pretel y F. Reventós. "Relap-5/mod 3.2-npa for personal computer". Relap-5 user's seminar college station-texas-usa may 1998.
- [14] C. Pretel, F. Reventós. "Prediction of unusual occurrence of Core Dryout in SBLOCA Scenarios of the Ascó NPP". 6th International Conference on Nuclear Engineering-Icne 6. San Diego-California-USA. May, 1998.
- [15] Carme Pretel. "Análisis de transitorios con pérdida de refrigerante primario en reactores de agua a presión y optimización de la gestión de accidentes". Tesis doctoral - UPC. Noviembre, 1997.
- [16] G. Kimber, C. Levêque, G. Lavalie. "International Standard Problem No 38 - Comparison Report". OECD/NEA/CSNI. June 1998.
- [17] Lluís Batet. "Contribution to the development of passive safety systems for advanced light water reactors" Tesis doctoral - UPC. Mayo, 2004.
- [18] C. Pretel, A. Cuadra, A. Machado, G. de San José, I. Sol, Ll. Batet y F. Reventós. "Confluencia de los modelos termohidráulicos de las centrales nucleares de Ascó y Vandellós-II". XXV Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española. Palacio de congresos. Granada, noviembre 1999.
- [19] "ETSEIB - Memòria curs 1995-1996" Años académicos 1995-1996 y siguientes.

 Valentín González*

La gestión de los residuos de alta radiactividad

El presente artículo expone la realidad de la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad en nuestro país y somete a análisis la problemática planteada desde distintas vertientes, considerando al tiempo la situación fuera de nuestras fronteras.

El autor explica los distintos procedimientos de gestión de este tipo de residuos y reivindica la necesidad de actuar por parte de las autoridades y medios de comunicación ante la desinformación existente en esta materia entre el público en general.

La gestión de los residuos de alta radiactividad se encuentra en España en un estado de inactividad fruto de los acuerdos del Senado de hace poco menos de diez años. Esta situación tiene una cierta lógica pues el pequeño tamaño del programa español podría justificar no dar pasos en su resolución hasta que otros países, con programas nucleares con mayor importancia, sean puestos en práctica. Esto, sin embargo, no debería ser un freno para informar al público sobre los aspectos ambientales y de seguridad de esta tecnología de producción energética. Pero, dado que parece haberse convertido en un asunto tabú para el planeta político, esta información pública no se produce, aunque en los últimos días comienza a hablarse con menor timidez, ni tampoco el necesario debate sobre todos los procesos de producción de energía, necesarios si queremos cumplir algún día con

los compromisos de Kyoto. Es llamativo que esto ocurra en una sociedad democrática, en la que los asuntos controvertidos deberían debatirse para alcanzar una solución consensuada.

Por este camino de evitar la información, hemos conseguido, según una encuesta del CIS de hace un año, que el 80% de los españoles desconozca que en nuestro país existen centrales nucleares, mientras nueve reactores nucleares en operación producen el 27% de la energía eléctrica que consumimos. Y, por la misma razón, tampoco sabrán que los residuos se generan y están almacenados en las centrales nucleares, ni que contamos con una empresa, Enresa, creada para resolver el problema. Por eso, cuando muy de tarde en tarde, aparece una noticia sobre éste y otros temas análogos, se producen sorpresas desagradables.

Evidentemente, la resolución de este problema está muy relacionada con la eventual disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) ya que, si diéramos a los ciudadanos una vía de

solución, aunque fuera futura, a la gestión de los residuos de alta radiactividad, ayudaríamos a modificar la percepción negativa que tienen sobre la energía nuclear y, quizás, no fuera tan problemático utilizar esa energía como puente tecnológico, hasta que dispusiéramos de otras fuentes de energía con menores impactos ambientales, como son las renovables o la fusión termonuclear. Sobre todo pensando en la que se nos viene encima, cuando tengamos que empezar a pagar derechos de vertido de GEI para cumplir con los compromisos de Kyoto, que parece que podrían costarnos unos 3.000 millones de euros anuales, pues la Unión Europea se lo ha tomado en serio.

Cuando se confía en el sentido común de los ciudadanos, las decisiones pueden tomarse en un clima de entendimiento y acuerdo pero, por alguna razón, no bien conocida, no nos atrevemos a comprobarlo. Ejemplos, los tenemos en nuestra Unión Europea: así, en Finlandia, el gobierno ha aprobado, con el respaldo de una mayoría parlamentaria, la

* Valentín González, de la Real Academia Nacional de Farmacia. Profesor de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Madrid.



► **Figura 1.** Vista de una central térmica en funcionamiento.

construcción de un nuevo grupo nuclear, para cubrir las necesidades crecientes de energía que demandan sus ciudadanos, sin aumentar el vertido de GEI. ¿Esto significa que los finlandeses han enloquecido al aceptar un nuevo reactor? No. Significa que sus gobernantes informan a sus ciudadanos de estos aspectos, y otros en los que existen controversias, cuando han de tomar una decisión difícil. Y eso ha sido posible, en parte, por haber resuelto la gestión de sus residuos radiactivos con una política consensuada e informando a los ciudadanos, sin demagogias, a pesar de tener un programa nuclear mucho menor que el español. En efecto, Finlandia ha conseguido definir un emplazamiento para el almacenamiento definitivo de sus residuos de alta radiactividad, solicitando a la población, a través de los municipios, la oferta de candidatos voluntarios, proceso ya utilizado en su día en Francia, para continuar con la investigación geológica acordada en su ley de 1991, otro ejemplo de consenso.

Asimismo, el gobierno sueco ha realizado un enorme esfuerzo en los últimos 30 años, para infor-

mar a sus ciudadanos sobre las ventajas e inconvenientes de las diferentes tecnologías disponibles para la producción de energía, consiguiendo que la opinión pública sea conocedora de los problemas asociados. Así, ha podido resolver la gestión de sus residuos radiactivos, también por el procedimiento de candidatos voluntarios y, naturalmente, no ha cerrado sus reactores, que se había comprometido a hacerlo en el año 2010, con una cadencia tal, que actualmente deberían estar ya cerrados casi la mitad de ellos.

En los dos casos, el método de gestión elegido ha sido el almacenamiento definitivo en formaciones geológicas profundas, procedimiento al que se han dedicado, en todo el mundo, muchos recursos humanos y financieros en los últimos 35 años. El problema asociado a este procedimiento de gestión está en que el periodo de tiempo que los residuos deben estar confinados es muy dilatado, pues no llegan a alcanzar la radiactividad del fondo natural, hasta después de transcurrir entre 100.000 y 1.000.000 de años. Este tiempo, no demasiado largo, en términos geo-

lógicos, es excesivo para ser asumido por la mayoría de los ciudadanos, que usan como escala de medida la vida humana, mucho más corta. Aunque no es malo recordar, que los tiempos geológicos también pertenecen a la escala humana; si no, pensemos en el tiempo que transcurrió entre la existencia de la sopa biológica y la aparición del *homo sapiens*, cientos de millones de años.

De acuerdo con la realidad, estamos ante un procedimiento de gestión de residuos, con un alto grado de rechazo por la sociedad actual, que preferiría una alternativa que minimizara el tiempo en el que los residuos mantuvieran su radiactividad. De hecho, se habla de la herencia que dejaríamos a las generaciones futuras, sin considerar lo que será la herencia de un mundo sin petróleo, quemado en unos pocos años: cosas de la percepción pública.

Este procedimiento de gestión consiste en el almacenamiento definitivo de los residuos en una instalación construida en una formación geológica estable, de una roca con condiciones de estabilidad sísmica, baja permeabilidad, cantidad y velocidad de circulación del agua muy moderada, etc. La roca debería tener unas dimensiones del orden de 1km³ y, en España, se plantea que las posibles rocas hospedantes serían granito, sal o arcilla. La instalación consiste en una serie de galerías, o pozos, conectados con el exterior por los correspondientes pozos de acceso y ventilación. Los elementos combustibles, o los vidrios, se introducirían en un contenedor de acero y este en una galería, rodeado de una capa de bentonita, con el fin de interponer un material que retrase la llegada del agua, que podría disolver el residuo y que, una vez que lo disuelva, si fuera el caso, pueda retenerlo por su capacidad de absorción, adsorción e intercambio iónico.

Las barreras a la migración de los radionucleidos, que se han descrito, son las que corresponden al

denominado campo próximo. Posteriormente, las barreras que han de actuar son las correspondientes al medio geológico, que con permeabilidad y propiedades de retención e intercambio, constituye la segunda barrera, también denominada campo lejano. Por último, al irrumpir los residuos en la biosfera, si fuera el caso, estarán sometidos, asimismo, a mecanismos de retención, intercambio y dilución.

El objetivo de todo este conjunto de barreras, interpuestas entre los residuos y la biosfera, es que se produjera una emisión de radisótopos, la suma de todos los mecanismos físicos, químicos y físico-químicos que han de vencer, sean capaces de retardar la salida a la biosfera un tiempo, lo suficientemente largo, para que el isótopo radiactivo se haya transformado, por efecto de la desintegración, en un elemento no radiactivo, que ya no pueda producir daño a las personas ni al ambiente.

Otros países de la UE, como es el caso de Francia, dedican una parte de su enorme potencial investigador en estas tecnologías, a investigar los parámetros necesarios para poder garantizar el funcionamiento correcto de un almacenamiento definitivo, en formaciones geológicas profundas, así como a la transmutación de actínidos, que se cita más adelante. Por su parte, Alemania decidió parar la energía nuclear en los próximos 32 años, tiempo suficiente para que existan alternativas adecuadas y así poder tomar una decisión fundada, también sobre la base de los desarrollos que conseguirán, dirigiendo su enorme potencial investigador hacia procedimientos alternativos de gestión.

La alternativa viable al almacenamiento definitivo de los residuos, en formaciones geológicas profundas, es el propuesto hace unos pocos años por el Premio Nobel de física, profesor Carlo Rubia, que utiliza la transmutación de los elementos radiactivos contenidos en los residuos, transformándolos en otros radisótopos cuyos perio-

dos de semidesintegración sean menores o, incluso, en elementos no radiactivos y que lo bautizó como el amplificador de energía.

Este procedimiento consiste en la utilización de un conjunto subcrítico para llevar a cabo la fisión nuclear, utilizando como combustible el torio-232 que, mediante captura neutrónica se transforma en uranio-233, que ya es un elemento fisionable. Como el conjunto es subcrítico, se precisa una fuente de neutrones, que se consigue mediante un acelerador de protones, que inciden sobre una fuente de espalación, produciendo los neutrones necesarios para la fisión. Este procedimiento presenta dos ventajas respecto a los reactores térmicos actuales: la primera es que es intrínsecamente seguro pues, en el caso de surgir algún problema durante la operación, se para el acelerador y, por tanto, la reacción nuclear, al no producirse neutrones. Además, al partir de un elemento fisionable, con un peso atómico tan bajo, se evita, prácticamente, la aparición de elementos transuránicos ya que, la probabilidad de que se produzcan capturas neutrónicas como para sobrepasar el peso atómico 238, es muy baja. La práctica desaparición de estos elementos, con periodos de semidesintegración muy largos, hace que el tiempo

necesario para la desintegración de los residuos radiactivos generados se reduzca extraordinariamente, pues los elementos transuránicos son los principales responsables de los largos tiempos de decaimiento. Por tanto, los residuos radiactivos finalmente generados tendrían periodos de desintegración muy bajos, por término medio inferiores, incluso, a 30 años y en un volumen extraordinariamente reducido pues, durante su permanencia en el núcleo del amplificador, tendrían una alta probabilidad de ser transmutados.

Pero, además, el amplificador de energía puede aplicarse a la transmutación de los residuos radiactivos, ya generados en los reactores de fisión térmica, actualmente en operación. En efecto, la gran cantidad de neutrones generados en el proceso de espalación, son utilizables para la fisión de otros radisótopos, si estos están presentes en el conjunto subcrítico. Para ello es preciso contar con dos requerimientos tecnológicos: 1) incorporar al núcleo de combustible del amplificador de energía los elementos radiactivos que se pretende transmutar y 2) contar con un fluido refrigerante, prácticamente transparente a los neutrones, en el que tuviéramos neutrones con una muy amplia dispersión de energías



► **Figura 2.** Esquema de un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP).

y frecuencias, según las necesidades de cada uno de los elementos radiactivos a transmutar.

La primera condición puede resolverse mediante la incorporación de los elementos radiactivos, residuales, a los elementos combustibles del amplificador o a otros conjuntos combustibles, que se introducirían en el núcleo subcrítico. Para resolver este reto tecnológico, se está desarrollando el reproceso de los combustibles actuales por procedimientos a alta temperatura, particularmente en sales fundidas, lo que permitiría fabricar combustibles mixtos de U, Pu y otros radisótopos residuales. La fabricación de estos combustibles presentará una cierta complicación tecnológica, pues habrá de trabajarse en celdas calientes, en lugar de cajas de guantes, por su alta radiactividad específica. Estos nuevos procedimientos de reproceso, sustituirán a los procedimientos hidrometalúrgicos, utilizados en la actualidad y en los que se tiene una amplia experiencia.

El segundo requerimiento tecnológico se resuelve mediante la utilización de plomo fundido como refrigerante o, mejor, el eutéctico plomo-bismuto que, con una temperatura de fusión de unos 150° C, resulta, desde la perspectiva tecnológica, más manejable. También en este aspecto se están dedicando esfuerzos de I+D, para conocer su comportamiento operativo desde los diferentes aspectos de corrosión, purificación continua, etc.

Todas las tecnologías necesarias, para aplicar el amplificador de energía a la transmutación de los residuos radiactivos, además de a la producción de energía, estarán disponibles en pocos años, pues la investigación y el desarrollo científico y tecnológico han demostrado su capacidad para resolver, prácticamente, casi todos los retos que se plantean.

El segundo reto a resolver es el económico y es que estamos hablando de un conjunto de inversiones en procesos diversos, cuya rentabilidad y competitividad económica han de

compararse con el resto de las alternativas energéticas existentes en la actualidad y, además, ha de contar con la financiación de la construcción de los amplificadores de energía, necesarios para el tratamiento de los residuos de alta radiactividad, que se han generado y se generarán en el mundo. Como actualmente existen en el mundo unos 430 reactores en operación y parece que se precisaría un amplificador de energía por cada tres reacto-

“Es de primordial importancia poner en marcha programas de divulgación científica para que los ciudadanos conozcan las bases científicas y tecnológicas que hacen que la sociedad actual sea como es evitando el miedo a lo desconocido que la desinformación provoca.”

res de fisión, tendríamos que construir unos 140 amplificadores que, mientras no se demuestre lo contrario, requerirían una inversión específica del orden de magnitud de la correspondiente a los reactores de fisión actuales.

Otro asunto que habrá de estudiarse, con gran detenimiento, es el de las dosis de radiación recibidas por el personal de operación de las nuevas instalaciones pues, indiscutiblemente, aumentarían de forma sensible, respecto a las que se reciben actualmente, por las nuevas necesidades de manejo de materiales con radiactividades específicas particularmente altas.

Como resumen, digamos que nos encontramos ante el desarrollo de una nueva tecnología cuya evolución hasta la escala industrial plantea problemas, como siempre ocurre, que serán resueltos, pues se cuenta con la tecnología de la fisión, muy próxima a ella y totalmente

madura y avances realizados en las áreas tecnológicas necesarias, como es el caso del reproceso a alta temperatura y el manejo de plomo fundido en circuitos de refrigeración.

Nos queda por resolver el problema más importante, cual es la confianza del público, para llevar a buen puerto y con su apoyo, este nuevo reto tecnológico, tan relacionado con la disminución del vertido a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Y es en este campo sociológico, en el que nuestra confianza siempre ha flaqueado. No nos atrevemos a informar al público de los aspectos científicos y tecnológicos que hacen que nuestra sociedad sea como es y no de otra forma.

Tenemos que confiar en el sentido común de los ciudadanos e informarlos sin miedo, como ya han hecho otros países de nuestro entorno pues, además, están en su derecho; es impensable desarrollar procedimientos de gestión e, incluso, tratar de aplicarlos, sin contar con la opinión de los ciudadanos. La política de perfil subterráneo, eludiendo dar información al público, nos mantendrá en la situación que estamos, es decir, de precariedad y esto es pan para hoy y hambre para mañana, pues se volverá en contra nuestra, cuando llegue el momento de la toma de decisiones.

Es de primordial importancia poner en marcha programas de divulgación científica, no sólo para este tema, sino con un contenido general, para que los ciudadanos conozcan las bases científicas y tecnológicas que hacen que la sociedad actual sea como es y no de otra forma. Hemos de evitar ese miedo a lo desconocido que la desinformación provoca, de cuando en cuando en los ciudadanos, en tecnologías tan cotidianas como la electricidad, los teléfonos móviles, la radiactividad, las microondas y tantas otras que, con un programa divulgativo adecuado, permitiría que los ciudadanos fueran más libres, teniendo conciencia del cómo y porqué de la civilización en la que viven. ☺

Inspección Residente

Apoyándose en las aplicaciones de los Análisis Probabilistas de Seguridad, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) está trabajando en la implantación de mejoras significativas en su sistema de inspección por medio de las inspecciones informadas en el riesgo, de forma

similar al sistema integrado de supervisión *Reactor Oversight Process* (ROP) de la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) de los Estados Unidos. Este nuevo modelo se orientará a los procesos más significativos para la seguridad, dedicando mayor esfuerzo a los de mayor importancia.

1. Principios generales

El Proceso de Supervisión del Reactor (ROP) de la NRC establece un modelo sistemático, informado en el riesgo, para la supervisión y control de la seguridad de las centrales nucleares [1]. En este modelo, la seguridad reposa en un conjunto de siete elementos clave o pilares, denominados *cornerstones*, relacionados con las áreas estratégicas de Seguridad del Reactor, Protección Radiológica y Salvaguardias, cuya calidad debe estar garantizada en todo momento. Dichos elementos clave son los siguientes: Sucesos Iniciadores (IE), Sistemas de Mitigación (MS), Integridad de Barreras (BI), Preparación frente a Emergencias (EP), Protección Radiológica Ocupacional (ORS), Protección Radiológica del Público (PRS) y Protección Fís-

sica (PP). El estado de cada uno de estos pilares de la seguridad dependerá a su vez de la calidad o estado de las diferentes áreas de funcionamiento encuadradas en cada uno de ellos.

Asimismo, el marco estructural del ROP identifica tres áreas temáticas que por su naturaleza tienen el potencial de afectar simultáneamente a todos los elementos clave siendo, por tanto, una posible fuente de deficiencias de causa común. Estas tres áreas, denominadas de temas cruzados o *cross-cutting issues*, son: Actuación Humana (HP), Ambiente de Trabajo Consciente de la Seguridad (SCWE) e Identificación y Resolución de Problemas (PI&R). La revisión y evaluación de estos elementos desempeña un importante papel en el actual proceso regulador basado en el riesgo de la NRC.

La evaluación global del funcionamiento de las centrales nucleares y decisiones que la NRC

adopte en el marco del ROP [2] están basadas en los resultados de dos procesos: Programa de Inspección [3] e Indicadores de Funcionamiento [4]. Dichos procesos son evaluados y caracterizados mediante la asignación de un código de color basado en su impacto sobre el riesgo, de bajo-moderado a alto (verde, blanco, amarillo, rojo).

Los Indicadores de Funcionamiento son medios de obtener información relacionada con el funcionamiento de ciertos atributos clave en cada uno de los pilares del ROP y disponen de criterios objetivos para determinar niveles aceptables de operación dentro de márgenes de seguridad, los cuales están definidos por umbrales mínimos (*thresholds*) relacionados con su impacto sobre el riesgo. Ya que no todos los aspectos de la operación de una central pueden ser medidos por los Indicadores de Funcionamiento, las áreas de seguridad no cubiertas o cubiertas parcialmente

* Esperanza España Sánchez es inspectora residente adjunta de la central nuclear José Cabrera.

por los mismos serán evaluadas a través de inspecciones.

En lo que respecta al Programa de Inspección, el modelo estructural del ROP proporciona una metodología ordenada de inspección con las siguientes líneas de acción: un Programa Base de Inspección común a todas las plantas; la respuesta escalonada ante la actuación inadecuada del titular mediante Inspecciones Suplementarias; la evaluación de Temas de Seguridad Genéricos, o Inspecciones Especiales, y la respuesta ante sucesos operacionales o incidentes.

El objetivo de inspección del ROP es obtener información independiente mediante la realización de un nivel mínimo de inspecciones (Programa Base de Inspección) que permita determinar si el funcionamiento de una central cumple los objetivos definidos en los siete pilares de la seguridad. La caracterización de la importancia de los hallazgos de inspección será determinada utilizando el Proceso de Determinación de Importancia *Significance Determination Process (SDP)* [5]. El nivel adecuado de compromiso por parte del titular y respuesta reguladora se determinan mediante los requisitos establecidos en la denominada Matriz de Acción.

2. Programa Base de Inspección de la NRC

Las principales características del programa base de inspección de la NRC son las siguientes:

— Representa los requisitos mínimos de inspección a cumplir en todas las centrales, según los objetivos definidos en los elementos clave, para evaluar diversos aspectos de los programas y procesos del titular.

— Utiliza una aproximación informada en el riesgo. Centra su atención en la observación y evaluación de operaciones y/o actividades que puedan afectar la función de seguridad de estructuras, sistemas y componentes significativos para el riesgo, es decir, en aquellas actividades que tienen el

potencial de desencadenar un accidente, o incrementar las consecuencias de un posible accidente.

— Está definido según diversas áreas de funcionamiento encuadradas en cada uno de los elementos clave de la seguridad [6]. Estas áreas están basadas en la medida de su importancia para el riesgo teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos de los elementos clave. Dichos objetivos derivan de una combinación de resultados de

“Los Indicadores de Funcionamiento son medios de obtener información sobre el funcionamiento de atributos clave en cada uno de los pilares del ROP y disponen de criterios objetivos para determinar niveles aceptables de operación dentro de márgenes de seguridad.”

análisis probabilistas, experiencia operativa, análisis deterministas y requisitos reguladores.

— La frecuencia de inspección y selección de muestras de actividades y/o equipos a inspeccionar están basados en la importancia relativa para el riesgo general de planta del área correspondiente. La selección de muestras en las diferentes áreas de inspección será realizada teniendo en cuenta la información de riesgo específica de planta.

— Consta esencialmente de tres partes:

- Inspección de áreas no cubiertas por los Indicadores de Funcionamiento o donde un Indicador de Funcionamiento no cubre completamente el área de inspección.

- Verificación de la exactitud de la información generada por el titular relativa a los Indicadores de Funcionamiento.

- Revisión de la eficacia de la

organización y programas del titular para identificar y resolver problemas por sí mismo.

Los procedimientos de inspección que desarrollan el programa base de la NRC establecen un nivel de cumplimiento y requisitos necesarios para la evaluación adecuada de las áreas de inspección. Esto implica que los inspectores han de cumplir los requisitos definidos en cada una de las áreas, mediante la realización de un número mínimo de actividades de inspección denominadas “muestras”, para cumplir los objetivos de los procedimientos.

Los tamaños de muestra están basados en la importancia relativa para el riesgo general de planta del área correspondiente. También están basados en la capacidad de elección de los inspectores en vez de en la selección de una muestra al azar basada en la estadística, ya que la naturaleza informada en el riesgo del programa de inspección requiere que las inspecciones estén enfocadas en aquellos aspectos de la operación de la planta y actividades del titular que puedan suponer riesgo para la salud y seguridad del público en general.

Los datos de nivel de cumplimiento corresponden al esfuerzo de inspección directa estimado para completar los procedimientos, sin tener en cuenta el tiempo dedicado a preparación de la inspección, documentación o, en el caso de los inspectores residentes, actividades rutinarias en planta. Las horas estimadas no deben ser utilizadas para determinar si los procedimientos fueron cumplidos satisfactoriamente. El objeto de estos datos es proporcionar una guía de planificación y presupuesto de inspección y son revisados periódicamente en base a la experiencia adquirida de su aplicación. Es de esperar que las horas requeridas para completar un procedimiento de inspección en una planta varían de las horas estimadas, razón por la cual el programa base de inspección de la NRC proporciona una banda de esfuerzo esperada

(aproximadamente del 10%) para cada procedimiento. Los requisitos de inspección son el factor de control en la determinación de los esfuerzos de inspección necesarios para completar las inspecciones del programa base.

En cuanto a los pilares de seguridad del ROP, las inspecciones del programa base de la NRC se distribuyen de la siguiente manera: las relativas a los pilares IE, MS y BI del área estratégica de Seguridad del Reactor descansan básicamente en la labor de los inspectores residentes. El resto de los pilares del ROP (EP, ORS, PRS y PP) se apoya en el trabajo realizado por los inspectores especialistas de la oficina regional, si bien cuentan con una participación importante de la inspección residente.

3. Actividades de la Inspección Residente de la NRC

Las principales características del programa de la inspección residente incluyen que exista un mínimo de dos inspectores por emplazamiento; elaboración de un informe trimestral de actividades; participación en inspecciones realizadas en otros emplazamientos; rotación forzosa cada siete años; cursos de entrenamiento periódicos; estancia durante una semana al año en otras plantas según las denominadas *objectivity visits*; dos reuniones al año de los inspectores residentes titulares *Senior Resident Inspectors* en la oficina regional y dos encuentros al año del conjunto de los inspectores residentes con los representantes de la región *inspector counterpart meeting*.

La ausencia del emplazamiento de los inspectores no puede ser superior a tres días consecutivos. En caso de ausencias prolongadas de ambos inspectores, la oficina regional proporcionará personal regional cualificado para cubrir sus puestos.

El tiempo de dedicación a inspecciones fuera de horario laboral (fines de semana, vacaciones y noches entre las 10 pm y 5 am) es de 50 h/año por emplazamiento (apro-

ximadamente 13 h/cuatrimestre). Estas inspecciones, denominadas *deep backshift inspections*, pueden ser realizadas tanto por la inspección residente como por los inspectores regionales. Es de esperar que el programa base incluya algunas de estas inspecciones de manera rutinaria, sobre una variedad de días y condiciones de trabajo (recarga, operación normal, fines de semana y noches).

“El objetivo de inspección del ROP es obtener información independiente mediante la realización de un nivel mínimo de inspecciones que permita determinar si el funcionamiento de una central nuclear cumple los objetivos definidos en los siete pilares de la seguridad.”

Ya que el núcleo del programa base de inspección de la NRC es llevado a cabo por los inspectores residentes, conviene hablar en términos generales de la función básica de la Inspección Residente que es la siguiente: “Llevar a cabo la inspección y observación directa de las actividades de explotación de la central que tengan mayor significación para el riesgo, así como la evaluación de dichas actividades e información de las mismas a la Oficina Regional”.

Esta función básica se materializa en una serie de actividades, enmarcadas en diferentes áreas de inspección, que han sido recogidas de manera detallada en diversos procedimientos. Dado su elevado número, dichas actividades son optimizadas mediante una planificación anual realizada por la inspección residente de acuerdo con los requisitos de inspección y nivel de

esfuerzo definidos en cada procedimiento. Los informes de planificación de actividades del programa base de la inspección residente se realizan, por tanto, según los requisitos establecidos en cada uno de los procedimientos de inspección teniendo en cuenta la experiencia adquirida.

El listado de los 21 procedimientos del ROP aplicables a la inspección residente (total o parcialmente) se adjunta en la tabla 1. Dicha tabla incluye información relativa a: identificación del procedimiento; área de inspección correspondiente; pilares de la seguridad asociados a cada uno de ellos; frecuencia de realización de las inspecciones y nivel de esfuerzo requerido por la inspección residente para su cumplimiento. Los datos de nivel de cumplimiento incluidos en la tabla constituyen un ejemplo de planificación anual de actividades de la inspección residente para un emplazamiento de una unidad, teniendo en cuenta la estimación de horas y número de muestras promedio definidos en cada procedimiento.

Las tareas fundamentales llevadas a cabo por los inspectores residentes de la NRC son las siguientes:

- 1) Observación directa, verificación y seguimiento de las actividades de planta.
- 2) Revisión del programa de Identificación y Resolución de Problemas del titular.
- 3) Un porcentaje elevado del programa base de inspección, especialmente en lo relativo a los pilares de Seguridad del Reactor.
- 4) Evaluación inicial y participación en inspecciones relativas a incidentes de la central.

3.1. Observación directa, verificación y seguimiento de las actividades de planta.

El ROP asigna a los inspectores residentes una responsabilidad específica, fuera de las actividades de inspección, para el seguimiento rutinario de las condiciones de planta. El conocimiento por los inspectores del estado

y actividades de planta es importante en el proceso de inspección informada en el riesgo para determinar cómo seleccionar y aplicar el procedimiento apropiado del programa base. Sus actividades se centrarán en adquirir una visión independiente de las actividades en curso que puedan afectar el funcionamiento de la planta en alguno de los elementos clave; conocer la ocurrencia de temas inesperados *emergent works*, tendencias de planta potencialmente adversas, y problemas de equipo existentes, incluyendo su impacto sobre el riesgo. La frecuencia y esfuerzo de revisión del estado de planta será determinado por el inspector teniendo en cuenta las condiciones y actividades en curso.

Con carácter rutinario, cabe destacar las siguientes actividades desarrolladas por la inspección residente en planta *Plant Status*:

- Seguimiento rutinario de la operación mediante presencia diaria en Sala de Control.

- Revisión de actividades relevantes en curso que puedan afectar la operabilidad de las estructuras, sistemas y componentes (ESC) requeridos y/o incrementar el riesgo de planta.

- Revisión directa de los paneles de Sala de Control, estado de válvulas, bombas, equipos de sistemas de seguridad, alarmas presentes, parámetros de planta, monitores de radiación, y parámetros químicos.

- Lectura de libros de operación.

- Seguimiento rutinario de operabilidades de equipos de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

- Auditorías sobre cumplimiento de Condiciones Límite de Operación.

- Auditorías sobre cumplimiento de Exigencias de Vigilancia.

- Control de registros, descargos, órdenes de trabajo, enclaves y funcionamiento de equipos.

- Estado de las instalaciones de respuesta a emergencia dentro y fuera del emplazamiento.

- Comprobación del grado de destreza y entrenamiento de los operadores en el uso de procedimientos.

- Rondas periódicas por áreas accesibles de planta de ESC dentro del alcance de la Regla de Mantenimiento, áreas con riesgo radiológico significativo o áreas con equipos de Seguridad Física importantes. Durante paradas, la frecuencia y alcance de estas rondas se incrementará.

- Estado de los equipos de Seguridad Física.

- Asistencia a las reuniones internas del titular, incluyendo la reunión diaria de Sala de Control, que

“la función básica de la Inspección Residente es llevar a cabo la inspección y observación directa de las actividades de explotación de una central que tengan mayor significación para el riesgo, así como la evaluación de dichas actividades e información de las mismas a la Oficina Regional”.

consideren esenciales para el cumplimiento de sus objetivos de inspección.

- Estado del área del panel de parada remota, incluyendo procedimientos y equipos de comunicación necesarios para realizar las acciones requeridas en estas áreas.

- Revisión diaria del programa de identificación y resolución de problemas del titular.

El nivel de esfuerzo y dedicación de los inspectores residentes a estas actividades no es considerado parte de la inspección directa del programa base.

3.2. Revisión del programa de Identificación y Resolución de Problemas del titular

La supervisión del proceso de Identificación y Resolución de Problemas (PI&R) desempeña un importante papel en el actual proceso

regulador basado en el riesgo de la NRC, siendo una de las partes esenciales que definen el programa base de inspección. Las bases técnicas que justifican dichas inspecciones en el programa base se asientan en que un objetivo fundamental del ROP es garantizar la confianza en que las centrales cuentan con los mecanismos necesarios para identificar y corregir problemas de manera adecuada. La condición de partida de estas inspecciones es la existencia en todas las centrales nucleares americanas de un programa integrado de acciones correctivas (PAC) *Corrective Actions Program* en respuesta al 10 CFR 50, apéndice B, punto 16.

Con objeto de ayudar en la identificación de fallos repetitivos de equipos significativos para el riesgo o temas de seguridad relacionados con errores humanos y prácticas de trabajo inadecuadas, para su seguimiento, y comprobar que el titular identifica y corrige adecuadamente los problemas y/o deficiencias de planta, los inspectores residentes realizan una revisión diaria del PAC del titular, mediante acceso directo a la base de datos correspondiente (este tiempo no es contabilizado como parte del programa base de inspección sino como actividad rutinaria de planta). Cada entrada en la base de datos del PAC está documentada en un informe de evaluación del tema o suceso de planta en el cual se incluye información referente a: descripción de la condición; evaluación del tema; equipo afectado; origen y causa del problema; acciones correctivas adoptadas y propuestas; responsable directo de la realización de las mismas y estado del tema.

Las revisiones del PAC, complementadas con la realización de rondas por planta, conversaciones con interlocutores diversos y la asistencia a reuniones internas del titular, permiten a los inspectores recoger información y adquirir una visión independiente del estado general de planta para verificar si los programas

Tabla 1. Procedimientos del ROP aplicables a la Inspección Residente

Procedimiento de inspección (IP)	Título				
IP 71111	Seguridad del reactor - Sucesos iniciadores, sistemas de mitigación, Integridad de barreras				
Anexo	Área de Inspección	Pilares de la Seguridad	Frecuencia	Nivel de cumplimiento (promedio)	
71111.01 ⁽¹⁾	Protección frente a condiciones ambientales adversas	IE, MS	A	Total: 18 h/año (4,5 h/inspección) 3 muestras cambios estacionales/año 1 muestra condiciones adversas/año	
71111.04 ⁽¹⁾	Alineamiento de equipos	IE, MS, BI	Q	Total: 80 h/año 3 muestras parciales/cuatrimestre (4h/inspección) 2 muestras completas/año (16 h/inspección)	
71111.05	Protección contra incendios	IE, MS	Q T ⁽³⁾	Total: 45 h/año 9 rondas/cuatrimestre (1,19 h/inspección) 1 ejercicio/año (2 h/ejercicio)	
71111.06 ⁽¹⁾	Medidas de protección frente a inundaciones	IE, MS	A	Total: 20 h/año (6,6 h/inspección) 1 muestra protección externa/año 2 muestras protección interna/año	
71111.07	Operación del sumidero de calor	IE, MS B ⁽³⁾	A	Total: 6 h/año 1 muestra/año	
71111.11	Programa de recualificación de operadores con licencia	IE, MS, BI, EP	Q B ⁽³⁾	Total: 12 h/año 1 muestra/cuatrimestre (3 h/inspección)	
71111.12	Efectividad del mantenimiento	IE, MS, BI	Q B ⁽³⁾	Total: 108 h/año 2-3 muestras/cuatrimestre (10,8 h/inspección) [10 muestras/año]	
71111.13 ^{(1) (2)}	Evaluación de riesgo de mantenimiento y control de trabajos emergentes	IE, MS, BI	Q	Total: 108 h/año 5 muestras/cuatrimestre (5,4 h/inspección)	
71111.14 ^{(1) (2)}	Actuaciones del operador durante evoluciones y sucesos no rutinarios	IE, MS, BI	AN	Total: 50 h/año 6 transitorios/año (6h/transitorio) 1 disparo/año (5h/disparo) 3 LER/año error personal (3h/LER)	
71111.15 ^{(1) (2)}	Evaluaciones de operabilidad	MS, BI	AN	Total: 63 h/año 4-5 muestras/cuatrimestre (3,5 h/inspección) [18 muestras/año]	
71111.16 ^{(1) (2)}	Medidas compensatorias del operador	MS	AN	Total: 32 h/año 2 muestras/año (8 h/inspección) 2 efectos acumulativos/año (8h/inspección)	
71111.17	Modificaciones permanentes de planta	IE, MS, BI	A B ⁽³⁾	Total: 16 h/año 2 muestras/año (8 h/inspección)	
71111.19 ⁽¹⁾	Pruebas post-mantenimiento	MS, BI	Q	Total: 84 h/ año 6 muestras/cuatrimestre (3,5 h/inspección)	
71111.20 ⁽¹⁾	Actividades de recarga y parada	IE, MS, BI	B	Total: 85 h/recarga 6,5 h/subapartado IP	
71111.22 ⁽¹⁾	Pruebas de vigilancia	MS, BI	Q	Total: 132 h/ año 6 muestras/cuatrimestre (5,5 h/inspección)	
71111.23 ^{(1) (2)}	Modificaciones temporales de planta	MS, BI	AN	Total: 36 h/ año 1 muestra/cuatrimestre (9 h/inspección)	
IP 71114	SEGURIDAD DEL REACTOR - PREPARACION FRENTE A AMERGENCIAS				
71114.01	Evaluación de ejercicios	EP	B	Total: 13 h/2años 1 simulacro general/2años	
71114.06 ⁽¹⁾	Evaluación de simulacros	EP	A	Total: 15 h/año 1 simulacro interior/año 2 sesiones entrenamiento/año	
IP 71151⁽²⁾	VERIFICACION DE INDICADORES DE FUNCIONAMIENTO	ALL	A	Total: 40 h/año 2-3 muestras/cuatrimestre (4 h/inspección) [10 muestras/año]	
IP 71152	IDENTIFICACION Y RESOLUCION DE PROBLEMAS (PI&R)	ALL	A B ⁽³⁾	Total: 80 h/año 2 análisis de tendencias/año (10 h/inspección) 1 muestra/cuatrimestre (15 h/inspección)	
IP 71153⁽¹⁾	SEGUIMIENTO DE INCIDENTES	ALL	AN	4 LER/año (16 h/LER) 1 suceso/año (8-24 h/suceso)	

⁽¹⁾ Procedimientos aplicables exclusivamente a la Inspección Residente

⁽²⁾ Los esfuerzos de inspección variarán en función del número de unidades del emplazamiento.

⁽³⁾ Frecuencia de realización de inspección de los especialistas

AN = según sea necesario; A = anual; B = cada dos años; Q = cuatrimestral

del titular están siendo dirigidos adecuadamente a la vigilancia de los procesos importantes para la seguridad y a la aplicación de medidas correctoras en consonancia con su importancia.

Sobre una base anual, los inspectores residentes realizan una revisión detallada del PAC para identificar tendencias que puedan indicar la existencia de temas de seguridad significativos. Esta actividad incluye la revisión de los informes de auto-evaluación y de tendencias del titular; resultado de las auditorías de Garantía de Calidad; actividades de mantenimiento; acciones correctivas derivadas de la Regla de Mantenimiento; procedimientos que describen el PAC y cumplimiento de los criterios de priorización. Adicionalmente, realizarán una inspección del tratamiento dado por el titular a problemas de planta concretos, mediante la selección de una muestra de temas específicos, para verificar que fueron categorizados adecuadamente y que las acciones correctivas para su resolución fueron efectivas. El nivel de esfuerzo y dedicación a estas actividades es considerado parte de la inspección directa del programa base y viene definido en el procedimiento IP 71152.

3.3. Un porcentaje elevado del programa base de inspección, especialmente en lo relativo a los pilares de Seguridad del Reactor

Teniendo en cuenta el conocimiento adquirido mediante la revisión y seguimiento continuo del estado y actividades de planta, los inspectores residentes distribuirán sus inspecciones de manera que puedan supervisar las actividades de mayor significación para el riesgo. La transición entre procedimientos se hará siempre que su esfuerzo cambie de recopilar información a evaluar un tema de inspección potencial. Los inspectores deberán utilizar la información de riesgo específica de planta para determinar qué sistemas y actividades del titular tienen mayor significación para

el riesgo dada la configuración de planta existente.

Respecto a los requisitos y esfuerzo de inspección necesarios para completar las inspecciones del programa base, cabe destacar lo siguiente:

— Los inspectores residentes de la NRC desempeñan una importante labor en la evaluación de la implantación de la Regla de Mantenimiento (RM), representando sus

“las centrales nucleares españolas no disponen aún de programas totalmente operativos, cuyo objetivo es establecer una sistemática para la identificación, priorización, control y gestión de las acciones correctivas y de mejora que se generen en todos los departamentos de la central.”

mayores esfuerzos de inspección dentro del programa base. Las áreas de inspección asociadas con la RM son las correspondientes a los procedimientos 71111.12 “Eficacia del Mantenimiento” y 71111.13 “Evaluación de Riesgo de Mantenimiento y Control de Trabajos Emergentes”.

Dichas inspecciones tendrán los siguientes objetivos: 1) verificar la idoneidad de los objetivos y acciones correctivas para ESC clasificados en (a)(1) y/o criterios de comportamiento para ESC clasificados en (a)(2), de acuerdo con los requisitos y guía detallada de inspección definidos en el procedimiento 71111.12, y 2) verificar que las evaluaciones de riesgo relacionadas con actividades de mantenimiento programadas o trabajos urgentes (*emergent works*) se realizan según lo requerido en (a)(4) y procedimientos del titular, de acuerdo con los criterios definidos en el procedimiento 71111.13. Los requisitos de inspección del IP 71111.12 inclu-

yen la revisión de los procedimientos del titular relativos a la implantación de la RM y el análisis de los criterios de comportamiento definidos para ESC/funciones, verificando su consistencia con los requisitos del 10 CFR 50.65.

No entra dentro del alcance de estas inspecciones realizar la revisión detallada del programa de la RM del titular. La revisión de las evaluaciones periódicas del (a)(3) efectuadas por el titular y de las modificaciones o acciones correctivas resultantes es realizada por los inspectores especialistas de la oficina regional de acuerdo con los criterios establecidos en el procedimiento 71111.12.

— Las siguientes áreas de importancia en relación con los esfuerzos de inspección de los inspectores residentes de la NRC dentro del programa base son: Pruebas de Vigilancia (IP 71111.22); Pruebas post-mantenimiento (IP 71111.19), y alineamiento de equipos (IP 71111.04).

3.4. Evaluación inicial y participación en inspecciones relativas a incidentes de la central

Obviamente puede imponerse la dedicación de gran parte de los esfuerzos a temas no programados con antelación. Para dichos temas, como son básicamente seguimiento de incidentes, el procedimiento de inspección 71153 define un nivel de esfuerzo y dedicación. Los inspectores residentes, o inspectores regionales, inician el seguimiento del incidente de acuerdo con los requisitos definidos en el procedimiento y en función de su significación para el riesgo se determinará si es necesaria una respuesta mas allá del programa base.

Sucesos como disparos de reactor sin complicaciones serán evaluados por los inspectores residentes o regionales para verificar que el suceso no se ve complicado por pérdida de equipos de mitigación u otros factores tales como malfunciones de equipos, indisponibilidades o errores de personal. El seguimiento

de sucesos operacionales significativos [7] se hace mediante una respuesta escalonada consistente en inspecciones realizadas por Equipos de Investigación de Incidentes (IIT), Equipos de Inspección Aumentados (AIT) y mediante Inspecciones Especiales (SI).

4. Conclusiones

4.1. Observación directa, verificación y seguimiento de las actividades de planta

Desde el punto de vista de las actividades rutinarias de seguimiento de la operación de la central *Plant Status*, se considera que no existe diferencia entre la concepción de los programas de inspección del CSN y de la NRC.

4.2. Revisión del programa de Identificación y Resolución de Problemas del titular

Los inspectores residentes de la NRC desempeñan una importante labor en la supervisión del proceso de Identificación y Resolución de Problemas (PI&R). Como se menciona anteriormente, estas inspecciones parten de una condición inicial existente en todas las centrales americanas que es la existencia de un programa de gestión de acciones correctivas común a toda la organización.

Las centrales españolas disponen de diversos programas que, aunque limitados a determinadas áreas, disciplinas o departamentos de la organización, tienen también entre sus objetivos la identificación y resolución de problemas. Desde este punto de vista, la diferencia fundamental radica en el hecho de que, aunque el Sector está trabajando en el desarrollo de programas integrados de acciones correctivas similares a los existentes en las centrales americanas, las centrales españolas no disponen aún de programas de estas características totalmente operativos, cuyo objetivo es establecer una sistemática para la identificación, priorización, control y gestión de las acciones co-

orrectivas y de mejora que se generen en todos los departamentos de la central. Una vez finalizadas las actividades del Sector y previamente a la implantación definitiva de estos programas, el CSN deberá realizar su evaluación y validación.

Las inspecciones sobre PI&R constituyen, por tanto, una actividad que va más allá de las inspecciones actuales realizadas por los inspectores residentes del CSN a los programas concretos implantados en los diversos departamentos/secciones de la central, que permiten valorar todas las deficiencias de planta en su conjunto, independientemente del departamento/sección que las haya identificado. Para este objetivo de inspección, los temas identificados por la inspección residente (Puntos Abiertos) deberán ser valorados en la misma medida de importancia.

4.3. Un porcentaje elevado del programa base de inspección, especialmente en lo relativo a los pilares de Seguridad del Reactor

— Las actividades de los inspectores residentes de la NRC referentes a la evaluación de la implantación de la RM, constituyen la diferencia fundamental respecto a las actividades de inspección realizadas por los inspectores residentes del CSN.

— En la NRC, las revisiones y evaluaciones de las actividades del titular en relación con la implantación y cumplimiento de controles físicos y administrativos para áreas radiológicamente significativas; control disimétrico; calibración de equipos; programa ALARA de reducción de dosis y su implantación para el seguimiento de trabajos de recarga; vertido de efluentes y cumplimiento del Manual de Cálculo de Dosis al Exterior; acondicionamiento y almacenamiento de residuos sólidos y transporte de materiales radiactivos, son realizadas por los inspectores especialistas de la región. Las actividades de los inspectores residentes en relación con estas áreas de inspección

se limitan a la observación de actividades y prácticas de trabajo durante sus rondas por planta. Cualquier desviación o deficiencia detectada en el cumplimiento de los requisitos de inspección aplicables al área estratégica de Protección Radiológica será comunicada a los inspectores especialistas para su conocimiento, seguimiento y/o evaluación.

En el caso de los inspectores residentes del CSN, las actividades relacionadas con el área de Protección Radiológica representan aproximadamente el 10 % de su esfuerzo de inspección.

— Las actividades de los inspectores residentes de la NRC relacionadas con Preparación frente a Emergencias (EP) son las definidas en los procedimientos 7114.01 “Evaluación de Ejercicios” y 7114.06 “Evaluación de Simulacros”. El objetivo de inspección en estas áreas es verificar el proceso de auto-evaluación del titular respecto a las actividades de clasificación del suceso, notificación de la emergencia y desarrollo de acciones de recomendación, durante la realización de simulacros y ejercicios. Así mismo, revisarán las actuaciones del titular y la evolución de ciertas características de entrenamiento relacionadas con el Plan de Emergencia, para evaluar la eficacia de la organización, la adecuada realización de simulacros y ejercicios, y la capacidad del titular para identificar debilidades y/o deficiencias relacionadas con este pilar de la seguridad. Como parte de sus actividades rutinarias en planta, realizarán una revisión del estado de las instalaciones de respuesta a emergencia dentro y fuera del emplazamiento.

En el caso de los inspectores residentes del CSN, las actividades relacionadas con su participación en el Grupo Radiológico en caso de emergencia representan aproximadamente el 25% de su esfuerzo de inspección.

— Los inspectores residentes de la NRC verifican los datos de los

Indicadores de Funcionamiento asociados a los pilares IE, MS y BI del área estratégica de Seguridad del Reactor, según los requisitos definidos en el procedimiento de inspección IP 71151. Los indicadores asociados al resto de los pilares del ROP (EP, ORS, PRS y PP) son verificados por los inspectores especialistas, si bien ciertos aspectos relacionados con los mismos serán verificados por los inspectores residentes durante sus actividades rutinarias de planta.


En el CSN, estas verificaciones son realizadas por el Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (Ciemat) en el marco del contrato específico CSN/Ciemat sobre aplicaciones de Experiencia Operativa.

— El tiempo de dedicación a inspecciones fuera de horario laboral en la NRC es de 50 h/año por emplazamiento. Estas inspecciones, denominadas *deep backshift inspections*, pueden ser realizadas tanto por los inspectores residentes como regionales.

En el CSN, la frecuencia de realización de este tipo de inspecciones es 1/cuatrimestre, del orden de 16-20 h/año, y son realizadas por los inspectores residentes. La determinación del tipo de inspección a realizar tiene en cuenta: actividades desarrolladas por el personal de Operación, trabajos de mantenimiento sobre equipos de seguridad que se estén realizando en ese momento, actividades del personal de Protección Radiológica y estado de

los equipos de Seguridad Física. La realización de las mismas abarcará diversos días (tardes-noches de lunes a viernes, noches de lunes a viernes, mañana-tarde de fin de semana, noches de fin de semana) de manera que en un intervalo anual las inspecciones cubran todos estos horarios.

4.4. Evaluación inicial y participación en inspecciones relativas a incidentes de la central

En lo que respecta a las actividades de seguimiento y evaluación de incidentes por la inspección residente, se considera que no existen grandes diferencias con respecto a la concepción de los programas de inspección del CSN y de la NRC. 

Referencias

- [1] NUREG-1649 *Reactor Oversight Process*.
[2] MC 0305 *Operating Reactor Assessment Program*.

- [3] MC 2515 *Light-Water Reactor Inspection Program – Operation Phase*.
[4] MC 0608 *Performance Indicator Program*.

- [5] MC 0609 *Significance Determination Process (SDP)*.
[6] SECY-99-007 *Recommendations For Reactor Oversight Process Improvements*.
[7] MD 8.13 *Reactor Oversight Process*.

Siglas

- AIT: Equipos de Inspección Aumentados (*Augmented Inspection Teams*).
- BI: Integridad de Barreras (*Barrier Integrity*).
- CIEMAT: Centro de investigaciones Energéticas y Medioambientales.
- EP: Preparación frente a Emergencias (*Emergency Preparedness*).
- ESC: Estructuras, sistemas y componentes.
- HP: Actuación Humana (*Human Performance*).
- IE: Sucesos Iniciadores (*Initiating Events*).

- IIT: Equipos de Investigación de Incidentes (*Incident Investigation Teams*).
- IP: Procedimiento de Inspección (*Inspection Procedure*).
- MS: Sistemas de Mitigación (*Mitigation Systems*).
- NRC: Comisión Reguladora Nuclear (*Nuclear Regulatory Commission*).
- ORS: Protección Radiológica Ocupacional (*Occupational Radiation Safety*).
- PAC: Programa de Acciones Correctivas (*Corrective Action Program*).
- PI&R: Identificación y Resolución de Problemas (*Problems Identification and Resolution*).

- PP: Protección Física (*Physic Protection*).
- PRS: Protección Radiológica del Público (*Public Radiation Safety*).
- ROP: Proceso de Supervisión del Reactor (*Reactor Oversight Process*).
- SCWE: Ambiente de Trabajo Consciente de la Seguridad (*Safety Concious Work Environment*).
- SDP: Proceso de Determinación de Importancia (*Significance Determination Process*).
- SI: Inspecciones Especiales (*Special Inspections*).

 **Alejo Vidal-Quadras***

El Espacio Europeo de Investigación y el Sexto Programa Marco de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (2002-2006)

Los programas marco son iniciativas plurianuales de la Unión Europea para fomentar y apoyar la I+D en Europa. El Sexto Programa Marco se ejecuta durante el periodo 2002-2006 y ha sido concebido como instrumento para la

creación del Espacio Europeo de Investigación, lo que significa que, frente a los anteriores programas marco, éste cubre investigación tanto a corto como a largo plazo y con unos objetivos muy ambiciosos.

1. Introducción

Después de largos y difíciles debates, la adopción del Sexto Programa Marco de investigación, desarrollo tecnológico y demostración¹ supuso en la práctica el arranque del Espacio Europeo de Investigación y de sus ambiciosos objetivos.

Nos encontramos ahora en una fase de evaluación del Sexto Programa Marco, de sus posibles carencias y de las mejoras a introdu-

cir de cara al futuro. Este debate no es, en absoluto, ajeno al momento político que vivimos en Europa. Varios elementos contribuyen a enriquecerlo y a que las cosas puedan verse desde una perspectiva más amplia:

- La reciente incorporación de diez nuevos Estados miembro a la Unión Europea es un elemento de cambio que debe tener una clara influencia en la orientación de las políticas comunitarias.

- La elaboración de las Perspectivas Financieras –el marco financiero de la Unión Europea para el periodo 2007-2013– tendrá una influencia significativa en la asignación de recursos para las diferentes políticas comunitarias.

- La revisión intermedia de la Estrategia de Lisboa, prevista para

el Consejo Europeo de marzo de 2005, hará hincapié en la necesidad de que la Unión Europea invierta en competitividad y que su esfuerzo en investigación sea equivalente al 3% del Producto Interior Bruto (PIB)².

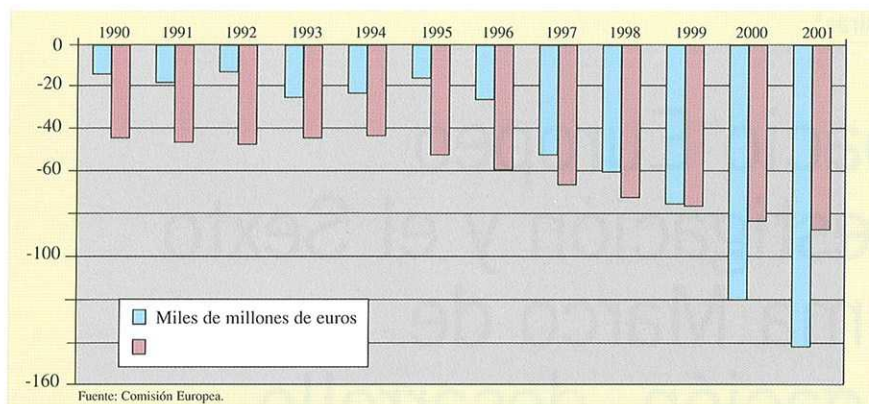
En este complejo marco político, la Comisión Europea ha propuesto que el próximo programa marco cuente con el doble de fondos que el actual³. Se trata de la primera señal para la elaboración del Séptimo Programa Marco, que deberá cubrir el periodo 2007-2011.

* Alejo Vidal-Quadras es vicepresidente del Parlamento Europeo.

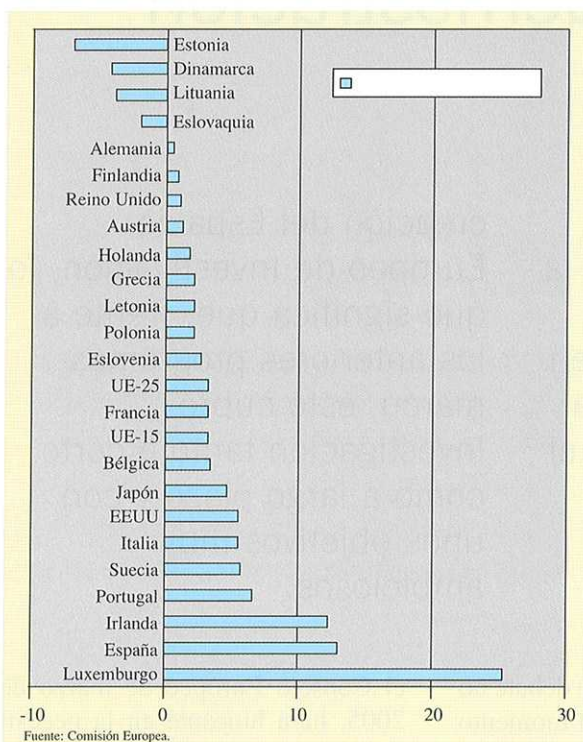
¹Decisión nº 1513/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2002, relativa al sexto programa marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración, destinado a contribuir a la creación del Espacio Europeo de Investigación y a la innovación (2002-2006), DO L 232, de 29.08.2002, págs. 1-33.

²Comisión Europea, Comunicación de la Comisión, COM (2003) 226 final, de 04.06.2003, "Invertir en investigación: un plan de acción para Europa".

³Comisión Europea, Comunicación de la Comisión, COM (2004) 353 final, de 16.06.2004, "La ciencia y la tecnología, claves del futuro de Europa - Orientaciones para la política de apoyo a la investigación de la Unión".



► **Figura 1.** Gestión en I+D-diferencia entre UE-15 y EEUU en miles de millones de euros y unidades estándar de poder adquisitivo (PPS).



► **Figura 2.** Gasto público en I+D-media del crecimiento real durante el periodo 1997-2003, en porcentaje (%).

2. Razones para articular un espacio europeo de investigación

En 1999 Europa presentaba una situación preocupante en el ámbito de la investigación. A las puertas del siglo XXI y con la sociedad del conocimiento en plena ebullición, la Unión Europea no sólo no era capaz de aproximarse a sus eternos competidores, Estados Unidos y Japón, sino que la diferencia tendía a aumentar. Se veía claramente el peligro de una pérdida de competitividad y de una incapacidad para el crecimiento en una economía

globalizada en la que los competidores serían cada vez más numerosos y feroces. Los problemas identificados eran múltiples:

— El esfuerzo en investigación de la Unión Europea era en 1998 equivalente al 1,8% del PIB, frente al 2,8% de Estados Unidos y el 2,9% de Japón. Esta situación se reflejaba en términos de empleo, de forma que la fuerza de trabajo adscrita a tareas de investigación ascendía en la Unión al 2,5 por mil del total, frente al 6,7 en Estados Unidos y al 6 en Japón. Además, las divergencias entre los distintos estados miembros eran

notables. En cualquier caso, los cinco "grandes" de la Unión - Alemania, Francia, Reino Unido, Italia y España - invertían en investigación proporciones menores de su PIB que Estados Unidos.

— La diferencia entre los gastos totales en investigación de Estados Unidos y de la Unión ascendió en 1998 a 60.000 millones de euros, en términos corrientes. La evolución durante los años inmediatamente anteriores fue también crecientemente desfavorable para la Unión Europea, desde los 14.000 millones de euros en 1990.

— La Unión Europea arrastraba desde 1987 un déficit comercial estructural en productos de alta tecnología con una clara tendencia al empeoramiento. Mientras, Estados Unidos se mantenía en equilibrio y Japón tendía a aumentar su permanente superávit.

Existía en 1999 una seria preocupación por los efectos que a largo plazo podían tener todas estas cifras. La Comisión Europea afirmaba⁴ acertadamente que "si el progreso tecnológico crea los empleos del mañana, es la investigación la que crea los empleos de pasado mañana". Aunque Europa seguía siendo uno de los tres grandes "cerebros" a nivel mundial, era necesario superar la situación y dar un nuevo impulso a la investigación en la Unión Europea.

La investigación, la tecnología y la innovación constituyen algunos de los principales motores para reforzar la competitividad, modernizar las empresas, contribuir al crecimiento y estimular la creación de empleo. Además, los avances en el ámbito de la investigación y la tecnología no son cuestiones ajenas al ciudadano. Al contrario, la gran mayoría de los proyectos científicos y de las innovaciones tecnológicas responden claramente a necesidades sociales.

En 1999 el sector privado financiaba más de la mitad de las actividades de investigación y desarrollo en la Unión Europea. Las grandes empresas y las multinacionales europeas desarrollaban —y siguen desarrollando— estrategias de investigación de carácter internacional. Sin embargo, el esfuerzo en investigación por parte de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) no era de la misma intensidad, debido en gran parte a la escasez de capital riesgo destinado a la inversión privada en investigación y la creación de empresas de alta tecnología.

⁴Comisión Europea, Comunicación de la Comisión al Consejo al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, COM (2000) 6 final, de 18.01.2000, "Hacia un espacio europeo de investigación".

Otro de los inconvenientes a los que se enfrentaba la Unión Europea era la existencia de quince sistemas nacionales públicos de investigación poco permeables entre sí. Además de la inexistente coordinación entre las diferentes políticas nacionales de investigación, subsistían otros obstáculos no menos importantes que impedían la transmisión de conocimientos, la libre circulación de los científicos y la innovación. Entre ellos se pueden citar los excesivos trámites burocráticos, la diversidad de lenguas comunitarias, la escasa implantación de las nuevas tecnologías en los centros de investigación o las diferencias de poder adquisitivo entre Estados miembro.

Se hacía, por tanto, urgente emprender una acción coordinada a nivel comunitario que pusiera en común todo el potencial y la experiencia investigadora de Europa. El concepto de Espacio Europeo de la Investigación responde a este propósito y a esta necesidad.

3. ¿Qué es el Espacio Europeo de Investigación?

El Espacio Europeo de Investigación podría definirse brevemente como "una mejor organización de la investigación en Europa". La idea del Espacio Europeo de Investigación persigue la búsqueda de soluciones integrales a las carencias de la investigación y la ciencia en Europa frente a sus principales competidores.

La constitución del Espacio Europeo de Investigación fue propuesta por la Comisión Europea a principios de 2000 y ratificada en el Consejo Europeo de Lisboa en marzo del mismo año como un componente básico para el desarrollo en la Unión de la economía y la sociedad del conocimiento, claves de la innovación, la competitividad y el empleo.

3.1. Una mayor coordinación para los programas públicos nacionales de investigación

Los programas nacionales de investigación atienden a sus propias

prioridades y se gestionan de forma separada, de manera que el volumen de los recursos materiales y humanos empleados no se corresponde con los resultados obtenidos por falta de sinergia entre los distintos ámbitos nacionales. En algunas áreas existe cierta coordinación entre las diferentes actividades de investigación en Europa. Se trata de ámbitos en los que la experiencia europea es escasa o en áreas

"La idea del Espacio Europeo de Investigación persigue la búsqueda de soluciones integrales a las carencias de la investigación y la ciencia en Europa frente a sus principales competidores".

muy especializadas, como es el caso de la fusión nuclear.

La idea del Espacio Europeo de Investigación pretende profundizar en el principio de apertura mutua de los programas nacionales y en el establecimiento de mecanismos de información recíproca, de información general sobre los objetivos y el contenido de los programas, así como facilitar las condiciones de participación en los mismos.

Asimismo, es interesante destacar la idea de que algunos programas de la Unión vayan dirigidos a aquellos sectores en los que ya existe una importante integración de los esfuerzos industriales, como el sector aeronáutico. La segunda derivada de este proceso consistiría en diseñar políticas industriales sectoriales que permitan en el futuro mayores sinergias en los esfuerzos investigadores de la Unión.

3.2. Refuerzo de las relaciones entre los distintos organismos europeos de cooperación científica y tecnológica

Existen una serie de organizaciones europeas de cooperación científica y tecnológica creadas durante las

últimas décadas, como la Agencia Espacial Europea, el CERN, la Organización Europea de Biología Molecular o la Fundación Europea para la Ciencia. Estas organizaciones deben afrontar una serie de problemas comunes, como la financiación y las relaciones con las instituciones de la Unión. Un Consejo periódico de sus altos responsables sería útil en la medida en que contribuiría a definir mejor sus respectivas áreas de trabajo, ofrecería a los europeos una imagen más coherente de la Europa de la ciencia y la tecnología y reforzaría la imagen hacia el exterior del sistema científico europeo.

3.3. Más información sobre los mecanismos indirectos de apoyo a la investigación

Las diferentes situaciones de los países y regiones de la Unión en el ámbito de los apoyos indirectos a la investigación pueden afectar de muchas formas a la competencia entre ellos. No se trata, por tanto, de prejuzgar si es conveniente una mayor utilización de los mecanismos indirectos, sino de desarrollar sistemas de información sobre los mecanismos existentes que faciliten la tarea a las personas y empresas interesadas en acceder a los programas. Lo que se necesita realmente es que la competencia fiscal entre Estados miembro sea lo más transparente posible.

3.4. Mayores estímulos para las inversiones de capital privado y la creación de empresas de alta tecnología

Durante la última década, las autoridades nacionales y regionales han tomado una serie de iniciativas para un mejor desarrollo del tejido empresarial de alta tecnología. La creación de parques tecnológicos, por ejemplo, ha tenido efectos muy localizados, pero indudablemente beneficiosos. Sin embargo, el índice de creación de empresas de alta tecnología con participación de los investigadores en el capital sigue siendo bajo en Europa.

Europa adolece de un nivel suficiente de inversión de capital de riesgo en sectores de alta tecnología. La creación de un verdadero Espacio Europeo de la Investigación hace necesario facilitar que las empresas innovadoras cuenten con el apoyo técnico, los recursos financieros y los conocimientos que precisan para desarrollarse.

3.5. Una adecuada protección para la propiedad intelectual

En el año 2000 el sistema europeo de patentes estaba basado en la expedición de patentes nacionales, válidas solamente en los Estados miembros para los que eran expedidas. El elevado coste de las patentes es percibido generalmente como uno de los grandes obstáculos al estímulo a la innovación tecnológica en Europa. La propuesta de la Comisión Europea para el establecimiento de una patente comunitaria podría suponer una reducción de los costes de aproximadamente el 20% respecto al sistema existente. Esta reducción provendría principalmente de la disminución de los gastos de traducción. Aunque las patentes seguirán siendo entre 2 y 4 veces más baratas en Estados Unidos y Japón, la propuesta de nuevo Reglamento es un paso más en la dirección correcta. La Oficina Europea de Patentes, situada en Munich, seguirá desempeñando un papel fundamental, al ser la encargada de concederlas.

3.6. Creación de una red de centros de excelencia científica

En determinados problemas de investigación fundamental y aplicada se requiere una masa crítica de recursos y la combinación de competencias de especialistas de disciplinas diferentes. Para resolver estas situaciones existen centros europeos destacados a nivel mundial con capacidad para generar conocimientos de gran valor. El problema surge cuando sus especializaciones concretas no son suficientemente conocidas más allá de las fronteras del país en el que están estableci-

dos. Se hace, por tanto, necesaria una cartografía de los centros científicos europeos más destacados para facilitar el nacimiento de nuevas colaboraciones en el ámbito científico.

Por otra parte, las nuevas tecnologías hacen posible el trabajo a distancia y la creación de auténticos "centros virtuales de excelencia

"La creación de un verdadero Espacio Europeo de la Investigación hace necesario facilitar que las empresas innovadoras cuenten con el apoyo técnico, los recursos financieros y los conocimientos que precisan para desarrollarse".

científica". De hecho, se trata de organizar grupos multidisciplinares y multinacionales con la participación de universidades, empresas y centros especializados⁵.

3.7. Desarrollo de infraestructuras europeas para la investigación

Los equipos de investigación europeos exploran de forma creciente disciplinas en las que grandes, complejas y costosas infraestructuras son absolutamente necesarias para la generación de resultados. Este tipo de infraestructuras existe en todos los Estados miembros pero sus costes de construcción y operación pueden ser elevados e incluso estar por encima de las posibilidades de un sólo país.

Aunque pueda parecer simplista, el correcto dimensionamiento de estas infraestructuras es fundamental para permitir su óptima explotación y continuidad a largo pla-

zo. La creación de un Espacio Europeo de la Investigación obliga a realizar una cuidadosa evaluación sobre la creación de nuevas infraestructuras, el funcionamiento de las existentes y el acceso a las mismas.

3.8. Utilización de las redes electrónicas

Internet se ha convertido en un apoyo fundamental para múltiples actividades de información y comunicación que han dado lugar a espectaculares evoluciones comerciales y es ahora empleada por millones de usuarios en todo el mundo. Las redes electrónicas han abierto a los investigadores una amplísima gama de posibilidades de trabajo, como el acceso a bases de datos y la manipulación de instrumentos a distancia. La Unión Europea debe recuperar terreno en este ámbito mediante la creación de redes específicas que respondan a las necesidades concretas de las universidades, los centros de investigación, las autoridades públicas y el sector privado, así como el reforzamiento de las redes ya existentes.

La utilización óptima y fructífera de las redes electrónicas puede conducir a la configuración de auténticos "institutos virtuales de investigación". Todas estas acciones deben ir acompañadas de la adecuada formación continua de los investigadores en el ámbito de las tecnologías de la información.

3.9. La ciencia y la técnica al servicio de los ciudadanos

Hoy en día la ciencia y la tecnología son fundamentales para la elaboración de las normativas, los procesos políticos de toma de decisiones, las negociaciones comerciales y los debates internacionales, por poner sólo algunos ejemplos. En su trabajo como legisladores y ante situaciones especialmente urgentes y problemáticas, los responsables políticos europeos se ven enfrentados, más a menudo de lo que se pueda suponer, a problemas complejos en los que intervienen multitud de intere-

⁵Comisión Europea, Comunicación de la Comisión, COM (2003) 58, de 05.02.2000, "El papel de las universidades en la Europa del conocimiento".

ses. Un adecuado asesoramiento científico puede dar a los ciudadanos y a los agentes económicos y sociales implicados una mayor seguridad, al mismo tiempo que contribuye a buscar soluciones para conflictos que pueden surgir entre asociaciones, grupos sociales y empresariales con intereses a menudo divergentes.

3.10. Más facilidades para la movilidad de los investigadores

Los investigadores europeos tienen mayores índices de movilidad que el resto de la población. Su tasa total de movilidad es de cerca del 5% de la población activa, frente a una media del 2% para el resto de categorías profesionales. Sin embargo, esta tasa de movilidad es todavía insuficiente para las necesidades de investigación del Espacio Europeo de la Investigación.

Al igual que la utilización de las redes electrónicas, la movilidad puede considerarse un elemento eficaz de difusión de conocimientos y formación de los investigadores. Sin embargo, hay múltiples barreras que es necesario salvar. La creación de un verdadero Espacio Europeo de la Investigación pasa por superar estas barreras y explotar al máximo la movilidad como instrumento de transferencia de conocimientos y tecnologías y de formación de los investigadores. Por otra parte, la movilidad de investigadores entre el mundo académico y el sector privado es uno de los medios más eficaces para innovar y conseguir que los nuevos conocimientos tengan una aplicación práctica.

3.11. El atractivo de Europa para los investigadores de terceros países

Las instituciones de investigación europeas no ofrecen a los investigadores de terceros países las mismas condiciones que las instituciones norteamericanas. Los trámites, las leyes y los idiomas varían entre los diferentes Estados miembro.

Es necesario que los programas de investigación nacionales y euro-

peos se vayan abriendo progresivamente a los investigadores y equipos de países no pertenecientes a la Unión. También es fundamental simplificar y armonizar aún más las normas y condiciones administrativas. Todas estas medidas tendrían un efecto añadido y contribuirían a fomentar el regreso a Europa de los investigadores que han completado su formación en

“La principal razón inspiradora del Sexto Programa Marco de la Unión Europea es lograr la construcción del Espacio Europeo de la Investigación para fortalecer el proceso de innovación en Europa, al mismo tiempo que los esfuerzos se coordinan con los que se hacen a nivel nacional y regional.”

terceros países.

3.12. El fomento de las vocaciones científicas

En la práctica totalidad de los países de la Unión Europea se observa un creciente desinterés por los estudios científicos y las carreras universitarias más directamente enfocadas a la investigación en ciencias "duras". La enseñanza de las ciencias en la escuela es un factor básico. Durante los primeros años de formación se adquieren las bases del conocimiento y de la comprensión de la ciencia y se adquiere la afición a las materias científicas y técnicas. Debe reforzarse la enseñanza de las ciencias en la Unión a todos los niveles educativos y aumentar los esfuerzos de sensibilización al respecto.

3.13. Refuerzo del papel de las mujeres en la investigación

Las mujeres representan la mitad de los licenciados universitarios y

en algunas disciplinas están mejor representadas que los hombres. Sin embargo, su presencia en la investigación europea no parece, por el momento, suficiente. En todos los Estados miembros se han tomado medidas para mejorar la situación y promover la presencia de las mujeres en el ámbito de la investigación. Los avances serán más rápidos si se toman medidas de forma coordinada a nivel nacional y comunitario.

3.14. El papel de las regiones en la investigación

Las diferencias entre regiones europeas en términos de producción de conocimientos científicos e innovaciones tecnológicas son importantes, aunque tienden a disminuir. Los fondos estructurales han ayudado a crear infraestructuras de investigación, parques científicos y tecnológicos. Uno de los ámbitos en los que las regiones son más activas es en el desarrollo de vínculos entre universidades, empresas y centros de investigación a nivel local. Es necesario analizar las posibilidades de otorgar un papel cada vez más importante a las regiones para adaptar las políticas de investigación e innovación al contexto socioeconómico territorial.

3.15. La adhesión de nuevos Estados miembro

La integración de nuevos Estados miembro en la Unión Europea tiene claras implicaciones en la creación de un Espacio Europeo de la Investigación. En el año 2000 estos países contaban con unos recursos para investigación muy limitados y unas estructuras de investigación distintas. La asociación de estos países al Quinto Programa Marco de investigación fue un primer paso para participar en los programas europeos en las mismas condiciones que los países de la Unión. Al igual que en otras políticas comunitarias, una mayor integración de los países del Este de Europa es básica para la credibilidad del propio concepto de Espacio Europeo de la Investigación.

4. El Sexto Programa Marco

En vista de la nueva dimensión integral que introduce el concepto de Espacio Europeo de Investigación, el Sexto Programa Marco de la Unión se plantea bajo esta óptica. La principal razón inspiradora de este nuevo Programa Marco es lograr la construcción del Espacio Europeo de la Investigación para fortalecer el proceso de innovación en Europa, al mismo tiempo que los esfuerzos se coordinan con los que se hacen a nivel nacional y regional.

Los principios en los que se basa el Sexto Programa Marco son:

— La integración de los esfuerzos y actividades de investigación a escala comunitaria y la concentración de los mismos en siete prioridades temáticas bien definidas, con el objetivo de crear un valor añadido europeo mediante la creación de "masas críticas". Las siete prioridades temáticas son las siguientes:

1. Ciencias de la vida, genómica y biotecnología aplicadas a la salud.
2. Tecnologías para la sociedad de la información.
3. Nanotecnologías y nanociencias, materiales multifuncionales basados en el conocimiento, y nuevos procedimientos y dispositivos de producción.
4. Aeronáutica y espacio.
5. Calidad y seguridad de los alimentos.
6. Desarrollo sostenible, cambio planetario y ecosistemas.
7. Los ciudadanos y la gobernanza en una sociedad basada en el conocimiento.

— El fomento de la innovación tecnológica, la explotación de los resultados de la investigación, la transferencia de conocimientos y tecnologías y la creación de empresas tecnológicas. Se trata de superar uno de los puntos débiles más evidentes de la Unión Europea en el ámbito de la investigación. Además, se contemplan acciones encaminadas a incrementar la movilidad de los investigadores, a aumentar el atractivo de Europa como destino, a promover la excelencia científica, a crear infraestructuras de investiga-

ción y optimizar su uso, así como a contribuir a un mayor diálogo entre los investigadores, empresarios, responsables políticos y ciudadanos en general.

— El fortalecimiento de las bases del Espacio Europeo de la Investigación mediante el desarrollo coherente de las diferentes actividades de investigación que se llevan a cabo en Europa. Se trata de estimular desde el ámbito comunitario una mayor coordinación de los esfuerzos investigadores a nivel regional, nacional y europeo.

"Los participantes han identificado el concepto de masa crítica con el hecho de llevar a cabo grandes proyectos en grandes consorcios. Sin embargo, el éxito de un proyecto depende de otros factores, como la prioridad temática, el área concreta de que se trate y el impacto potencial".

El Sexto Programa Marco introduce modalidades de ejecución con mayor libertad y flexibilidad para las empresas, los centros de investigación y las universidades que lleven a cabo tareas de investigación conjunta. Así, el Programa recoge lo que ahora se conoce como "nuevos instrumentos": los proyectos integrados y las redes de excelencia. Estos nuevos instrumentos se conciben con la idea de encontrar un adecuado equilibrio entre los objetivos de masa crítica, simplificación de la gestión, valor añadido europeo e integración de las capacidades de investigación.

5. Funcionamiento del Sexto Programa Marco

La evaluación del funcionamiento del Sexto Programa Marco es requisito indispensable para una correcta elaboración del Séptimo. Dicha eva-

luación ya ha comenzado y pueden adelantarse algunas conclusiones referentes a los instrumentos.

Los nuevos instrumentos han sido ampliamente utilizados en el total de los proyectos aprobados, un 77% del total, y se han manifestado como instrumentos extremadamente útiles para impulsar proyectos transfronterizos de investigación. Los proyectos integrados son el instrumento preferido por los solicitantes. El grado de participación de la industria en las redes de excelencia ha sido relativamente bajo, principalmente debido a la larga duración de los proyectos.

El tamaño de los proyectos se ha incrementado significativamente —principalmente debido al predominio de los nuevos instrumentos—, aunque la contribución de cada uno de los socios se ha mantenido prácticamente igual (unos 75.000 euros por participante y año para los proyectos integrados y 45.000 euros para las redes de excelencia).

Es llamativo el hecho de que parece haber una cierta confusión en los participantes por la definición de lo que se considera masa crítica y éste es uno de los aspectos más relevantes del informe del panel de evaluación. En él se pone de manifiesto que los participantes han identificado el concepto de masa crítica con el hecho de llevar a cabo grandes proyectos en grandes consorcios. Sin embargo, el éxito de un proyecto no depende de su masa crítica, sino de otros factores, como la prioridad temática, el área concreta de que se trate y el impacto potencial.

La participación de la industria se ha reducido considerablemente en términos relativos y lo mismo ocurre con las PYMEs. Los proyectos específicos de investigación pueden ser un instrumento más adecuado que los proyectos integrados por tener una masa crítica más pequeña y una duración menor, especialmente para las PYMEs y otros grupos empresariales de entidad menor.

Por último, subsisten problemas en los procedimientos administrati-

vos. Se aboga por una mayor simplificación de los mismos, así como de los procedimientos de control financiero. En ocasiones, estos costes pueden ser decisivos para la participación o la elección de los instrumentos. Esta situación refleja el coste que para la Comisión Europea tiene la gestión del Programa Marco. Parece que va tomando cuerpo la idea de crear una agencia ejecutiva para la gestión administrativa del próximo Programa Marco.

6. Próximas etapas en el ámbito comunitario


El proceso de evaluación del funcionamiento del Sexto Programa Marco seguirá su curso durante los próximos meses. En cualquier caso, la Comisión ya ha presentado algunas de sus intenciones con respecto al próximo Programa Marco. El Espacio Europeo de Investigación seguirá siendo un elemento central del mismo. En cuanto a los recursos disponibles, se verán sus-

tancialmente incrementados en coherencia con el objetivo político de la Unión de alcanzar un esfuerzo en investigación en 2010 equivalente al 3% del PIB para acortar la distancia con nuestros principales competidores.

La Comisión Europea tiene la intención de reforzar la complementariedad y utilización combinada del próximo Programa Marco y los Fondos Estructurales, aumentar los esfuerzos en investigación básica, crear un Consejo Europeo

“Los representantes españoles en las instituciones comunitarias deben estar atentos a los acontecimientos y trabajar para conseguir un Séptimo Programa Marco que corrija las deficiencias que se han detectado en el funcionamiento del Sexto”.

de la Investigación⁶ y reforzar los ámbitos del espacio y la seguridad⁷, entre otras cosas.

En cualquier caso, las prioridades políticas de la Unión deben ser diseñadas por el triángulo institucional de Bruselas. Los representantes españoles en las instituciones comunitarias deben estar atentos a los acontecimientos y trabajar para conseguir un Séptimo Programa Marco que corrija las deficiencias que se han detectado en el funcionamiento del Sexto. Y todo ello, por supuesto, con el ánimo de reforzar el Espacio Europeo de Investigación en beneficio de los ciudadanos de todos los estados miembros y, en particular, de España. 

⁶Comisión Europea, Comunicación de la Comisión, COM (2004) 9 final, de 14.01.2004, "Europa y la investigación fundamental".

⁷Commission of the European Communities, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM (2004) 590 final, 07.09.2004, "Security research: the next steps".

✉ R. Esco, A. Palacios, J. Pardo, A. Biete, J.A. Carceller, C. Veiras y G. Vázquez*

Infraestructura de la oncología radioterápica en España: resultados, conclusiones y reflexiones sobre la encuesta de 1999-2000

El propósito de este artículo es revisar el estado de la infraestructura de la oncología radioterápica en España partiendo de los datos publicados hasta la actualidad según los cuales, hasta el año 2000, nuestro país presentaba importantes deficiencias tanto a nivel de dotación de facultativos especialistas como de unidades de tratamiento.

Desde entonces, se ha realizado un considerable esfuerzo tanto por parte de las administraciones como de la inversión privada, en la apertura de nuevos departamentos de oncología radioterápica con sus correspondientes dotaciones humanas e instrumentales y en la sustitución de unidades de tratamiento obsoletas.

1. Introducción

En la actualidad, aproximadamente el 40-60% de los pacientes con cáncer puede curarse y de éstos, la radioterapia es la responsable de la curación en el 15% de los casos [1]. Asimismo, aproximadamente el 30% de todos los cánceres, exclu-

yendo el cáncer de piel, se curan mediante tratamiento local (cirugía, radioterapia, o ambas) [2]. Gracias al tratamiento multidisciplinar del cáncer que combina tratamientos locales (cirugía y radioterapia) con sistémicos (quimioterapia), se ha obtenido una mejoría en los resultados, manteniendo los mismos niveles de efectos secundarios y de tolerancia a los tratamientos.

Además de los tratamientos curativos, la radioterapia desempeña también un papel muy importante en los tratamientos paliativos. Entre el 40-50% de los tratamientos

efectuados en un Servicio de oncología radioterápica tienen esa finalidad. Este tratamiento es especialmente efectivo en la eliminación del dolor producido por las metástasis óseas y cerebrales y en la mejoría de la calidad de vida de los pacientes como consecuencia de su efecto reductor tumoral.

En una especialidad como la oncología radioterápica, los costes derivados de la adquisición de cada unidad de tratamiento y de la dotación de infraestructuras materiales y humanas de los servicios, hacen necesaria una correcta planificación.

*Servicios de oncología radioterápica de: R. Esco: Hospital Clínico Lozano Blesa, Zaragoza; A. Palacios: Hospital Reina Sofía, Córdoba; J.Pardo: Hospital General de Cataluña, Barcelona; A. Biete: Hospital Clínic, Barcelona; J.A. Carceller: Hospital Arnau de Vilanova, Lleida; C. Veiras: Hospital Oncológico de Galicia, A Coruña y G. Vázquez: Hospital Ramón y Cajal, Madrid.



► **Figura 1.** Radiofísico hospitalario preparando el control diario de la tasa de dosis de un acelerador lineal del Hospital General de Cataluña.

Cada país debería conocer tanto sus necesidades reales de unidades de tratamiento, como la situación real en la que se encuentran las ya existentes. Sin embargo, en la actualidad, no existen datos fiables ni ningún cálculo sobre el número ideal de unidades necesarias. En el estudio de Porter *et al* [3] de 1999, resultó evidente que la disponibilidad de unidades de tratamiento varía enormemente, desde más de 12 unidades de tratamiento por millón de habitantes en los Estados Unidos, hasta menos de 0,3 unidades por millón en la República Popular China.

Por consiguiente, es de suma importancia establecer algunos requisitos para obtener una correcta planificación. Un ejemplo de lo anterior es la publicación en 1997 del trabajo de Van Deal y Bos [4], en el que se realizó un análisis de la situación de la radioterapia en Holanda, la evolución de la adquisición de unidades de tratamiento y los déficit observados en sus infraestructuras.

Las dos ediciones del Libro Blanco de la oncología, establecieron las bases del equipamiento actual de nuestra especialidad y las necesidades que faltaban por cubrir [5]. Sin embargo, es necesario un esfuerzo constante para mantener la utilidad de los datos median-

te su periódica actualización, no sólo en relación con la situación global de la radioterapia, sino también en lo relativo a la evolución de las necesidades, ya que dicha evolución se ve afectada por factores como el aumento en la incidencia de cánceres, la aparición de nuevas indicaciones para la radioterapia, y, aun más, la mejora evidente en la calidad de vida y riqueza de una nación, que debería, al menos teóricamente, generar un aumento en los fondos destinados a la atención sanitaria y, en consecuencia, a la radioterapia.

2. Material y métodos

En junio de 1999, la Asociación Española de Radioterapia y Oncología (AERO), solicitó a su Comisión de Infraestructuras que realizase un análisis de la situación de la oncología radioterápica en España. Dicha comisión elaboró una encuesta, que se envió a todas las unidades de radioterapia españolas, cuyos objetivos principales fueron cuantificar las características estructurales básicas y las actividades clínicas, de investigación y de enseñanza de los departamentos de oncología radioterápica del país, y poder comparar los resultados obtenidos con los de un estudio anterior realizado en 1991-1992, que a su vez ya se habían

comparado previamente con los obtenidos en 1986. Los datos de la encuesta se obtuvieron el 31 de diciembre de 1999, e inmediatamente se registraron las proyecciones de expansión o sustitución de estructuras. Para analizar cualitativamente la atención prestada, se diseñó una segunda encuesta. Esta encuesta, que pretendía recoger datos cualitativos sobre los tipos de pacientes y las características de los tratamientos ofrecidos, fue enviada en octubre de 2000 a 20 centros nacionales, representativos de todos los niveles de complejidad estructural de los centros de radioterapia, y seleccionados en base a la informatización de sus actividades clínicas. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de todas las variables recogidas y calculadas. Se establecieron la media aritmética y la mediana como medidas de tendencia central, y la desviación estándar se utilizó como medida de dispersión. Se establecieron los percentiles para las variables posicionales, y las frecuencias para las variables cualitativas.

3. Resultados

Fueron analizados los datos de 84 centros, 57 de la Seguridad Social y 27 privados. El inventario de personal y dispositivos especializados a 31 de diciembre de 1998, y los pacientes que recibieron radiaciones durante este periodo se muestran en la tabla 1. Se contabilizó un total de 157 unidades de megavoltaje de irradiación externa, de las que 67 eran unidades de telecobaltoterapia y 90 eran aceleradores lineales. De los 84 centros incluidos en el censo, el 39% contaba exclusivamente con una unidad de megavoltaje, el 43% disponía de dos unidades, el 12% contaba con tres unidades, y el 2,4% y el 3,6% de los centros contaban con cuatro y cinco unidades, respectivamente.

La antigüedad media de las unidades de irradiación era de 13,6 años para las unidades de telecobaltoterapia, 4,5 años para los aceleradores lineales, 20,8 años para

● **Tabla 1. Estado de la oncología radioterápica en centros españoles (públicos y privados) en 1999 y comparado con el inventario de 1991-1992.**

Indicadores	1991-1992	1999	Aumento (n)
Centros (n)	77	84	7 (9)
Personal especializado (n)			
- Oncólogos Radioterápicos	291	392	101 (35)
- Técnicos de radioterapia	408	567*	148 (36)
- Técnicos de dosimetría	41	62	21 (51)
Maquinaria (n)			
- Unidades de cobalto	84	67	- 17 (-20)
- Aceleradores lineales (f)	6	17	11 (183)
- Aceleradores lineales (f+e)	40	73	33 (63)
- Total de unidades megavoltaje	130	157	27 (21)
- R. Ortovoltaje	19	8	-11 (-58)
- R. Superficial/de contacto	43	32	-11 (-26)
- Simuladores convencionales	45	54	9 (20)
- Unidades de braquiterapia	43	43	0 (0)
- Camas radioprotegidas	158	108	-50 (-32)
Pacientes irradiados por año (n)	39.524	53.097	13.573 (34)**

* Incluye enfermeros que realizan funciones de técnicos especializados en radioterapia.

** Actividad computada exclusivamente en 64 centros (de los 84 existentes).

las unidades de radioterapia superficial, y 10,4 años para los simuladores convencionales. No obstante, el 50% de las unidades de cobalto tenía más de 12,5 años, y el 50% de los aceleradores lineales tenían más de cuatro años.

3.1. Análisis comparativo entre los inventarios de 1991-1992 y 1998-1999

La tabla 1 analiza los datos estructurales básicos, comparándolos con el inventario realizado por AERO en 1991-1992 y obtenidos de la segunda edición del Libro Blanco [5], reflejando las variaciones existentes en número y porcentaje.

En 1998, existían siete servicios de radioterapia más que en 1991 (dos de la sanidad pública y cinco privados). El número de centros nuevos era superior a siete dado que algunas instalaciones cerraron durante dicho periodo. El 25% de los centros que practicaban radioterapia pertenecía a entidades sanitarias privadas: este porcentaje era del 21,5% en el inventario de 1991-1992.

El número de facultativos especialistas aumentó un 35%. Este aumento es equivalente al aumento del número de pacientes irradiados (34%), aunque el último porcenta-

je procedía de la actividad de sólo 67 de los 84 centros. Se observó un crecimiento equivalente en los trabajadores de atención sanitaria que administran la radioterapia.

Las unidades de irradiación externa aumentaron un 21%, una tasa inferior a la de pacientes irradiados. Sin embargo, podía representar un mejor rendimiento del tiempo utilizado para dichas unidades. Tal y como se esperaba, el número de unidades de cobaltoterapia descendió, con un crecimiento exponencial de los aceleradores lineales. Se esperaba también un descenso en las unidades de radioterapia superficial y las unidades de ortovoltaje. Sólo existían 32 en todo el territorio nacional. El grupo de los simuladores convencionales continuó aumentando (20%), y el número de centros en los que existía braquiterapia permaneció constante.

3.2. Productividad de las unidades de irradiación

Las unidades de cobalto funcionaron una media de $11,4 \pm 3,4$ horas al día, y los aceleradores lineales lo hicieron una media de $11,6 \pm 3$ horas al día. Hubo cierta confusión que podría haberse reflejado en los datos, en términos de si se cuantificaron las horas en las que las uni-

dades estuvieron abiertas u operativas para las irradiaciones. El 50% de las unidades, aceleradores lineales o terapia de cobalto, funcionó ≥ 12 horas al día. El número de pacientes irradiados por unidad de megavoltaje y el número total de sesiones y campos administrados anualmente se muestra en la tabla 2. Puede observarse una gran dispersión de la muestra analizada. Debe tenerse en cuenta la siguiente relación: 50% de las unidades de irradiación >466 pacientes anuales.

3.3. Datos clínicos

Los resultados de la encuesta se encuentran resumidos en la tabla 3. La media de edad de los pacientes tratados en los servicios de radioterapia fue de 62 ± 14 años. Dos índices informan indirectamente sobre el tipo de tratamiento suministrado: la relación sesiones/paciente y la relación campos/sesión. También en la tabla 3 se muestra el porcentaje de tratamientos realizados con fines paliativos y el índice de tratamientos con electrones. El número de tratamientos por especialista y año (independientemente de las tareas administrativas) fue de 179 ± 76 pacientes.

El 54% de los centros utilizó algún tipo de hiperfraccionamiento. De ellos, el 89% lo realizó en tumores de cabeza y cuello, el 67% en irradiaciones de cuerpo entero, y el 33% en carcinoma broncogénico. La pauta más común de tratamiento hipofraccionado fue de 30 Gy en 10 fracciones de 3 cGy en dos semanas, realizado en el 85,7% de los centros, y fue el tratamiento paliativo más utilizado en el 57% de los centros.

Cada centro recibió una media anual de 958 primeras visitas (mediana 867). La media anual de visitas sucesivas fue de 7.267 (mediana de 5.101 revisiones). La existencia de saturación en los departamentos de oncología radioterápica de la Seguridad Social provocó que el intervalo entre la recepción de la solicitud del trata-

miento y el inicio real del mismo variara entre un mínimo de 25,52 días (desviación estándar 14,59) y un máximo de 60 días.

3.4. Tasa de pacientes oncológicos irradiados

Los datos de las sesiones anuales de irradiación externa (excepto radioterapia superficial) fueron suministrados por 67 centros. Cincuenta de dichos centros asistían a una población total de 31.902.754 habitantes.

En estos centros de referencia (que daban cobertura al 80% de la población española), se realizaron 44.505 sesiones externas de irradiación. Utilizando los cálculos de incidencia del cáncer en España en 1998 (366 casos/100.000 habitantes), calculamos que fue irradiado el 38,1% de los cánceres.

En la comunidad autónoma de Andalucía, se registró la actividad de todos sus centros, públicos y privados. El resultado fue del 31,2%. Las cifras se calcularon exclusivamente utilizando el número de tratamientos realizados con radioterapia externa, sabiendo que una parte relevante de las solicitudes de braquiterapia son complementarias a dichos tratamientos.

3.5. Personal

En la tabla 1 se muestra el número de oncólogos radioterápicos y técnicos especializados en radioterapia (TER).

Se observa escasa presencia de dosimetristas, aunque se produjo un fuerte aumento (50%) en el periodo analizado. Los resultados muestran que 209 enfermeras o auxiliares clínicos trabajaron en calidad de TER. La cuantificación de dicha plantilla no fue individualizada en el análisis de 1991-1992, y por ello no puede realizarse un seguimiento de su evolución. La distribución de plantilla de acuerdo al régimen administrativo del centro se muestra en la tabla 1. El número de oncólogos radioterápicos que trabajaban en los centros encuestados fue de 392. Al analizarse los requisitos de especialistas de acuerdo a la población (AERO recomienda

Tabla 2. Rendimiento de unidades de irradiación en España (1998-99). Comparación con estándares internacionales.

Rendimiento	Unidades ⁶⁰ Co	Aceleradores lineales	Estándar
Horas de trabajo/unidad/día	11,48 ± 3,4	11,62 ± 3	10-12
Pacientes/unidad/día	473 ± 242	442 ± 212	± 409-491
Sesiones/unidad/año	9752 ± 6530	8723 ± 4231	
Campos/unidad/año	26069 ± 17103	26897 ± 14473	

Tabla 3. Indicadores característicos de tratamientos radioterapéuticos.

Indicadores	Índice español	Estándar
Tasa sesiones/paciente	21,7 ± 3,6	19-22
Tasa campos/sesión	2,7 ± 0,5	-
Tratamiento paliativo (%)	27,7 ± 11,1	40-50
Tratamientos/facultativo/año	179,1 ± 76,3	140
Índice de uso de electrones (%)	13 ± 4,7	-

17 oncólogos radioterápicos por cada millón de habitantes [6]), puede observarse que España presentaba un déficit de 297 especialistas. Sin embargo, sería una falacia recomendar un aumento en el número de especialistas antes de que existiera un número suficiente de unidades de megavoltaje. Además, los oncólogos radioterápicos tienen otras tareas comunes a la especialidad, y éstas se añaden a la realización de irradiaciones externas (braquiterapia, hospitalización, etc.). El número de especialistas por unidad de megavoltaje de irradiación externa fue de 2,6 ± 0,9.

3.6. Tecnología actual

Los porcentajes de centros con técnicas o tecnologías de última generación en las fechas de la encuesta se presentan en la figura 2. Se consideró que los centros sin dichos parámetros no se encuentran en posesión de dichas técnicas o tecnologías. Así pues, se presentaron como

criterios de la encuesta las tasas globales, antes que los datos absolutos. Entre el 25% y el 34% de los centros del territorio español contaba con tecnologías que eran nuevas en 1998, pero que en la práctica deberían ser estándar en la actualidad. En lo relativo a técnicas especiales, se efectuó radioterapia intraoperatoria en el 10,7% de los centros, la radiocirugía en el 28,6%, y la hipertermia se encontraba disponible en tres centros.

4. Discusión

4.1. Datos para una correcta planificación

Los datos proporcionados deberían ser considerados como los mínimos necesarios. Por lo tanto, el rango no debería limitarse por la parte superior. No obstante, para el número de unidades, utilizamos una clasificación dependiente de las ho-

Recursos tecnológicos	
Visión Portal	28,6
Red de comunicación integrada en base de datos	26,2
Colimador Multihojas	25
Acceso a TAC	63,1
TAC propio del servicio de radioterapia	17,9
Simulación Convencional	64,3
Simulación Virtual	33,3
Planificación Tridimensional	65,5
% del total del número de centros	

Figura 2. Cuantificación de la tecnología disponible en España en 1999.

● **Tabla 4. Resumen de datos relevantes publicados relativos a diferentes indicadores en radioterapia.**

Indicadores	Recomendaciones del Segundo Libro Blanco [5]	Recomendaciones y encuesta en Holanda [4]	Recomendaciones y encuesta europea* [8]	Recomendaciones GAT 1994 [7]	OMS, 1999 [3]
Incidencia	400/100.000	401 en mujeres 357 en hombre		322 en mujeres, 406 en hombres Total de 363,6	
RT (%)	60-50	60			
Pacientes/máquina	10 h/375, 12h/450	395	506 (400-600)	386 (300-320)**	
Paliativo/curativo (%)	60/40	50/50			
Máquinas/habitantes	5/millón	5/millón			5/millón para pacientes con renta <i>per capita</i> de 900.000 pesetas; 2/millón para pacientes con renta <i>per capita</i> de 180.000-900.000 pesetas
Personal médico	175-200***	177	263 (200-300)		
Facultativos/millón	11-12				
TER	25/millón		28/millón		
Sesiones/paciente		19		(22-25)	
Campos/paciente		40	40		
Simuladores de paciente			1.192 (900-1200)		
Sesiones/año				(7.000)	
Campos/año				(10.000-15.000)	
Campos/sesión				(2-2,5)	

* Intervalos en paréntesis.

** Estándares internacionales en paréntesis

***Instituto Norteamericano del Cáncer, si se trata de centro de enseñanza: 187,136; Libro Blanco Francés 250-300

Abreviaturas: GAT = Grupo Asesor Técnico; OMS = Organización Mundial de la Salud; RT = Radioterapia; TER = Técnicos especialistas en radioterapia.

ras de trabajo.

Para determinar si la situación de la oncología radioterápica era la correcta en España, sólo necesitamos comparar los estándares nacionales con los internacionales para así observar las deficiencias de la situación actual y los puntos fuertes.

Para tal fin, se comenzó con una encuesta sobre la situación actual y se compararían los hallazgos con los niveles estándar. La dificultad surgió en el momento de obtener las cifras estándar relativas a la radioterapia, dado que dichas cifras no existían como tales, y aparentemente existía cierta disparidad. Sin embargo, debido a que el objetivo de este estudio no era solamente conocer en qué situación nos encontrábamos, sino hacia dónde nos deberíamos dirigir, se trataba de una cuestión imperativa conocer las perspectivas de la oncología ra-

dioterápica.

Para ello se analizaron las recomendaciones presentadas en el segundo Libro Blanco sobre oncología [5], al igual que los diversos datos publicados en Europa relativos a las cifras y cargas de trabajo. De forma intencionada, se analizaron las cifras europeas a pesar de ser escasas, dado que dichas cifras representan la perspectiva hacia la que nos dirigimos en radioterapia y, además, la convergencia con Europa debería permitirnos armonizar los estándares. Los datos procedentes de varios artículos publicados se muestran en la tabla 4 [3-5, 7, 8].

A partir de los datos disponibles, era necesario definir ciertas cifras para establecer un marco de trabajo teórico, comparar nuestra situación con el marco de trabajo teórico, y finalmente diseñar un

plan de futuro.

En lo relativo a la incidencia del cáncer, la cifra mostrada en el Segundo Libro Blanco de oncología para la proyección de nuevos casos fue de 400 nuevos casos anuales por cada 100.000 habitantes. Esta cifra es muy similar a las proyecciones del informe del Grupo Asesor Técnico [7] que fueron presentadas en varios estudios internacionales, de modo que su utilización parece razonable. La población de nuestro país, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística, era de 40.202.160 habitantes a 1 de enero de 1999. Por ello, la incidencia anual esperada de cáncer, excluyendo el cáncer de piel, sería de 106.808 nuevos casos.

En relación con el porcentaje de pacientes que deberían recibir radioterapia, se encontraron algunas discrepancias y las cifras varían en-

tre el 37% y el 60%. El análisis detallado de las fuentes de información reveló que los datos procedían de encuestas, en vez de proceder de datos registrados. Esto fue interpretado como una incapacidad para cubrir la demanda potencial de servicios debido a la falta de recursos, y en consecuencia, el número de pacientes que necesitaba irradiaciones se encontraba por debajo de los cálculos teóricos. Sin embargo, existió un acuerdo en que el porcentaje total para el que se recomendaba la radioterapia era del 60% de las incidencias de cáncer, incluyendo los casos nuevos y los antiguos. Por todo ello, deberían ser tratados 96.485 pacientes al año (incluyendo casos nuevos y antiguos).

4.2. Unidades necesarias de radioterapia externa

En relación con las unidades de tratamiento necesarias, existen varios métodos disponibles para realizar el cálculo. Se calcula que la capacidad de las unidades de tratamiento es de 4 pacientes por hora de tratamiento efectivo [5]. En este cálculo no se incluyen técnicas de tiempo específico (radiocirugía, tratamiento estereotáxico fraccionado, irradiaciones de cuerpo completo e irradiaciones cutáneas totales) para las que dichos criterios de tiempo no son válidos debido a que dichas técnicas son más laboriosas y requieren más tiempo de tratamiento procedente de una unidad.

4.3. Datos referidos al año 2000 y revisiones de dichas cifras

Lo ideal sería que una unidad tratara pacientes entre 10 y 12 horas al día. Una utilización menor debería considerarse como una infrutilización y la dedicación de más tiempo supone un envejecimiento prematuro de la unidad con un aumento del tiempo de parada debido a averías. A este tiempo de tratamiento, deberían añadirse dos horas como mínimo para las comprobaciones diarias necesarias, descansos del personal, cambios de turno y cierre de las unidades. De-

► **Tabla 5. Cálculos mínimos respecto de la población en el año 2000 para diferentes indicadores de radioterapia.**

Incidencia	400/100.000 habitantes
Casos/millón (n)	4.000
Radioterapia (%)	60
Pacientes/millón para radioterapia (n)	2.400
Población española (2000) (n)	40.202.160
Nuevos casos (n)	160.808
Pacientes para radioterapia (n)	96.845
Pacientes/unidad de tratamiento (n)	409-491
Unidades/millón	4,88-5,66
Unidades existentes (n)	201
Simuladores	1 por cada 3 unidades de megavoltaje

bido a estos hechos, por cada 10 horas de trabajo real, son necesarias 12 horas de funcionamiento, y para 12 horas de trabajo netas, son necesarias 14 horas de funcionamiento. De ese modo, una unidad de tratamiento que funciona 10 horas al día podría tratar 40 pacientes al día, y con 12 horas podrían tratarse a 48 pacientes. Si contamos con un 10% del tiempo de trabajo del total del día de trabajo para la realización de inspecciones y pausas, nos quedan solamente 225 días de trabajo reales al año. Dado que la duración media del tratamiento de radioterapia es de 22 días, una unidad puede realizar entre 409 y 491 tratamientos al año, utilizando respectivamente el criterio de 10 ó 12 horas.

Para el territorio español, teniendo en cuenta la incidencia y el porcentaje de pacientes que deben recibir radioterapia (tabla 5), según nuestros cálculos son necesarias de 4,88 a 5,66 unidades por millón de habitantes. Por todo ello, España necesitaba 201 unidades de tratamiento. Además, la cifra también debería depender de criterios geográficos, y en zonas con una población muy dispersa podría resultar adecuado disminuir el número de pacientes por unidad y no obligar a los pacientes a realizar largos viajes para acceder al tratamiento. No obstante, estas situaciones deberían tratarse caso por caso, dado que no sólo influye la distancia sino también las infraestructuras de comunicación.

La Organización Mundial de la

Salud, en un informe de 1999 [3], recomendó 5 unidades por millón de habitantes para países con una renta per capita > 900.000 pesetas; España tenía entonces una renta per capita de 1.870.000 pesetas (aproximadamente el doble que la cifra indicada).

Debido a la escasez de unidades de tratamiento, para analizar la situación de la radioterapia en nuestro país, resultaría interesante conocer algunos datos relacionados con las cargas de trabajo. En la tabla 3, los datos hacen referencia a la media de sesiones por paciente. El número de tratamientos paliativos era inferior al esperado debido a que el reducido número de unidades de tratamiento disponibles no permitía la inclusión de pacientes para tratamientos paliativos.

La consecuencia de la escasez de unidades de tratamiento era la existencia de lista de espera para comenzar el tratamiento. Observamos que el tiempo medio de espera entre la recepción de la solicitud y el comienzo de la radioterapia era de 22,5 días. La Asociación Canadiense de Radiooncólogos recomendó en 1994 que el intervalo de tiempo entre la recepción de la solicitud y el comienzo del tratamiento fuera de 2 semanas [9]. Las repercusiones del tiempo de espera para iniciar el tratamiento no han sido suficientemente estudiadas. Vujovic *et al* [10] no halló diferencias estadísticas significativas relacionadas con el control de tumores debido a los tiempos de espera para

► **Tabla 6. Cálculos de tiempo para cada facultativo en el tratamiento de pacientes.**

Procedimiento: Evaluación inicial, decisión terapéutica	1h 30 min
Acción: Realización de historia y tiempo destinado al comité y consultas, solicitud de consentimiento informada y examen físico	
Procedimiento: Localización, plan de irradiación y simulación	2 h.
Acción: Simulación, determinación de volúmenes, decisión de dosimetría, verificación de chip, comprobación de primer día, imagen portal y verificación	
Procedimiento: Realización del tratamiento	30min.
Acción: Comprobaciones en la sala de tratamiento, correcciones necesarias	
Procedimiento: Comprobación de tratamiento	1 h.
Acción: Comprobaciones necesarias durante el tratamiento, media de 20 sesiones, alcanzando una cifra de 4 revisiones de 15 min	
Procedimiento: Evaluación final	30 min.
Acción: Fin del informe de tratamiento, revisión y evaluación de resultados y toxicidad	
Procedimiento: Seguimiento	3h 45 min.
Acción: Consultas de seguimiento a una media de 3/año durante 5 años y teniendo en cuenta que ciertos hallazgos patológicos (mama, próstata) tienen un periodo de seguimiento mayor, y teniendo en cuenta también que algunas patologías como la de pulmón pueden tener periodos más cortos con visitas de seguimiento más frecuentes: 15 visitas, 15 min cada visita	
Total:	9 h 15 min.*

*Como media, incluyendo tratamientos radicales y paliativos.

radioterapia < 12 vs. > 12 semanas.

No obstante, en otros estudios [11,12] parecía existir una relación entre un retraso en el momento de inicio de la radioterapia y el control local de las etapas iniciales del cáncer de mama, aunque el análisis se refería a pacientes que iniciaron la quimioterapia, y se retrasó la radioterapia hasta que la quimioterapia hubiera finalizado.

Parece evidente que se requieren amplias pruebas para establecer el impacto que el retraso en el inicio de la radioterapia, o sea la existencia de las listas de espera, ejerce sobre las tasas de remisión. Parece también que los estudios deberían realizarse para distintos tipos de tumores dado que los resultados no pueden extrapolarse de un tipo de tumor a otro. Asimismo, son necesarios amplios estudios relativos a las características de los diferentes tumores, como por ejemplo: duplicación de tumores, existencia de tumores activos, carga clonogénica activa, etc. Teniendo presente que las interrupciones de los tratamientos parecen empeorar el control de la enfermedad dado que permiten el crecimiento del tumor, parecería que los retrasos injustificados dificultarían la mejora

de la tasa de remisión.

4.4. Necesidades del personal: facultativos

Para establecer un cálculo correcto del número de facultativos necesarios, debía tenerse en cuenta el tiempo total destinado a la atención a un paciente (9-10 horas; tabla 6), conforme al Real Decreto 1566/1988 de Garantía y Calidad en Radioterapia. Observamos que el tiempo dedicado a cada paciente era de 9 horas y 15 minutos, a dicha cantidad de tiempo deberían sumarse los periodos dedicados a desplazamientos dentro del hospital, las sesiones clínicas, la enseñanza, y un tiempo mínimo dedicado a tareas de investigación. Así pues, calculamos que un paciente utiliza 10 horas de trabajo de un facultativo (incluyendo tratamiento radical y paliativo) en una estancia en el departamento de oncología radioterápica. Si tenemos en cuenta que el tiempo legal de trabajo anual es de 1.645 horas, cada facultativo podría realizar la atención completa de 165-185 pacientes al año.

No todo el tiempo de un facultativo puede dedicarse a tareas de atención directa, y parte del tiempo se utiliza para las tareas administrativas de cada jerarquía médica. Por

ello, se recomienda que un facultativo especialista debería tener el 20% de su tiempo descontado del tiempo de atención sanitaria, para dedicarlo a tareas de garantía de calidad y administrativas. Para un jefe de sección, la necesidad sería del 40%, y para un jefe de servicio, la necesidad sería del 80%. Así pues, la capacidad de un facultativo especialista sería de 132-148 pacientes al año. Para un jefe de sección: 99-111 pacientes, y para un jefe de servicio: 33-37 pacientes. Si el servicio cuenta con área de hospitalización propia, debería añadirse un facultativo más dedicado a la atención de los pacientes ingresados.

Este facultativo gestiona complicaciones o problemas médicos difíciles. En departamentos que realicen tratamientos braquiterápicos, debería añadirse un facultativo por cada unidad de braquiterapia o trazadora de fuentes para las divisiones en las que existen unidades de carga atrasadas.

Tal y como se indica en la tabla 7, para nuestros cálculos se utilizó la cifra de 140 nuevos pacientes por año y facultativo; cifra similar a la publicada por el Instituto Nacional norteamericano para el Cáncer (136 para hospitales con docencia), pero inferior a la cifra del estudio

holandés (177) (tabla 4). En el estudio europeo, 263 pacientes no es una cifra recomendada, pero es la de la situación real. Consideramos que esta aparente disparidad puede ser el resultado de la falta de personal auxiliar en los departamentos de oncología radioterápica españoles, lo que hace que gran parte del tiempo de los facultativos tenga que ser dedicado a tareas que podrían ser realizadas por otros profesionales, como por ejemplo: TER y enfermeros.

En ese caso, el facultativo de oncología radioterápica se limitaría a desempeñar una función de supervisión en determinadas tareas, y por ello, las relaciones discutidas anteriormente se mejorarían dado que los tiempos asignados a cada procedimiento disminuirían.

Teniendo en cuenta que el número de pacientes que necesitan radioterapia es de 2.400 por cada millón de habitantes, se calculó que se necesitaban 17 oncólogos radioterápicos por cada millón de habitantes, resultando un total de 689 para el territorio español.

Comparación de la situación española con los estándares actuales

Cuando comparamos nuestros datos (tabla 8) con los estándares mencionados, encontramos que existían 157 unidades, pero el número ideal para cubrir la demanda existente sería de 201 unidades. Así pues, en el mejor de los casos, sólo existe el 78% de las unidades necesarias. Además, la plantilla disponible constituía sólo el 56% de la necesidad calculada, y no sólo en lo relacionado con facultativos, sino también en lo relativo a TER y enfermeros. Antes hemos mencionado que la relación en España entre oncólogos radioterápicos y pacientes era un tanto baja debido a la evidente falta de personal auxiliar en nuestros servicios, el 44% de la cifra ideal. En lo relativo al número de pacientes irradiados, las cifras de incidencias que se utilizaron indicaron que sólo el 33% de los pa-

► **Tabla 7. Estándares de Planificación.**

Incidencia	4000/millón
RT (%)	60
Unidades/millón (n)	5
Sesiones/paciente (n)	19-22
Campos/paciente (n)	40
Tiempo del facultativo/paciente (h)	10
Facultativos especialistas	132-148 pacientes/año
Jefes de Sección	99-111 pacientes/año
Jefes de Servicio	33-37 pacientes/año
Media de pacientes/facultativo/año para propósitos de cálculo (n)	140
Radiooncólogos/millón (n)	17
Radiooncólogos para España (n)	689
TER/unidad (n)	4
TER necesarios/unidad en España	201 x 4 = 804
Añadir uno por cada simulador y otro por taller de moldes (84 centros) (n)	168
Total de TER para radioterapia externa (n)	972
Total de enfermeros para la plantilla existente (n)	144

Abreviaturas: las mismas que en la tabla 4.

cientes de cáncer fueron irradiados durante el periodo del estudio. Este era un porcentaje extremadamente bajo y que ni siquiera alcanza la peor cifra publicada en los años 80 (34% [4]), aunque es cierto que los datos disponibles representaban el 80% de los centros de radioterapia. Realizando unos cálculos optimistas, la extrapolación de los datos supondría que 65.536 pacientes (ó el 39% de los nuevos pacientes diagnosticados) estarían siendo sometidos a irradiaciones. Así pues, la falta de unidades resultaba en un importante porcentaje de pacientes que no reciben radioterapia. Final-

mente, la cifra del 33% se encontraba muy lejos de la del 60% del número total de pacientes con cáncer, siendo esta cifra el objetivo a lograr.

Cuando analizamos el porcentaje de pacientes paliativos irradiados (tabla 3), se observó que el déficit se centraba fundamentalmente en los tratamientos paliativos, y por ello, la indicación de radioterapia paliativa en nuestro país se encontraba a niveles por debajo de los óptimos, debido a la falta de unidades de tratamiento.

La consecuencia era que al intentar ahorrar en las inversiones

► **Tabla 8. Comparación de datos del estudio con los estándares para planificación y con la situación real.**

Indicadores	Global (n)	Estándares (n)	Diferencia
Centros	84		
Plantilla especializada			
Oncólogos Radioterápicos	392	689	-297 (44%)
Técnicos en radioterapia, incluyendo enfermeros	629	1116	-487 (44%)
Maquinaria			
Unidades telecobaltoterapia	67		
Aceleradores lineales (f)	17		
Aceleradores lineales (f + e)	73		
Total de unidades de megavoltaje	157	201	-44 (22%)
Pacientes con irradiaciones externas/año (actividad computada sólo en 67 centros de los 84 existentes)	52.947	96.485	54% 33% de los indicadores totales
Extrapolación para 84 centros	63.536		

que representarían la adquisición de nuevas unidades de tratamiento, los gastos farmacéuticos estaban aumentando; tratamientos farmacológicos que se estarían evitando con el uso de radioterapia. A tal efecto, desearíamos señalar que la radioterapia puede tener un coste de más de 600 euros en España (13), y esos tratamientos se sustituyen por tratamientos con corticosteroides, anti-inflamatorios, analgésicos, clodronato, omeprazol, e incluso quimioterapia paliativa.

Asimismo, analizamos la distribución de unidades de tratamiento en el territorio nacional y observamos considerables diferencias regionales. Algunas comunidades autónomas como, por ejemplo, Castilla-La Mancha, tan sólo disponían de una unidad de tratamiento de las nueve necesitadas. En la lista de comunidades con falta de recursos, se encontraba también Murcia, con un déficit del 67% (faltaban cuatro unidades de las seis necesarias), y Aragón, con una cobertura de sólo el 50% de sus necesidades y con un déficit de tres unidades. Resultaba sorprendente que las tres comunidades con la menor cobertura se encontraban entre las comunidades en las que la atención sanitaria dependía del gobierno central.

Finalmente, para cerrar el capítulo de las unidades de megavoltaje: la antigüedad media de las unidades de telecobaltoterapia era de 13 años, lo que sugería que los esfuerzos de inversión no sólo deberían dirigirse hacia la adquisición de nuevas unidades, sino también hacia la sustitución de todas las unidades de cobalto. Debido a esto, podría calcularse que serían necesarias 111 unidades en los próximos años para sustituir las unidades de cobalto existentes y cubrir la demanda generada.

Asimismo, existía una falta importante en el balance de la distribución de los recursos en España, dado que incluso aunque el 78% de la necesidad de unidades fue cubierto, sólo se cubrió el 56% de las necesidades de facultativos y personal auxiliar. Esto provocaba una carga adicional que dificultaba la realización del trabajo de acuerdo a los estándares de calidad deseados y esperados. Además, este déficit no contemplaba la necesidad de enfermeros para la realización de visitas ni la de personal administrativo, lo que hace ya que el personal existente resulte escaso para la realización de otras tareas. Creemos que la adecuada distribución del personal, no sólo del administrativo

sino también del personal dedicado a la atención del paciente, reduciría la carga de trabajo de la plantilla actual y le permitiría mejorar su productividad de forma considerable. Esto resultaría especialmente evidente entre los Oncólogos Radioterápicos que ahora dedican una importante parte de su tiempo a cubrir las deficiencias en otras categorías de personal.

En relación con el número de unidades por departamento: parece que podría existir cierto desaprovechamiento de recursos teniendo en cuenta que sólo el 17,9% de los departamentos disponía de 3 ó más unidades, y sólo el 11,9% de los departamentos de oncología radioterápica contaba con 3 o más unidades de megavoltaje. Esta parece ser la cifra óptima para hacer que el resto de los equipos (simuladores, planificadores) resultase económicamente productivo. No obstante, debido a las peculiaridades geográficas de España, con poblaciones extremadamente dispersas en algunas zonas, la existencia de centros de menor tamaño es comprensible para cubrir la necesidad de una determinada área sin que sus habitantes realicen desplazamientos extremadamente largos.

El retraso entre la recepción de las solicitudes de radioterapia y el inicio real de la misma es como media de 25,5 días. Si tenemos en cuenta que por cada día de tratamiento perdido, se producía una pérdida de posibilidades del 1,5% en el control de tumores de cabeza y cuello (única ubicación documentada en la bibliografía). A pesar de que no existen datos disponibles en relación con el retraso en los tratamientos (9-12), si realizamos una extrapolación desde los datos disponibles, se observaría una probabilidad del 38,28% de que se perdiera la capacidad de controlar un tumor. Así pues, si aproximadamente el 15% de los tumores son curables mediante radioterapia, se podría afirmar que el porcentaje se vería reducido al 9,7%.



► Figura 3. © Hospital Ramón y Cajal de Madrid.

Conclusión

Tomando como referencia la encuesta de infraestructuras realizada en 1999, en España, eran necesarias 44 unidades de megavoltaje y la sustitución de 67 unidades de cobalto para alcanzar los niveles de atención sanitaria que permitirían cubrir las necesidades de radioterapia. La falta actual de unidades estaba teniendo un fuerte impacto especialmente en los tratamientos paliativos, aumentando el coste farmacéutico dado que los pacientes requieren tratamientos alternativos. Existían enormes diferencias entre regiones, con deficiencias más evidentes en las comunidades autónomas en las que la atención sanitaria se encontraba gestionada desde el

gobierno central. Mientras estas deficiencias de instrumental no sean resueltas, las listas de espera continuarán siendo inherentes al sistema. También existían importantes deficiencias en lo relativo a la cantidad de personal. Eran necesarios 297 radiooncólogos y 487 técnicos especializados en radioterapia para cubrir las necesidades actuales. Asimismo, era necesario un aumento del personal de enfermería, especialmente formado para gestionar las consultas de enfermería de radioterapia.

Esta era, pues, la situación de la infraestructura de la radioterapia en España de acuerdo con los datos de la última encuesta realizada.

Somos conscientes que desde su

fecha de publicación se ha realizado un considerable esfuerzo, tanto por parte de las distintas administraciones como de la inversión privada en la apertura de nuevos departamentos de oncología radioterápica con sus correspondientes dotaciones humanas e instrumentales y en la sustitución de unidades de tratamiento obsoletas. Se hace imperativo, pues, la realización de una nueva encuesta de infraestructuras para evaluar la repercusión de las inversiones y los esfuerzos realizados en la cobertura de las necesidades asistenciales de la oncología radioterápica en nuestro país y para poder disponer de datos actualizados que posibiliten su adecuada planificación. 

Referencias

- [1]. Steel G, *Basic clinical radiobiology*. London: E. Arnold; 1993.
- [2]. Shouhami R, Tobias J. *Cáncer and its management*. Oxford: Blackwells; 1986.
- [3]. Porter A, Aref A, Choudounsky Z, et al. *A global strategy for radiotherapy; A WHO Consultation*. Clin. Oncol. 1999; 11: 368-370.
- [4]. Van Deal WAJ, Bos M. *Infrastructure for radiotherapy in the Netherlands. Development from 1970 to 2010*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1997; 37: 411-415.
- [5]. Cortés F, Díaz R, García V, et al. *Segundo Libro Blanco de la oncología Española*. Madrid: ENE Publicidad; 1995.
- [6]. Esco R, Pardo J, Palacios A, et al. *Final report from the Spanish Society of Radiotherapy and Oncology. Infrastructures Commission about department standards recommendable in radiation oncology*. Vienna: IAEA C& S Paper Series 7; 2001. p. 897-901.
- [7]. Biete A, Esco R, Santos JA. *Documento GAT para la radioterapia*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo; 1994.
- [8]. Betraier J, Horiot JC, Bartelink J, et al. *Profile of radiotherapy departments contributing to the Cooperative Group of Radiotherapy of European Organization for Research and Treatment of Cáncer*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1996; 34: 953-960.
- [9]. Mackillop W, Fo H, Quirt C, et al. *Waiting for radiotherapy in Ontario*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1994; 30: 221-228.
- [10]. Vujovic O, Perere F, Dat R, et al. *Docs delay in breast irradiation following conservation breast surgery in node negative breast cancer patients have an impact on risk of recurrence*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1998; 40: 869-874.
- [11]. Buchholz T, Austin-Seymour M, Moe R, et al. *Effect of delay in radiation therapy in the combined modality treatment of breast cancer*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1993; 26: 23-25.
- [12]. Benz V, Ho V, Fortin P, et al. *Predictors of delay in starting radiation treatment for patients with early stage breast cancer*. Int J Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1998; 41: 109-115.
- [13]. Curroquino MA, Esco R. *Cálculo de costes de los tratamientos de radioterapia con unidades de megavoltaje (teleterapia) basadas en las actividades*. Proceso Gráfico Total. Zaragoza: 1998.

La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2003. Estudio Sectorial

Este informe contiene la información elaborada por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional, Área de Protección Radiológica de los

Trabajadores, en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevada a cabo sobre las personas expuestas en nuestro país a lo largo del año 2003.

La información contenida en el informe es de carácter sectorial y tiene por objetivo realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes.

En este informe se han utilizado los datos obtenidos del Banco Dosimétrico Nacional (BDN), a partir de las dosis individualizadas asociadas al tipo de instalación y trabajo en los cuales los trabajadores expuestos han recibido dichas dosis.

Se han considerado los cuatro ámbitos de trabajo característicos del BDN: instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo de combustible y residuos y otras instalaciones.

En el ámbito de instalaciones radiactivas se han considerado distintos tipos de trabajo agrupados bajo la clasificación más generalizada de instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales. Para el ámbito de centrales nucleares se presentan los datos distinguiendo entre el personal de plantilla y de contrata. En el ámbito de otras instalaciones se han considerado los centros de investigación y/o docencia, las entidades de transporte y el personal expuesto perteneciente al Consejo de Seguridad Nuclear.

La información aportada incluye datos de dosimetría externa, correspondientes a cada uno de los sectores citados con anterioridad, y de dosimetría interna, correspondientes a los sectores de centrales nucleares y ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento.

Dentro de las conclusiones de este informe se ha incluido la comparación de los resultados dosimétricos correspondientes al año 2003 con los relativos al periodo comprendido entre los años 1999 y 2003 a fin de evaluar la tendencia experimentada a lo largo del tiempo en relación con la vigilancia y control dosimétrico de los trabajadores expuestos (TE) en España.

Como hecho destacable cabe mencionar que, aunque el límite reglamentario de dosis efectiva para personal expuesto es de 100 mSv durante todo periodo de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial, el 98,52 % de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año, el 99,93% ha recibido dosis inferiores a 20 mSv/año y el 99,99 % ha recibido dosis inferiores a 50 mSv/año.

El 0,01 % de los trabajadores restantes (12 trabajadores perte-

necientes todos ellos a instalaciones radiactivas) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el reglamento. Asimismo, la dosis individual media por sectores no supera en ningún caso el valor de 5 mSv/año.

Se efectúa a continuación un estudio comparativo entre los diferentes sectores establecidos considerando tres elementos básicos de análisis y evaluación:

- Número de trabajadores expuestos.
- Dosis colectiva y dosis individual media.
- Número de trabajadores expuestos con dosis inferiores a 5 mSv/año y con dosis superiores a 20 mSv/año.

A la hora de valorar los resultados hay que tener en cuenta que en el año 2003 estaban en funcionamiento dos reactores nucleares de tipo BWR (Garofa y Cofrentes) y siete reactores nucleares de tipo PWR (José Cabrera, Almaraz I y II, Ascó I y II, Vandellós II y Trillo); además, la central nuclear Vandellós I se encontraba en proceso de desmantelamiento.

Asimismo, se realizaron operaciones de recarga en las siguientes centrales nucleares en operación: José Cabrera, Santa María de Garofa, Almaraz (unidades I y II),

Ascó (unidad I), Trillo, Vandellós II y Cofrentes.

En lo que se refiere a las instalaciones del ciclo de combustible, en 2003 estaban en operación la fábrica de combustible de Juzbado, la planta Quercus de producción de concentrados (en fase de Parada de Actividades productivas) y la instalación de almacenamiento de residuos de Sierra Albarrana (El Cabril).

En lo que se refiere a la dosis colectiva, el número de personas expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente durante el año 2003 asciende a 89.004 a las que corresponde una dosis colectiva de 37.914 mSv.persona, que se distribuyen sectorialmente como se refleja en la tabla 1.

La mayor contribución a la dosis colectiva de los trabajadores expuestos (TE) corresponde a las instalaciones radiactivas médicas y dentro de éstas a las instalaciones médicas de odontología (10.265 mSv.persona), siendo las instalaciones de radiodiagnóstico las más representativas en cuanto al número de trabajadores (41.251 personas, un 46 % del total de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente durante al año 2003).

En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales, la mayor contribución a la dosis colectiva corresponde a las instalaciones de gammagrafía (998 mSv.persona), siendo el colectivo denominado "otros" el más representativo, dentro de este ámbito, en cuanto al número de trabajadores (1.568 personas).

En el sector nuclear, la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 2003 ha sido de 815 mSv.persona, valor superior al co-



► **Figura 1.** Vista exterior de la fábrica de combustible de Juzbado (Salamanca).

rrespondiente al año 2002 (723 mSv.persona), lo cual es debido al aumento experimentado en la dosis colectiva como consecuencia de que, prácticamente la totalidad de los reactores existentes en el país, han realizado paradas de recarga durante este año.

Los resultados obtenidos pueden valorarse positivamente si se tiene en cuenta que:

— Reactores tipo PWR:

La tendencia decreciente de la dosis colectiva por reactor que se venía observando en años anteriores se mantiene en el año 2003, convalidándose por lo tanto dicha tendencia. Hay que indicar que en el año 2003 se efectuaron paradas de recarga en las centrales nucleares de Ascó unidad I, Almaraz unidades I y II, Trillo, José Cabrera y Vandellós II.

La situación de las dosis ocupacionales en las centrales nucleares españolas está en consonancia con la de los países de nuestro entorno tecnológico

— Reactores tipo BWR:

Durante el año 2003 se efectuaron paradas de recarga en las dos centrales de esta tecnología.

Las dosis ocupacionales durante la recarga de la central nuclear de Cofrentes han sufrido un aumento con respecto a anteriores ciclos como consecuencia de un significativo incremento de los niveles de radiación en el pozo seco, lo que ha afectado negativamente a todos los trabajos realizados en torno a dicha zona. EL CSN ha requerido a la central la realización de un análisis causa-raíz para, a partir de ahí, estudiar las medidas preventivas y correctoras a considerar en los próximos ciclos.

Considerando las dosis medias colectivas trianuales por reactor y año, se observa que se mantiene estable la tendencia que se venía observando en los últimos años, con unas dosis comparables a las registradas en otros países.

Dentro del sector nuclear, es en la central nuclear de Cofrentes donde se registra la dosis colectiva más elevada (3.085 mSv.persona), seguida de la central nuclear Santa María de Garoña (1.239 mSv.persona).

Por el contrario, es la central nuclear de Trillo la que presenta valores de dosis colectiva inferiores al resto de las centrales en operación (249 mSv.persona).

Es la fábrica de combustible de Juzbado (60 mSv.persona), dentro del sector del ciclo de combustible y residuos, la que contribuye en mayor medida a los valores de dosis colectiva registrados.

Dentro del grupo "otras instalaciones" son los centros de investigación/docencia los que más contribuyen a la dosis colectiva (1.207

► **Tabla 1.** Distribución sectorial de dosis.

	Nº trabajadores	Dosis colectiva
Instalaciones radiactivas médicas	70.271	25.276
Instalaciones radiactivas industriales	5.896	3.802
Centrales nucleares	7.302	7.334
Ciclo combustible y residuos	903	113
Otras instalaciones	5.078	1.389
Total	89.004*	37.914

*Dado que los datos se han extraído del Banco Dosimétrico Nacional, el número global de trabajadores expuestos del país no coincide con la suma de los mismos en cada uno de los sectores informados, ya que puede ocurrir que haya trabajadores trabajando en distintos sectores a lo largo del año. Datos informe 2003.

mSv.persona) siendo también los más representativos en cuanto al número de trabajadores expuestos (4.860 personas).

En lo que se refiere a la dosis individual media, si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media correspondiente al año 2003, para el global de los TE del país, resulta ser de 1,03 mSv/año. Los valores de este parámetro en cada uno de los sectores considerados son los que aparecen en la tabla 2.

La dosis individual media correspondiente a centrales nucleares es superior a la del resto de los sectores considerados, siendo de destacar que es el personal de contrata el que presenta valores de dosis individual media superiores (2,09 mSv/año frente a 1,26 mSv/año para el personal de plantilla).

Esta tendencia, dosis correspondientes a personal de contrata superiores a las del personal de plantilla, es general en todos los países y resulta lógica si se tiene en cuenta que, habitualmente, la contratación de personal externo a la central se realiza con vistas a la realización de operaciones (mantenimiento, reparación, etc.) que suelen resultar radiológicamente más significativas.

Se observa, asimismo, que la dosis individual media asociada al total de las instalaciones industriales (1,22 mSv/año) es superior al valor obtenido para el total de las instalaciones radiactivas médicas (0,91 mSv/año). En las primeras, desarrollan su actividad laboral un menor número de personas que, sin embargo, reciben dosis más altas.

Es de destacar que los valores de dosis individual media asociados a las instalaciones de gammagrafía (2,27 mSv/año) son superiores a los del resto de las actividades consideradas en el ámbito de instalaciones industriales.

Dentro de las instalaciones radiactivas médicas, son las instalaciones de medicina nuclear las que presentan valores de dosis individual media superiores (1,81 mSv/

► **Tabla 2. Dosis individual media por sectores.**

	Dosis individual media (mSv/año)
Instalaciones radiactivas médicas	0,91
Instalaciones radiactivas industriales	1,22
Centrales nucleares	1,94
Ciclo combustible y residuos	0,63
Otras instalaciones	0,67

► **Tabla 3. Niveles de dosis en trabajadores.**

	Nº trabajadores	Nº trabajadores con dosis > 20 mSv*
Instalaciones radiactivas médicas	70.271	37
Instalaciones radiactivas industriales	5.896	15
Centrales nucleares	7.302	4
Otras instalaciones	5.078	0

*No se incluyen los once casos de potencial superación de los límites de dosis.

año). Las instalaciones de radiodiagnóstico, en las que según se ha puesto de manifiesto realizan su trabajo un porcentaje significativo de trabajadores del país, presentan valores de dosis individual media de 0,70 mSv/año.

En el sector de centrales nucleares, son la central nuclear de Cofrentes (2,76 mSv/año) y la central nuclear José Cabrera (1,85 mSv/año), las que registran valores más altos para este parámetro. La central nuclear de Trillo es la que registra los valores más bajos, con 0,64 mSv/año.

La dosis individual media correspondiente a los trabajadores expuestos implicados en actividades de transporte (4,00 mSv/año) es superior a la del resto de los sectores laborales considerados, a pesar de que en este colectivo el número de trabajadores no es muy significativo (68 personas). Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, se considera que en este sector se deberán seguir extremando las medidas encaminadas a la aplicación práctica del principio ALARA.

Los valores más bajos de este parámetro los registra el sector de concentrados (0,21 mSv/año) y el personal del Consejo de Seguridad Nuclear (0,22 mSv/año).

En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los límites de dosis establecidos en el Real Decreto 783/01 de 6 de julio de 2001, cabe señalar que de un total de 89.004 trabajadores solo 56 (0,06 % del total) presentan dosis

superiores a 20 mSv/año, distribuidos según se indica en la tabla 3.


En cuanto a los sectores a los que hay que prestar especial atención debido al número de trabajadores que presentan dosis entre 20 mSv y 50 mSv en el año 2003, de cara al cumplimiento de los límites de dosis establecidos en el Real Decreto 783/01:

En el ámbito de las instalaciones radiactivas médicas cabe señalar los sectores de radiodiagnóstico (10 trabajadores que suponen el 0,011% del total), y odontología (20 trabajadores que suponen el 0,022%).

En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales cabe señalar el sector de control de procesos con 6 trabajadores que suponen el 0,007% del total.

La situación reflejada en el punto anterior muestra la buena disposición en nuestro país para el cumplimiento de los límites de dosis.

Es necesario aclarar que el Real Decreto 783/01 establece que los trabajadores expuestos no deberán recibir dosis superiores a 100 mSv en cinco años consecutivos, lo que supone un promedio de 20 mSv/año. El que un trabajador reciba durante un año dosis superiores a 20 mSv no implica que vaya a superar los límites de dosis.

En lo que se refiere a las situaciones de potencial superación de los límites de dosis (50 mSv/año), se han registrado 12 casos (un 0,013% del total), todos ellos pertenecientes al sector de instalaciones radiactivas. 

La protección radiológica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes en España

Las personas que desarrollan su actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes están sujetas a un estricto sistema de protección, que está establecido en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRI)¹. Uno de los objetivos

básicos que se persiguen con este sistema de protección es que las actividades laborales que tienen asociada una exposición a radiaciones ionizantes (centrales nucleares, medicina, industria, etc.) no impliquen riesgos superiores al de otras actividades laborales.

1. Límites de dosis

Como sucede con otras actividades laborales que también implican la exposición a agentes potencialmente nocivos en el ambiente de trabajo (minería, industria química, etc.), en la exposición laboral a radiaciones ionizantes se establecen unos límites de exposición (o de dosis) cuya observancia asegura un nivel de riesgo aceptable para los trabajadores implicados. Estos límites, que se recogen en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRI), se resumen en la tabla 1.

Adicionalmente el RPSRI establece límites de dosis específicos para la exposición laboral de las mujeres gestantes (la dosis al feto no debe exceder de 1 mSv desde el momento en que la trabajadora notifique el embarazo) y para las personas en formación y estudiantes.

¹El RPSRI se aprobó mediante el Real Decreto 783/2001 (BOE nº 178 de 26 de julio de 2001).

2. Principio de optimización de la protección radiológica

Con respecto a otras actividades laborales, el sistema de protección establecido en el RPSRI resulta particularmente exigente puesto que, no sólo establece la obligación de cumplir con los límites legales de exposición (igual que sucede en otras actividades laborales) sino que, adicionalmente, establece que “el número de trabajadores y las dosis de radiación por ellos recibidas deben mantenerse en niveles tan bajos como razonablemente sea posible alcanzar” (principio de optimización de la protección radiológica).

Este principio constituye el pilar básico del sistema de protección establecido en el RPSRI y, con vistas a asegurar una eficaz implantación del mismo, tanto en la fase de diseño como durante el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas, se ponen en práctica todo un conjunto de medidas (que se explican a continuación) que pueden agruparse en tres categorías (medidas de prevención, medidas de control y medidas de vigilancia).

3. Medidas de prevención

Estas medidas tratan de prevenir la ocurrencia de exposiciones que no resulten estrictamente necesarias

► **Tabla 1. Límites de exposición laboral a radiaciones ionizantes.**

Magnitud Limitada	Límite de dosis
Dosis efectiva	100 mSv en cinco años consecutivos*
Dosis al cristalino	150 mSv por año
Dosis a la piel	500 mSv por año
Dosis a manos, brazos, pies y tobillos	500 mSv por año

*Sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquiera de esos años.

para los fines que se persiguen en la instalación nuclear o radiactiva en que se hace uso de las radiaciones ionizantes, y se basan en:

- La clasificación de las zonas de trabajo.

- La clasificación de los trabajadores expuestos.

- El establecimiento de normas de trabajo adecuadas a la clasificación de la zona de trabajo y a la de los trabajadores expuestos que a ellas acceden.

En lo que se refiere a la clasificación de las zonas de trabajo, el RPSRI establece que, teniendo en cuenta el riesgo de exposición a radiaciones, las distintas zonas de trabajo de las instalaciones nucleares y radiactivas se deben clasificar en:

- Zona controlada: Es aquella en la que existe posibilidad de recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año, o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites establecidos para los distintos órganos y tejidos.

- Zona vigilada: Es aquella en la que, no siendo zona controlada, existe posibilidad de recibir una dosis efectiva superior a 1 mSv por año, o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites establecidos para los distintos órganos y tejidos.

Las zonas de trabajo en las que existe riesgo de exposición a radiaciones deben estar adecuadamente señalizadas, de forma que quede manifiesto el riesgo existente en las mismas. La señalización se realiza mediante el trébol (con un color característico para cada tipo de zona) que constituye el símbolo internacional de la exposición a radiaciones (norma UNE 73-302); el trébol se complementa con una leyenda, en su parte superior, que indica la clasificación de la zona y con otra, en su parte inferior, que informa sobre el tipo de riesgo existente en la zona (irradiación y/o contaminación).

En lo que se refiere a la clasificación de los trabajadores expuestos, el RPSRI establece que, por

razones de control y de vigilancia radiológica, los trabajadores expuestos de las instalaciones nucleares y radiactivas se deben clasificar en:

- Trabajadores de categoría A: Pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores que, por las condiciones en las que se desarrolla su trabajo, pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites establecidos para los distintos órganos y tejidos.

- Trabajadores de categoría B: Pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores que, por las condiciones en las que se desarrolla su trabajo, es muy improbable que reciban una dosis efectiva superior a 6 mSv por año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites establecidos para los distintos órganos y tejidos.

Esta clasificación implica que no necesariamente todas las personas que desarrollan su actividad laboral en una instalación nuclear o radiactiva deban ser clasificadas necesariamente como "trabajadores expuestos". En efecto, aquellas personas cuya actividad laboral en presencia de radiaciones sea tal que resulte improbable que reciban dosis efectivas superiores a 1 mSv por año pueden ser consideradas, a todos los efectos, como miembros del público.

4. Medidas de control

Además de estas medidas de prevención, y con objeto de reducir las dosis recibidas por los trabajadores expuestos a radiaciones, se tienen en cuenta una serie de medidas que se aplican tanto al diseño como al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas.

Las medidas de control típicas para reducir las dosis resultantes de campos de radiación externos al organismo se refieren a:

- Reducir la intensidad de la fuente de radiación lo que, por ejemplo, se consigue mediante la adecuada selección de las fuentes de radiación (utilizando la activi-

dad mínima necesaria para cumplir el objetivo que se persigue mediante su uso), o mediante la aplicación de técnicas de descontaminación.

- Reducir el tiempo de exposición a radiaciones lo que, por ejemplo, se consigue mediante una adecuada planificación del trabajo a realizar, o mediante el uso de herramientas automatizadas (y de técnicas robóticas) para la realización de trabajos en zonas en que los niveles de radiación son importantes.

- Mantener suficiente distancia entre los trabajadores y las fuentes de radiación lo que, por ejemplo, se consigue mediante la utilización de herramientas de control remoto.

- Colocar materiales de blindaje (plomo, hormigón, acero, etc.) entre las fuentes de radiación y los trabajadores expuestos.

Las medidas de control típicas para reducir (o evitar) las dosis resultantes de una eventual contaminación interna del organismo se refieren a:

- Confinar, en lo posible, la contaminación radiactiva; por ejemplo, mediante la disposición de barreras para separar físicamente las zonas contaminadas de las que no lo están, o mediante la utilización de sistemas de ventilación en depresión.

- Utilizar equipos de protección respiratoria (y vestuario de protección apropiado) para acceder a aquellas zonas en que los niveles de contaminación ambiental puedan ser importantes.

- Evitar, en zonas en que haya contaminación, actividades que puedan contribuir a la incorporación de radioisótopos al organismo (comer, fumar, beber, etc.)

5. Medidas de vigilancia

Por razones obvias, durante el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas resulta necesario comprobar que las medidas de prevención y de control implantadas resultan adecuadas a los fines previstos y, por ello, se hace nece-

sario disponer de medios adecuados para vigilar las condiciones radiológicas de las distintas zonas de trabajo y para determinar las dosis recibidas por los trabajadores que en ellas desarrollan su actividad laboral.

5.1. Vigilancia radiológica de las zonas de trabajo

El RPSRI establece la obligación de realizar una vigilancia radiológica de las zonas de trabajo de las instalaciones nucleares y radiactivas a fin de cuantificar los niveles de radiación reales existentes en dichas zonas, con lo que se posibilita:

- Confirmar que los niveles de radiación y contaminación en las distintas zonas de trabajo son acordes a la clasificación radiológica de las mismas o, si no fuera así, proceder a actualizar dicha clasificación.

- Definir las medidas de protección que se deben aplicar a los trabajadores que van a desarrollar su actividad laboral en esas zonas de trabajo.

- Detectar con prontitud cualquier incremento significativo en los niveles de radiación o contaminación en esas zonas, lo que permite adoptar las acciones correctoras necesarias para evitar que los trabajadores se vean afectados por tal circunstancia.

La vigilancia radiológica de zonas se puede realizar de forma continua, mediante detectores fijos, que miden sin interrupción los niveles de radiación y la contaminación ambiental en las zonas de trabajo de la instalación donde se encuentran ubicados; estos detectores pueden ir dotados de alarmas ópticas y acústicas, que se activan ante incrementos predefinidos en los niveles de radiación. Esta vigilancia también se puede realizar de forma discontinua, con la ayuda de detectores portátiles, que permiten conocer los niveles de radiación o contaminación en cualquier zona de trabajo (haya o no detectores fijos instalados).



► **Figura 1.** El RPSRI establece la obligación de realizar una vigilancia radiológica de las zonas de trabajo de las instalaciones nucleares y radiactivas.

5.2. Vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos

El RPSRI establece la necesidad de realizar la vigilancia radiológica de los trabajadores expuestos, con objeto de cuantificar las dosis de radiación por ellos recibidas durante el desarrollo de su actividad laboral.

Las dosis resultantes de la radiación externa se determinan, con periodicidad mensual, mediante dosímetros individuales (de termoluminiscencia) cuya lectura, según se establece en el RPSRI, se debe llevar a cabo por entidades específicamente autorizadas por el CSN para esta labor (por ello, este tipo de dosímetros constituyen la denominada “dosimetría oficial”).

Además de esta dosimetría oficial, para la realización de trabajos en zonas con niveles de radiación elevados, el RPSRI contempla la posibilidad de utilizar dosímetros de lectura directa (que constituyen la denominada “dosimetría operacional”) que informan de las dosis en tiempo real, a medida que se reciben. Habitualmente estos dosímetros son del tipo electrónico-digital y disponen de alarmas ópticas y acústicas, que se activan ante incrementos predefinidos en los niveles de radiación (lo que permite que los trabajadores puedan evitar la acción de campos intensos de radiación).

Hay que señalar que no todos los trabajadores expuestos deben quedar necesariamente sometidos a una vigilancia dosimétrica individual puesto que el RPSRI establece que las dosis recibidas por los trabajadores expuestos pertenecientes a la “Categoría B” se pueden estimar a partir de los resultados obtenidos en la vigilancia radiológica de las zonas de trabajo. Para que esta opción resulte factible, el RPSRI establece que la sistemática utilizada a tal fin y el protocolo de asignación de dosis asociado debe recogerse en un protocolo escrito que quedará sujeto a la evaluación e inspección del CSN.

Las dosis debidas a la radiación interna se determinan mediante los denominados “contadores de radiactividad corporal” que son dispositivos de gran complejidad instrumental constituidos por una serie de detectores que se distribuyen alrededor del individuo a medir y que permiten medir, en caso de que el individuo presente contaminación interna, la radiación emitida por los radioisótopos involucrados en dicha contaminación.

Estos contadores de radiactividad corporal solo resultan adecuados cuando los radioisótopos incorporados al organismo emiten radiaciones con energía y poder de penetración suficientes para ser

detectados en el exterior del mismo. Por ello, cuando en una contaminación interna están implicados radioisótopos con bajo poder de penetración (alfa y beta), las dosis resultantes de dicha contaminación se determinan a partir de la medida de la radiactividad en muestras de orina y/o heces².

El RPSRI establece condiciones particularmente exigentes en todo lo relacionado con el registro y archivo de los datos dosimétricos, requiriendo que todas las dosis recibidas por los trabajadores expuestos queden registradas en un historial dosimétrico individual, que debe mantenerse debidamente actualizado y estar, en todo momento, a disposición del trabajador³. Este historial dosimétrico debe ser archivado por el titular de la instalación hasta que el trabajador cumpla (o hubiera cumplido) 75 años y, nunca por un período inferior a 30 años tras su cese en la actividad que motivó su clasificación como trabajador expuesto.

El RPSRI establece asimismo la obligación de registrar, conservar y mantener a disposición del trabajador los resultados obtenidos en la vigilancia radiológica de las zonas de trabajo, siempre y cuando estos hayan sido utilizados para estimar las dosis recibidas por los trabajadores expuestos.

En relación con esta temática hay que indicar que, desde 1995, el CSN viene gestionando el denominado Banco Dosimétrico Nacional (BDN), en el que se archivan los historiales dosimétricos de todos los trabajadores expuestos a las radiaciones en España. Como mues-

tra del volumen de información contenido en el BDN baste señalar que, al cierre del ejercicio dosimétrico de 2003, contenía en torno a 9.875.000 registros dosimétricos, correspondientes a unos 219.500 trabajadores y a unas 36.000 instalaciones.

6. Vigilancia médica de los trabajadores expuestos

Como elemento adicional para verificar la efectividad de las medidas de prevención, control y vigilancia que constituyen el sistema de protección radiológica de los trabajadores expuestos, el RPSRI establece la obligación de realizar la vigilancia médica de dichos trabajadores, con objeto de comprobar:

Que los trabajadores expuestos están médicamente aptos para desarrollar la actividad laboral (en presencia de radiaciones) que tienen asignada.

Que los trabajadores expuestos no presentan patologías en su salud que pudieran ser atribuibles a su exposición a las radiaciones o a una falta de eficacia en las medidas de protección implantadas.

El RPSRI establece que la vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos debe basarse en los principios generales de la Medicina del Trabajo y en la Ley 31/1995 sobre Prevención de Riesgos Laborales; no obstante, en el caso de los traba-

jadores expuestos de categoría A, el RPSRI establece unos requerimientos adicionales, que suponen que dichos trabajadores:

– Deben someterse a un examen de salud previo al inicio de la actividad laboral que determina su clasificación radiológica.

– Deben someterse, anualmente, a un examen de salud con objeto de acreditar su aptitud médica para el trabajo que desarrollan.

– Deben someterse a exámenes de salud especiales en caso de sospecha (o evidencia) de superación de los límites de dosis.

– Deben disponer de un historial médico en el que se recojan los resultados de los exámenes a que han sido sometidos durante su vida laboral (y del que debe formar parte el historial dosimétrico).

7. Formación en protección radiológica

Para una eficaz puesta en práctica del sistema de protección radiológica de los trabajadores expuestos resulta indispensable que estos conozcan (y sepan aplicar) las normas y procedimientos que resultan aplicables en el transcurso de su actividad laboral. De nuevo, el RPSRI es particularmente exigente en relación con esta temática puesto que establece que:

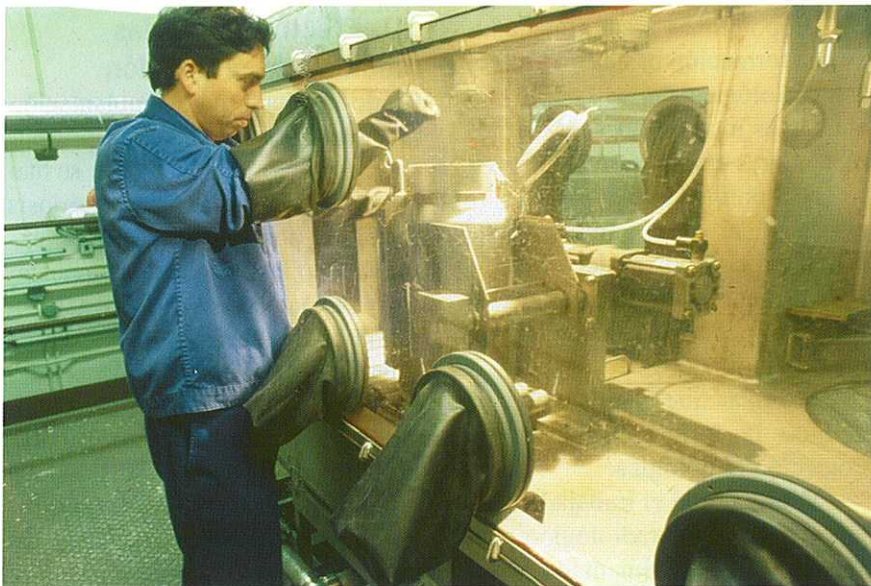
— Antes de iniciar su actividad laboral en presencia de radiaciones

²La actividad excretada en orina o heces se puede correlacionar con la actividad presente en el organismo por medio de modelos biocinéticos que han sido desarrollados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

³El RPSRI también requiere que el historial dosimétrico de los trabajadores expuestos esté a disposición del CSN y, en función de sus competencias, a la de las Administraciones Públicas (en los supuestos previstos en las Leyes) y a la de los Juzgados y Tribunales que lo soliciten.



► **Figura 2.** El RPSRI impone importantes restricciones para el acceso de los trabajadores expuestos a zona controlada.



► **Figura 3** . Para un correcto funcionamiento del sistema de protección radiológica es indispensable que los trabajadores conozcan las normas y procedimientos aplicables en el transcurso de su actividad.

ionizantes, los trabajadores expuestos deben ser informados (por el titular de la instalación, o de su empresa) en todo lo relacionado con:

- Los riesgos asociados al trabajo en presencia de radiaciones ionizantes.

- Las normas y procedimientos generales de protección radiológica.

- Los procedimientos de protección específicos aplicables al puesto de trabajo.

- La importancia que reviste el cumplimiento de los requisitos establecidos.

- Las actuaciones a adoptar en caso de emergencia.

- La necesidad de que las trabajadoras expuestas notifiquen con prontitud situaciones de embarazo (o de lactancia).

— Antes de iniciar su actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes (y también periódicamente) los trabajadores expuestos deben recibir una formación en materia de protección radiológica a un nivel acorde con las responsabilidades que tiene asignadas y al riesgo radiológico asociado a su puesto de trabajo.

La formación de los trabajadores expuestos en materia de protección radiológica ha sido objeto de atención preferente por parte del

CSN, que ha desarrollado diversas Instrucciones y Guías de Seguridad que complementan las disposiciones del RPSRI en esta materia:

- *Guía de Seguridad 5.06*: Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas.

- *Guía de Seguridad 5.12*: Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas⁴.

- *Instrucción del CSN IS-03*, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes.

- *Instrucción del CSN IS-06* sobre los programas de formación en materia de protección radiológica básico y específicos regulados en el Real Decreto 443/1997 en el ámbito de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible.

8. Requisitos para el acceso a zona controlada

El RPSRI impone importantes restricciones para el acceso de los trabajadores expuestos a zona controlada; dicho acceso requiere de

⁴Se encuentra en fase avanzada de elaboración una Instrucción del CSN en la que se aborda esta misma temática en el ámbito de las instalaciones de radiodiagnóstico médico.

autorización por parte del responsable de protección radiológica de la instalación quien, además, debe garantizar que:

- El trabajador expuesto está médicamente apto para el trabajo a realizar.

- El trabajador expuesto dispone de dosímetro individual.

- El trabajador expuesto va equipado con vestuario de protección adecuado a la zona.

- El trabajador expuesto ha recibido la formación requerida en protección radiológica.

- El trabajador expuesto ha recibido instrucciones de trabajo acordes al riesgo existente.

Para asegurar el adecuado cumplimiento de estos requisitos, las zonas de trabajo clasificadas como “zona controlada”, además de señalizadas, deben estar adecuadamente delimitadas, debiendo disponer de medios físicos apropiados (puertas, barreras, etc.) para controlar físicamente el acceso a las mismas.

9. Protección radiológica de los trabajadores externos

En el ámbito de las centrales nucleares e instalaciones del ciclo del combustible es habitual que una fracción significativa de los trabajos en zona controlada se lleven a cabo por trabajadores que no pertenecen a la plantilla de esas instalaciones (trabajadores externos).

Estos trabajadores presentan una casuística especial desde el punto de vista de la protección radiológica y, por ello, han sido objeto de atención preferente por el CSN, que ha impulsado el desarrollo de diversas disposiciones específicas para este colectivo de trabajadores.

En el *Real Decreto 413/1997* (BOE nº 91 de 16 de abril) se aborda de forma monográfica la protección radiológica de los trabajadores externos que desarrollan su actividad laboral en zona controlada, estableciéndose:

- Que las empresas que emplean a los trabajadores externos están obligadas a:

- Declarar sus actividades, inscribiéndose en un Registro gestionado por el CSN⁵.

- Controlar las dosis recibidas por sus trabajadores en la ejecución de sus trabajos, manteniendo los archivos dosimétricos correspondientes.

- Mantener la vigilancia médica de sus trabajadores.

- Asignar a cada uno de ellos un "carné radiológico", asegurando una adecuada cumplimentación y actualización del mismo⁶.

⁵El Registro de Empresas Externas se constituyó mediante Resolución del CSN de 16 de julio de 1997 (BOE nº 238 de 4 de octubre).

⁶En la Instrucción IS-01 del CSN (BOE nº 187 de 6 de agosto de 2001) se define el formato y el contenido del documento individual de seguimiento radiológico.

⁷En la Instrucción IS-06 del CSN (BOE nº 132 de 9 de abril de 2003), se definen los programas de formación en materia de protección radiológica de los trabajadores externos, en el ámbito de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible.

- Proporcionar a sus trabajadores una formación básica en protección radiológica⁷.

— Que las instalaciones en que los trabajadores externos prestan servicio están obligadas a:

- Verificar que la empresa está inscrita en el Registro del CSN.

- Verificar que el trabajador está reconocido como médicamente apto para el trabajo.

- Verificar que el trabajador ha recibido la formación básica en protección radiológica.

- Verificar que el trabajador dispone de un carné radiológico adecuadamente cumplimentado y actualizado.

- Proporcionar al trabajador la formación específica en protección radiológica que resulte pertinente en función del trabajo a realizar.

- Proporcionar al trabajador el equipo individual de protección y el control dosimétrico (adicional al de la empresa) que resulten necesarios para el trabajo a realizar.


10. Efectividad de las medidas de protección

Como resultado de la implantación práctica de las medidas de prevención, control y vigilancia que se han comentado en este artículo, las dosis recibidas por los trabajadores expuestos en las instalaciones nucleares y radiactivas españolas están, en términos globales, en valores bien inferiores a los límites de dosis establecidos.

Como muestra baste señalar que, en el transcurso de 2003, el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente ascendió a 89.030 y que, a pesar de que el RPSRI permite una dosis efectiva anual de hasta 50 mSv, resulta que:

- El 58,79 % de esos trabajadores (52.341) no registraron dosis.

- La dosis individual media en los 36.689 trabajadores restantes fue de solo 1.03 mSv.

- Únicamente 72 trabajadores registraron dosis superiores a 20 mSv. 

Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

Ernest Orlando Lawrence. Premio Nobel de Física (1939)

En el año 1939, Ernest Orlando Lawrence fue premiado con el Nobel de Física por la invención y el desarrollo del ciclotrón o

acelerador de partículas y por los resultados obtenidos con él, especialmente en lo concerniente a los elementos radiactivos artificiales.

Ernest Orlando Lawrence nació el 8 de agosto de 1901, en Canton, Dakota del Sur, en los Estados Unidos, de padres de origen noruego. Recibió su educación más temprana en el *Canton High School*, y más tarde en el *Saint Olaf College*. En 1919 comenzó sus estudios universitarios en la Universidad de Dakota del Sur, licenciándose en Química tres años más tarde, y obteniendo el master en la misma especialidad un año después por la Universidad de Minnesota. Ingresó durante un año en la Universidad de Chicago, donde profundizó en sus conocimientos de Física y obtuvo el doctorado en Yale, en 1925. Continuó en esta universidad durante otros tres años, los dos primeros como investigador y el tercero como profesor asistente de Física. En



● Figura 1. Ernest Orlando Lawrence.

1928 fue nombrado profesor asistente de Física en la Universidad de Berkeley, California, y dos años más tarde fue el profesor titular más joven de la historia de esta universidad. En 1936 ascendió a la categoría de director del Laborato-

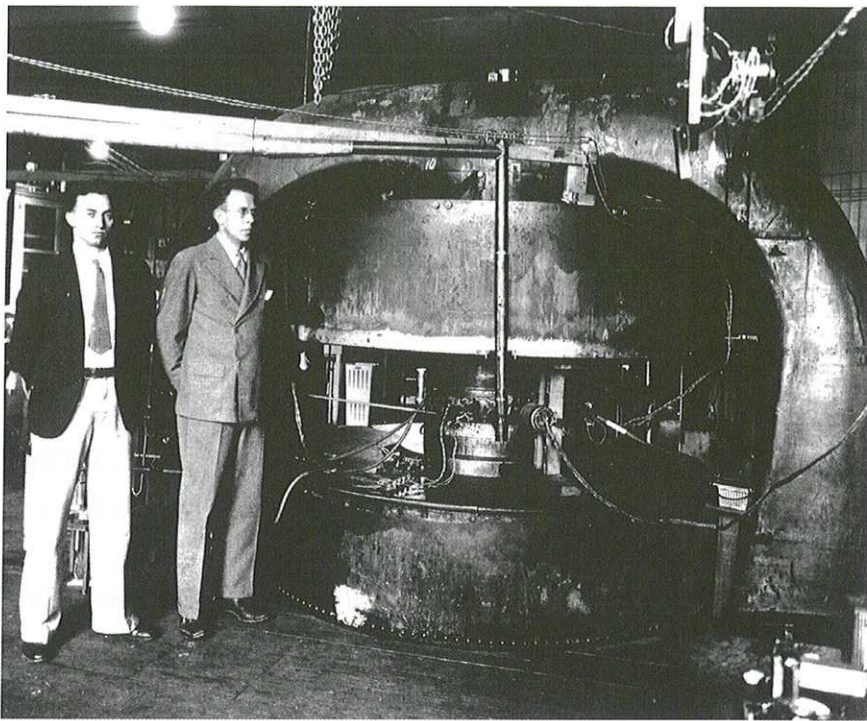
rio de Radiaciones, puesto que mantendría hasta su muerte.

Durante la Segunda Guerra Mundial realizó contribuciones de importancia vital para el desarrollo de la bomba atómica, manteniendo numerosos apoyos oficiales a su

proyecto. Tras la guerra cambió su rol dentro del panorama armamentístico internacional y tomó parte en el intento de obtener el acuerdo internacional para la suspensión de las pruebas nucleares, formando parte de la delegación estadounidense en la Conferencia de Ginebra, en la sección referente a esta materia.

Lawrence basó la mayor parte de su trabajo de investigación en la Física Nuclear. Sus primeras investigaciones se centraron en los fenómenos ionizantes y en el potencial ionizante de los vapores metálicos. En 1929 inventó el ciclotrón, un aparato para acelerar partículas nucleares a altas velocidades sin utilizar altos voltajes. Las partículas en movimiento se utilizaban para bombardear átomos de varios elementos,

desintegrándolos y obteniendo en algunos casos elementos completamente nuevos. Cientos de isótopos radiactivos de los elementos ya conocidos fueron descubiertos de esta manera. El hermano de Lawrence, doctor John Lawrence,



► **Figura 2.** M. Stanley-Livingstone y Ernest Lawrence junto al ciclotrón.

que llegó a ser director del Laboratorio de Física Médica en la misma universidad, colaboró con él en el estudio de las aplicaciones médicas y biológicas del ciclotrón, llegando a ser, tras estos estudios, consultor del Instituto de Investigación para el Cáncer, en Columbia.


Con el tiempo y entre ambos, se llegaron a construir ciclotrones más grandes y potentes, y en 1941 se utilizaron para generar artificialmente las partículas cósmicas lla-

madas mesones. Más tarde, se extendieron estos estudios utilizando el mismo instrumento para las antipartículas.

Lawrence fue uno de los más prolíficos escritores científicos: entre 1924 y 1940 su nombre apareció en 56 estudios, una media de 3,5 al año. También fue el inventor de un método para obtener intervalos de tiempo tan pequeños como tres billonésimas de segundo, para estudiar el fenómeno de descarga

de una chispa eléctrica. De la misma manera, proyectó un método muy preciso para medir el radio e/m del electrón, una de las constantes fundamentales de la naturaleza. La mayoría de su trabajo al respecto se publicó en *The Physical Review* y en *Proceedings* de la *National Academy of Sciences*.

Entre los numerosos premios recibidos cabe destacar la medalla Elliott Cresson del *Franklin Institute*, el Premio Comstock de la *National Academy of Sciences*, la medalla Hughes de la *Royal Society*, la medalla Duddell de la *Royal Physical Society*, la medalla Faraday, y el Premio Enrico Fermi. Fue condecorado con la Medalla al Mérito como Oficial de la Legión de Honor y obtuvo el título de Doctor *Honoris Causa* por treinta universidades americanas y una inglesa (Glasgow). Fue miembro o socio de numerosas sociedades científicas tanto en América como en Europa.

Lawrence contrajo matrimonio con Mary Kimberly Blumer, hija del Decano Emérito de la *Yale Medical School*, en mayo de 1932. Murió el 27 de agosto de 1958 en Palo Alto, California, sin haber dejado de dedicar, cada día de su vida, un rato a su afición favorita: la música. 

Actualidad

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

▶ CENTRALES NUCLEARES

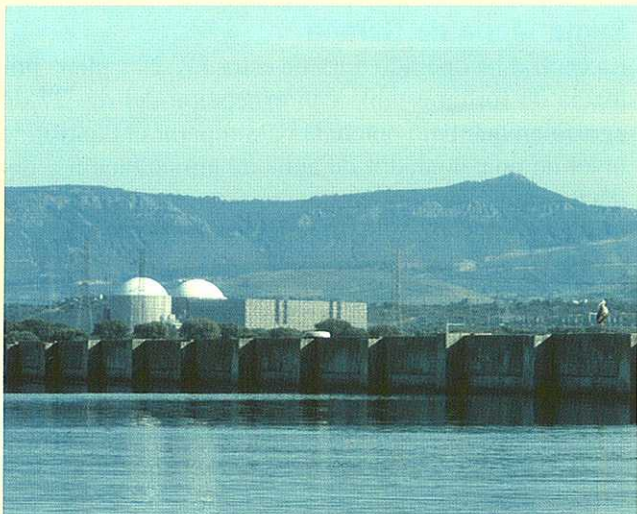
La información se refiere al periodo comprendido entre el 21 de agosto y el 2 de diciembre de 2004.

Almaraz

La unidad I ha operado sin incidencias al 100% de potencia durante todo el período considerado.

En la unidad II se ha realizado la decimoquinta parada de recarga (15R2) desde el día 3 de octubre de 2004 hasta el 30 del mismo mes.

El día 25 de octubre, con la unidad II en modo 5 en fase de recarga, durante la realización de unas pruebas sobre requisitos de vigilancia de salvaguardias tecnológicas, se detectó que existían configuraciones en las que el caudal total suministrado por las bombas era superior al caudal de *run-out* licenciado por Westinghouse. El caudal calculado por Westinghouse es superior al máximo de diseño de las bombas de carga e indica en sus análisis que pueden presentarse cavitaciones en las bombas. Para evitar



Vista de la central nuclear de Almaraz.

estos riesgos de cavitación se propuso como medida compensatoria cerrar las válvulas de recirculación de las bombas de carga, con lo que el caudal de inyección sería, en todos los casos, inferior al recomendado por Westinghouse. Esta práctica operativa se ha optado por recogerla como una precaución a tomar en todos los procedimientos de emergencia afectados y se consideró suficiente establecer estas

medidas compensatorias para justificar el paso a modo 4 mediante una Justificación para Continuar la Operación (JCO).

El correspondiente Informe de Suceso Notificable (ISN), fue enviado en plazo al CSN.

El resto del tiempo considerado, la unidad ha operado sin incidencias al 100% de potencia.

El pasado día 18 de noviembre se realizó el simulacro anual de emergencia.

Ascó

En la unidad I y durante el periodo considerado se produjeron los siguientes sucesos notificables:

El día 30 de agosto, la inoperabilidad de los dos canales de Indicación de Posición de Barras de Control durante 8 segundos. Aplicación de la Condición Límite de Operación 3.0.3 de las especificaciones técnicas de funcionamiento.

El día 27 de septiembre, la inyección de seguridad durante la realización de la prueba de vigilancia PV-76 de la operabilidad del generador diesel B, con la planta en modo 5 durante la 17ª recarga de Ascó I.

El día 5 de octubre, la apertura de los interruptores de parada de reactor estando la planta en parada fría (modo 5).

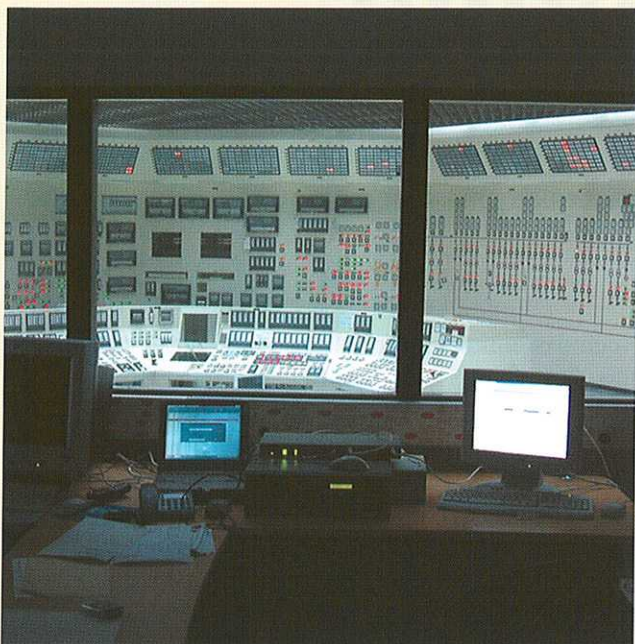
En su reunión del día 6 de octubre, el Consejo informó favorablemente la revisión nº 77 de las especificaciones técnicas de funcionamiento de la central nuclear Ascó I.

En su reunión de 10 de noviembre, el Consejo ha propuesto apertura de expediente sancionador al titular de la central nuclear Ascó I, por incumplimiento de la Especificación Técnica de Funcionamiento 3/4.7.12. "Barreras resistentes al fuego".

El día 2 de diciembre se realizó un simulacro de emergencia fuera de horario laboral, que afectó a la unidad I.

En cuanto a la unidad II, cabe destacar los siguientes sucesos notificables:

El día 16 de octubre, la parada no programada de reactor por disparo de turbina, originado por disparo del transformador principal. Se llevó la planta a modo 3 y se procedió a la sustitución del transformador afectado por el de reserva tras su traslado de la unidad I. Se sincronizó el turbogenerador a la red el día 25 de octubre. El CSN ha realizado una inspección para investigar las causas de este incidente.



Vista del simulador de la central nuclear de Ascó.

En su reunión del día 6 de octubre, el Consejo informó favorablemente la revisión nº 77 de las especificaciones técnicas de funcionamiento de la central nuclear Ascó II.

En total, el Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado diez inspecciones durante este periodo.

Cofrentes

La central ha permanecido operando a potencia con normalidad, excepto durante una bajada de carga programada para realizar algunas reparaciones que se inició el día 24 de octubre. En el proceso de bajada de carga se produjo disparo automático del generador principal, por actuación del relé de protección por baja excitación, que provocó el disparo automático de la turbina, y, éste, a su vez, el disparo automático del reactor. La respuesta de los sistemas de la central fue completamente normal.

El día 25 de octubre, una vez realizadas las reparaciones previstas, se produjo un nuevo disparo automático del reactor durante el proceso de subida de potencia, por bajo nivel de agua en el reactor (nivel L3), llegándose a alcanzar, en el transitorio subsiguiente, muy bajo nivel de agua en el reactor (nivel L2), con actuación de los sistemas de emergencia, según lo previsto en el diseño y los procedimientos de la central (con excepción del aislamiento del Sistema de Reserva de Tratamiento de Gases, SGTS, que no llegó a activarse por señal de nivel L2; actualmente se ha subsanado este fallo, una vez investigada la causa). La causa del suceso fue un error humano del personal de operación, que produjo la pérdida súbita e inadvertida del caudal de agua de alimentación.

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

José Cabrera

La central ha operado a potencia de forma estable durante todo este periodo. La única anomalía relevante en la operación de la planta se produjo el día 16 de noviembre de 2004, cuando en una prueba de vigilancia periódica se descubre un problema en el cierre mecánico de una bomba de inyección de seguridad. El titular sustituyó los cierres devolviendo el equipo a operable en aproximadamente 48 horas. Esta reparación ha sido seguida *in-situ* por la inspección residente del CSN.

Entre el 21 de agosto y el 20 de noviembre de 2004 se han realizado tres inspecciones sobre: experiencia operativa y normativa, temas de licenciamiento y una inspección no anticipada al titular de la inspección residente sobre temas varios de la operación de la planta.

En el CSN se ha analizado el control y seguimiento de la central nuclear José Cabrera hasta el 30 de abril de 2006, fecha de cese definitivo de la explotación; y se están siguiendo las actividades de evaluación relacionadas con la solicitud de la autorización de ejecución y montaje de la modificación de diseño del almacén temporal individualizado presentado por Unión Fenosa Generación, y el contenedor de almacenamiento de combustible (solicitud presentada por Enresa). Además, se está trabajando en la definición de los límites y condiciones a los que deberá ajustarse la instalación a partir del 30 de abril de 2006 y hasta la aprobación de una autorización de desmantelamiento.

Santa María de Garoña

La central ha operado durante estos meses a plena potencia de forma estable con excepción del día 27 de agosto en que bajó potencia para reparar el control de nivel de un calentador de agua de alimentación y del día 14 de noviembre en que bajó potencia para efectuar el cambio de secuencia de barras de control.

En su reunión del día 22 de septiembre, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 18 del Reglamento de Funcionamiento.

En su reunión del día 22 de septiembre, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 8 del Plan de Emergencia Interior.

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

El día 27 de octubre se llevó a cabo un ejercicio de Protección Civil en el cual se activaron parte de los recursos del Plan de Emergencia Nuclear de la Provincia de Burgos (PENBU).

Trillo

La central ha estado funcionando al 100% de potencia excepto los días en los que se ha realizado la prueba mensual de válvulas de turbina y del 24 al 26 de octubre en que se produjo una pequeña reducción de



Vista de la central nuclear de Trillo.

potencia por aislamiento del condensador para buscar fugas en los tubos.

El 23 de agosto se produjo el incidente reportado como suceso notificable consistente en el descubrimiento de una deficiencia de montaje en una válvula de aislamiento del sistema de limpieza del cambiador de calor del sistema de agua de refrigeración de componentes nucleares.

El CSN, en su reunión del día 6 de octubre, informó favorablemente la revisión 22 de las especificaciones de funcionamiento.

El CSN, en su reunión del día 6 de octubre, emitió un dictamen favorable a la renovación de la autorización de explotación por un periodo de diez años con límites y condiciones y teniendo en cuenta compromisos adquiridos por el titular.

El CSN, en su reunión del día 6 de octubre, acordó establecer instrucciones técnicas complementarias a la autorización de explotación.

Se han realizado en este periodo siete inspecciones.

Vandellós II

La central ha operado de forma estable a plena potencia durante todo este periodo, permaneciendo en estas condiciones hasta el día 25 de agosto a las 22:30 horas en que inicia una baja de carga para la reparación de la *boca de hombre*, que había fallado, del sistema de agua de servicios esenciales. El día 26 la central alcanza el modo 3 de operación, disponible caliente. Tras la reparación se procede al arranque de la central, alcanzándose la plena potencia a las 13:53 horas el día 30.

En estas condiciones permanece la central hasta el día 14 de noviembre, en que se produce una parada automática del reactor por disturbios en el parque de 400KV. Tras este suceso, el titular prolonga la parada del reactor, modo 3, para realizar las reparaciones re-

queridas por el CSN establecidas en la carta CNVA2/VA2/SG/04/25. Tras la finalización de estas reparaciones, procede al arranque de la central el día 17 de noviembre siguiente.

El día 25 de agosto se produjo la rotura circunferencial de la *boca de hombre* del tren B del sistema de agua de servicios esenciales, situada en la primera posición de impulsión de la bomba del sistema, declarándose inoperable el tren correspondiente. Con la central en el modo 3, se reparó la *boca de hombre*, tras lo cual volvió a declararse operable el tren B de esenciales, y se procedió al arranque de la central como se ha indicado anteriormente.

El día 27 de agosto, con la central en el modo 3, y con el tren A del sistema de esenciales inoperable por inspección y reparación de sus *bocas de hombre*, se produjo una pérdida de potencia exterior en la línea de 220 KV que alimentaba eléctricamente a la barra 6A de salvaguardias. El suceso estuvo motivado por la apertura del interruptor de la barra a la línea exterior. Tras el incidente, y eliminada la falta, se procedió al cierre del interruptor y se energizó la barra nuevamente desde la línea de 220 KV, normalizándose la situación.

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

▶ INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

Ciemat

Continúa el seguimiento y control de las instalaciones operativas y paradas del Centro.

Durante el proceso de evaluación del proyecto de desmantelamiento de instalaciones, el Ciemat ha remitido al CSN diversos documentos revisados que están en proceso de evaluación.

Dentro del proyecto PIMIC (Plan Integrado de Mejora de las Instalaciones del Ciemat) continúa la limpieza y rehabilitación de las 27 parcelas en las que se ha subdividido el emplazamiento.

Durante este periodo se han realizado dos inspecciones de control a las instalaciones incluidas en el proyecto de desmantelamiento y dos a las instalaciones operativas.

Fábrica de Uranio de Andújar

Se ha continuado con el seguimiento del Programa de vigilancia y mantenimiento del emplazamiento.

Planta Lobo G de la Haba (Badajoz)

Durante el mes de octubre se ha realizado una inspección para verificar las actuaciones de mejora de la conducción de las aguas de escorrentía y otra de control, con miras al periodo de clausura iniciado el pasado mes de agosto.

ACUERDOS DEL CONSEJO

En el periodo comprendido entre el 15 de septiembre y el 10 de noviembre de 2004 el Consejo ha tomado los siguientes acuerdos.

Reactor Oversight Process (ROP)

Con fecha 15 de septiembre de 2004 el Consejo ha acordado lanzar el programa de supervisión de centrales nucleares basado en el *Reactor Oversight Process* (ROP) de la NRC y aprobar el programa de adaptación e implantación del mismo.

Central de ciclo combinado en Vandellós

El día 22 de septiembre, el Consejo acordó aprobar el informe elaborado por la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear sobre autorización administrativa de una central térmica de ciclo combinado de 800 MW en las inmediaciones de la central nuclear Vandellós II. Dado que la construcción y materialización defini-

tiva de la Central Térmica de Ciclo Combinado (CTCC) debe incorporar los compromisos asumidos y que pueden producirse modificaciones del proyecto, es previsible que el Pleno del Consejo deba pronunciarse más adelante en relación con el cumplimiento de los compromisos, y tener que realizar nuevas valoraciones o proponer condiciones adicionales.

Instrucciones Técnicas

Con fecha 22 de septiembre y por Acuerdo del Consejo, de fecha 11 de julio de 2001, se autorizó a los directores técnicos para la emisión de instrucciones técnicas, debiendo informar al Consejo, a través del secretario general. En cumplimiento de dicho acuerdo por la dirección técnica de protección radiológica se han emitido las siguientes instrucciones técnicas:

- Sobre el proyecto de restauración de las explotaciones mineras de Enusa, Industrias Avanzadas,

en Saelices el Chico (Salamanca).
- Sobre la Dosimetría Personal de los Trabajadores Expuestos, de la instalación Tubos Reunidos Aplicaciones Tubulares de Andalucía, S.A.

Revisión de ETF y del RF de Zorita

El 22 de septiembre, el Consejo acordó informar favorablemente la revisión número 52 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) de la central nuclear José Cabrera así como la revisión número 10 del Reglamento de Funcionamiento (RF). La revisión afecta al sistema de control de la radiactividad y tiene por objeto clarificar los requisitos de vigilancia de los sistemas de agua borada al refrigerante en diversos modos de operación. Con relación al Reglamento de Funcionamiento se han considerado aspectos organizativos para la mejor coordinación de las actividades y funciones de la instalación en lo relativo a la seguridad.

Centro medioambiental de Saelices el Chico (Salamanca)

En él se encuentran emplazadas las plantas de concentración de uranio Quercus y Elefante así como las minas de uranio a cielo abierto que surtieron de uranio a ambas plantas.

En cuanto a la planta Elefante, se ha concluido la construcción de las diferentes capas de cobertura y se ha completado la siembra de especies herbáceas y arbustivas en la capa de tierra vegetal, asimismo se ha concluido la construcción de los canales de derivación y la balsa de recogida de aguas de escorrentía del área ocupada por las estructuras desmanteladas.

La planta Quercus se encuentra en fase de cese definitivo de las actividades productivas.

Mediante la resolución de 13 de septiembre de 2004 de la Junta de Castilla y León se aprobó el proyecto de restauración definitiva de las explotaciones mineras en Saelices el Chico que incluye los límites y condiciones establecidos por el Consejo de Seguridad Nuclear. El proyecto se refiere a la realización de

obras que consisten fundamentalmente en el relleno de cuatro huecos de minas (yacimientos F y D), que supone 14,55 millones de metros cúbicos del estéril de mineral almacenado en las escombreras de mina, y la remodelación del estéril en las escombreras remanentes, procediendo a la impermeabilización de las superficies con material arcilloso para asegurar la protección contra la emisión de radón y la infiltración. Esta capa se protege con una capa contra la erosión y, por último, se cubre con una capa de suelo y vegetación. Las escombreras de mina representan 67,6 millones de toneladas.

Actualmente se han recolocado 900.000 toneladas de estériles de mina en el hueco H-06 de la zona D.

Durante este periodo se han realizado tres inspecciones de seguimiento y control: una a la planta Quercus, otra a la planta Elefante y otra a las obras de restauración de las explotaciones mineras. Asimismo, se ha realizado otra inspección sobre parámetros de emplazamiento común a las plantas Quercus y Elefante.

Revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central nuclear de Almaraz

También el día 22 de septiembre el Consejo acordó informar favorablemente las revisiones números 76 y 71 de las especificaciones técnicas de funcionamiento de la central nuclear de Almaraz, por lo que respecta a la PME-2-03/10, que incluye la modificación de la lógica de arranque de los generadores diesel de emergencia por mínima tensión en barras de salvaguardia, de la unidad II. Otros aspectos revisados se refieren a la protección contra incendios por halón haciendo la sustitución por los gases FE-13 y FM-200 según el Reglamento Europeo nº 2037/2000, operabilidad de las válvulas de aislamiento de las líneas de vapor principal de acuerdo al Nureg-0452 y supresión de la limitación del número de barras combustibles con gadolinio si este no alcanza el 2% en peso.

Radiactividad de origen natural en los sedimentos del embalse de Flix

El 29 de septiembre de 2004 el Consejo debatió los escritos remitidos por la Generalidad de Cataluña, el Ayuntamiento de Flix y el Ministerio de Medio Ambiente y ha acordado:

1.- En relación con la carta de la Dirección de Calidad Ambiental de la Generalidad de Cataluña, realizar una visita técnica y remitir los criterios para la caracterización y estudio del impacto ambiental del vertedero.

2.- En relación con la carta del secretario general de Medio Ambiente, se acuerda participar en la comisión técnica creada al respecto y acudir a las correspondientes convocatorias

Guías de Seguridad

El día 20 de octubre, el CSN acordó las siguientes actualizaciones normativas:

-Actualización normativa de la

GS-1.12 Aplicación práctica de la optimización de la protección radiológica en la explotación de las centrales nucleares.

- Actualización normativa de la *GS-5.12 Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas.*

- Actualización normativa de la *GS-4.1 Diseño y desarrollo del programa de vigilancia radiológica ambiental para centrales nucleares.*

Asimismo, el Consejo ha acordado que en cada guía e instrucción del CSN se consignen las definiciones de los términos utilizados y que en el título de cada guía se señale su estado de revisión.

Con fecha 27 de octubre, el Consejo ha acordado aprobar la actualización normativa de las guías de seguridad siguientes:

- *GS-1.2 Modelo dosimétrico en emergencia nuclear.*

- *GS-1.14 Criterios básicos para la realización de aplicaciones de los*

Centro de almacenamiento de residuos de El Cabril

Se ha continuado con los procesos de evaluación de las distintas solicitudes de modificación y ampliación presentadas por el titular.

El CSN ha informado favorablemente para la utilización de unidades de almacenamiento de bultos recondicionados de 400 y 480 litros de las centrales nucleares José Cabrera y Almaraz en el mes de junio de 2004.

En este periodo se han realizado tres inspecciones a la instalación.

Central nuclear Vandellós I

La documentación para la autorización de la fase de latencia, revisada para adecuarla a las instrucciones remitidas por el CSN, ha sido evaluada, estando previsto que el CSN informe sobre ella durante el mes de diciembre.

Por otra parte, el CSN continúa con la evaluación del plan de restauración del emplazamiento con el objetivo de finalizar en el mes de diciembre de 2004.

En el transcurso de estos meses se han realizado dos inspecciones a la instalación



El Cabril. Bulto compactado.

ACUERDOS DEL CONSEJO (Continuación)

análisis probabilistas de seguridad.

- GS-7.3 Rev. 1 Bases para el establecimiento de los servicios y unidades técnicas de protección radiológica.

- GS-1.13 Contenido de los reglamentos de funcionamiento de las centrales nucleares.

- GS-5.16 Documentación técnica para solicitar autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas constituidas por equipos para el control de procesos industriales.

- GS-9.1 Control del proceso de solidificación de residuos radiactivos de media y baja actividad.

- GS-5.9 Documentación para solicitar la autorización e inscripción de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X.

- GS-10.1 Rev. 2 Guía básica de

garantía de calidad para instalaciones nucleares.

Modificación del horario del registro general del CSN

El día 3 de noviembre y por Instrucción del Consejo de fecha 5 de junio de 2002, se aprobó el calendario laboral del personal al servicio del CSN, disponiendo que el horario del registro general fuese de 9 a 14 y de 16 a 18 h., de lunes a viernes, y de 9 a 14 h. durante el periodo de jornada especial de verano. Dicho horario conlleva que durante el periodo de jornada de trabajo normal, el registro general permanezca abierto los viernes de 16 a 18 horas. Con el fin de adecuar el horario a las necesidades reales del servicio y de conformidad con el artículo 38.6 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen jurídico

de las administraciones públicas y del procedimiento administrativo común, en el que se dispone que "cada Administración Pública establecerá los días y horario en que deban permanecer abiertos sus registros, garantizando el derecho de los ciudadanos a la presentación de documentos", y al ser prácticamente nula la entrada de documentación externa en la tarde de los viernes, el Consejo ha acordado modificar la Instrucción de 5 de junio de 2002, reguladora del calendario laboral del personal al servicio del Consejo de Seguridad Nuclear, en los siguientes términos: Horario de Registro General: Lunes a jueves de 9 a 14 y de 16 a 18 h. Viernes de 9 a 14 h. El periodo correspondiente a la jornada especial de verano permanece inalterable.

Reactor Arbi

Las operaciones de desmantelamiento del reactor se encuentran muy avanzadas. Se ha realizado una inspección a la instalación durante el mes de octubre.

El titular prevé solicitar la declaración de clausura antes de fin de año.

Fábrica de combustible de Juzbado

Durante el periodo indicado no se han producido incidencias operativas en la instalación y no se ha aprobado por parte del Consejo ninguna modificación en cuanto a documentos oficiales de explotación y modificaciones de diseño o de las condiciones de operación aunque se están realizando las evaluaciones pertinentes sobre solicitudes presentadas por el titular.

El CSN ha realizado las siguientes inspecciones:

- Sistema de protección física.
- Protección del público: control de efluentes líquidos y gaseosos.
- Cumplimiento del Programa de Garantía de Calidad.
- Servicio de dosimetría personal.

Todas, excepto la última, pertenecen al Programa Base de Inspección.

Además, las actividades reguladoras más significativas han sido:

- La continuación de la evaluación de las modificaciones del estudio de seguridad y las especificaciones de funcionamiento, para recoger las nuevas especificaciones sobre efluentes y la metodología de cálculo de los límites establecidos.

Se ha apreciado favorablemente por la Dirección de Seguridad Nuclear (DSN) el plan de la revisión periódica de la seguridad que se requirió por instrucción técnica del CSN, de acuerdo con el condicionado de la 6ª prórroga del PEP y considerando la *Guía de seguridad 1.10* del CSN.

INSTALACIONES RADIATIVAS

Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas

Entre el 31 de agosto y el 31 de noviembre de 2004 el CSN ha realizado las siguientes actuaciones relativas a instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas: 15 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones, 47 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones

Sellado y pintado de fisuras de los muros del foso del edificio auxiliar de la central nuclear Ascó II

El Consejo ha acordado, con fecha 3 de noviembre, apreciar favorablemente el sellado y pintado de fisuras de los muros del foso del edificio auxiliar de la central nuclear Ascó II, según consta en el apartado 2.4 del Libro V del Manual de vigilancia de la central nuclear Ascó II.

Participación en el Sistema de Información sobre Exposiciones Ocupacionales de la NEA (ISOE). Año 2004

El objeto de la participación es presentar las actividades realizadas dentro del sistema ISOE de la NEA, así como proponer el pago de la contribución española a su financiación en el año 2004 y con-

firmar el interés de continuar en dicha participación durante el año 2005. El coste de la participación del CSN en el proyecto no supone incremento respecto al año anterior. A la vista de lo que antecede, el Consejo ha acordado, el 10 de noviembre, que se inicien los trámites para abonar al CEPN *Centre d'etude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucleaire* la participación española en el Sistema de Información sobre Exposiciones Ocupacionales de la NEA (ISOE) correspondiente al año 2004.

Estudio Genérico de Seguridad del contenedor ENSA-DPT para su uso en instalaciones de almacenamiento de combustible irradiado

Enresa ha solicitado la modificación del estudio genérico de segu-

ridad del contenedor que figura en el epígrafe y el Consejo ha acordado apreciar favorablemente, el día 10 de noviembre, la revisión número 6 del estudio genérico de seguridad del contenedor ENSA-DPT para su uso en instalaciones de almacenamiento de combustible irradiado, estableciendo condiciones al respecto.

Revisión número 2 del Certificado de Aprobación E-077/B(U)F-96, emitido por España, relativo al modelo de bulto de transporte ENSA-DPT

El día 10 de noviembre, el Consejo ha acordado informar favorablemente la revisión número 2 del certificado de aprobación E-077/ N(U)F-96, emitido por España, relativo al modelo de bulto de transporte ENSA-DPT, solicitado por Enresa.

previamente autorizadas y 15 informes para declaración de clausura; 12 informes para la autorización de retirada de material radiactivo; tres informes para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico, cuatro informes relativos a aprobación de tipo de aparatos radiactivos, ocho informes sobre homologación de cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal y un informe para autorización de otras actividades reguladas según el artículo 74 del RINR (*Reglamento de Instalaciones nucleares y radiactivas*).

Acciones coercitivas adoptadas sobre instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas

En el período comprendido entre el 31 de mayo y el 31 de agosto de 2004 el CSN ha propuesto la apertura de expedientes sancionadores a los titulares de dos instalaciones radiactivas, uno a una instalación médica y uno a una instalación comercial.

Asimismo, se ha impuesto una multa coercitiva a una instalación de rayos X de radiodiagnóstico médico.

El CSN ha remitido 13 apercibimientos a instalaciones radiactivas y actividades conexas, de ellos tres se han dirigido a instalaciones industriales, dos a ins-

talaciones comerciales, uno a una instalación médica y siete a instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico.

Circular a Centros Sanitarios con instalaciones de Medicina Nuclear.

Se ha dirigido una circular a los centros sanitarios con instalaciones de medicina nuclear indicándoles las medidas que deben adoptar para facilitar al máximo las operaciones de descarga y entrega de material radiactivo con el objetivo de reducir las dosis al personal responsable del movimiento de los bultos y a los miembros del público que se encuentren en las inmediaciones de las zonas de descarga o tránsito de los mismos.

Circular a Empresas Externas que prestan servicios en instalaciones nucleares e instalaciones del ciclo del combustible

Se ha dirigido una circular a las entidades inscritas en el registro de empresas externas que prestan servicios en instalaciones nucleares e instalaciones del ciclo del combustible, con el objetivo de clarificar algunos requisitos incluidos en la instrucción del Consejo IS-06, sobre formación de los trabajadores de esas empresas en materia de protección radiológica, así como de dar orientaciones prácticas a los titulares sobre posibles

ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

Sucesos notificables

Durante este periodo se han recibido en la Sala de Emergencias del CSN (Salem) cinco informes de suceso notificable en una hora y 12 informes de suceso notificable en 24 horas, de éstos, cinco corresponden a ampliación de la información enviada en el de una hora. En ninguno de ellos ha sido necesaria la activación de la Organización de Respuesta a Emergencias (ORE) del CSN.

Actividades en materia de emergencias

El 14 de octubre se realizó un ejercicio de activación de la ECD de Mondéjar del Penguá (Plan de Emergencia Nuclear de Guadalajara), en el que por parte del CSN participaron: el grupo del Penguá de Eulen-Proinsa de rápida intervención con sus seis efectivos, un coordinador y un observador, tras la preparación de dicha ECD (Estación de Clasificación y Descontaminación) el personal actuante realizó prácticas de medida de una hipotética contaminación en escolares llevados a la ECD procedentes del colegio local.

El 27 de octubre se llevó a cabo en el Penbu un ejercicio de amplio



Vista parcial de la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear.

alcance, que se extendió en tiempo desde las 09:00 hasta las 21:00 y que contempló la activación de todos los controles de acceso, se produjo una situación especial en el control de acceso del punto ubicado en la carretera A-2122, que fue establecido por primera vez por la Ertzaintza. Se simuló la profilaxis radiológica en diversos municipios de zona IA (entorno 3 km) y IB (entorno 5 km), la evacuación de dos colegios, uno ubicado en Frías y otro en Quintana Martín Galíndez y la evacuación de trabajadores de la central nuclear Santa M^a de Garoña que se llevaron a la ECD activada, ubicada en Busto de Prueba.

En el ejercicio debido participaron más de 500 actuantes, de los tres grupos operativos del Penbu, actuantes de diversos Planes de Emergencia Municipales (Pamen) y observadores de diversas instituciones y procedencias.

Por el CSN, además del JGR (Jefe Grupo Radiológico) del Penbu, participaron el grupo provincial de Eulen-Proinsa de rápida intervención con sus seis efectivos y un coordinador, tres técnicos del retén de la ORE del CSN, un técnico que auxilió al JGR en el Cecop (Centro de Coordinación Operativa), y dos observadores. Asimismo, participó personal de Tecnatom y de Enresa.

vías para dar cumplimiento a los mismos.

Nueva etapa en el funcionamiento de la Red ALARA Europea

La Comisión Europea (CE) promovió en 1996 la creación de la Red Alara Europea (EAN), con el objetivo de avanzar en los desarrollos relacionados con la optimización de las exposiciones ocupacionales a las radiaciones ionizantes y facilitar la diseminación de buenas prácticas Alara. Actualmente, 18 países de la Unión o candidatos a ingresar en ella participan en la EAN.

Las actividades de la EAN hasta la fecha han consistido en la publicación de boletines recogiendo información relevante sobre aplicación de la optimiza-

ción en Europa (14 publicados), organización de un taller anual monográfico sobre aplicación de Alara en un sector o actividad específica y el desarrollo de una página Web. España ha participado activamente en la EAN desde su creación.

La financiación de las actividades de la EAN ha venido siendo realizada hasta la fecha por la CE mediante fondos de los Programas Marco de Investigación 4^o y 5^o. En el momento de su creación se estableció que la EAN debía conseguir a largo plazo su autofinanciación.

Los responsables de EAN se han dirigido a los países miembros para conocer su disposición a contribuir económicamente a la financiación de la EAN,

Las lecciones aprendidas en el ejercicio fueron transmitidas a la unidad de PC de Burgos, con el fin de que en un juicio crítico se encuentren soluciones a las deficiencias y aspectos mejorables comentados.

En este periodo se han realizado los simulacros de los Planes de Emergencia Interior (PEI) de la central nuclear de Cofrentes y la central nuclear de Almaraz. En estos ejercicios se ha activado el centro de apoyo técnico de ambas centrales nucleares, así como los centros de control operativo del Plan de Emergencia Nuclear de Valencia (Penva) y del Plan de Emergencia Nuclear de Cáceres (Penca) respectivamente. En ambos simulacros, que fueron presenciados *in situ* por inspectores del CSN, se activó además la Sa-lem con el personal necesario para afrontar dichas situaciones de emergencia simuladas.

Los ejercicios se realizaron con escenarios desconocidos, tanto para la mayor parte de actuantes de las instalaciones, como del propio CSN. Mediante ellos se ha probado el nivel de respuesta de las instalaciones, la correcta actuación de los participantes, el buen estado de los

sistemas puestos en juego y en general la operatividad de los medios de que disponen los PEI y el adiestramiento del personal en su correcta utilización, tomándose nota, tanto por los observadores en las Instalaciones, como por los inspectores del CSN, de las deficiencias y de los temas susceptibles de mejora.

El 17 de noviembre, se celebró en Cáceres la última de las reuniones mantenidas en los Cecop de todos los planes provinciales con objeto de materializar formalmente la transferencia de la gestión de los equipos de medida de los grupos radiológicos provinciales. Hasta ahora tarea realizada por personal de Protección Civil de la provincia correspondiente y de la que se ha hecho cargo recientemente el CSN, para lo que ha contratado los servicios de la empresa Eulen-Proinsa.

Se aprovechó además para presentar al personal del Penca presente, la aplicación informática Géminis, de gestión de equipos de medida de radiaciones, que ha sido desarrollada ex profeso por la citada empresa y que vía internet al personal autorizado, se le permitirá su consulta desde cualquier PC, la aplicación permitirá conocer todas

las incidencias relacionadas con los equipos de todos los grupos radiológicos, así como la documentación inherente a cada uno de los planes de emergencia.

En una reunión celebrada en España los pasados días 28 y 29 de octubre de 2004, se aprobó definitivamente el documento de creación de la *European Nuclear Security Regulators Association* (ENSRA). Se trata de un grupo informal constituido por expertos de los organismos reguladores de seguridad física de Alemania, Reino Unido, Francia, Bélgica, Suecia, Finlandia Suiza y España.

Por parte española participaron en la creación de ENSRA técnicos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, del Ministerio de Interior y del Consejo de Seguridad Nuclear, distintas autoridades gubernativas y organismos reguladores, cuyo objetivo es establecer un foro para el intercambio confidencial de información y experiencias relacionados con la seguridad física en instalaciones nucleares y promover un acercamiento común a las prácticas de seguridad física, tema donde resulta evidente la necesidad de cooperación internacional.

de forma que esta comience su funcionamiento, con financiación procedente exclusivamente de los países participantes, en el año 2005.

El CSN ha comunicado su disposición a contribuir a la financiación de la EAN en esta nueva etapa de su funcionamiento.

Sucesos notificables

Entre el 31 de agosto y el 31 de noviembre de 2004 se notificaron al CSN los sucesos en instalaciones radiactivas que se indican a continuación:

- El 31 de agosto, en Acerinox, S.A., se produjo el rebose de acero líquido en la línea de Colada Continua que afectó a un equipo radiactivo de medida de nivel.
- El 20 de septiembre, en Eptisa Servicios de Ingeniería,

S.A., el equipo radiactivo para medida de densidad y humedad de suelos fue arrollado por un vehículo en obra.

- El 7 de octubre, en Agbar Certificación, S.L., se produjo la imposibilidad de retornar la fuente radiactiva al contenedor equipo de gammagrafía por desconexión de portafuentes y telemando.

- El 21 de octubre, en Siderúrgica del Mediterráneo, S.A., se produjo la exposición de tres operarios de mantenimiento clasificados como miembros del público durante labores de mantenimiento de un equipo de rayos X para control de procesos.

- El 15 de noviembre, en el Centro de Estudios de Materiales y Control de Obras, S.A., un equipo radiactivo para medida de densidad y humedad de suelos fue arrollado por un vehículo en obra. ☹

Noticias breves

- Consejo de Seguridad Nuclear ● Nombramientos ● Congresos, cursos y conferencias ● Actividades Internacionales

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Comparecencia ante la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados

El 1 de diciembre de 2004, la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, María-Teresa Estevan Bolea, compareció ante la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados para informar sobre la memoria, en relación con el Informe Anual del Consejo correspondiente al año 2003, quinto que se presenta ante el Congreso de los Diputados y el Senado, en cumplimiento del artículo 11 de su ley de creación de 1980.

Tras la exposición oral de las actividades llevadas a cabo durante 2003 y las cuestiones de mayor interés relativas a 2004, se pasó a un turno de intervenciones de los Grupos Parlamentarios presentes y posterior contestación por parte de la presidenta. Próximamente el Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados publicará de forma íntegra esta comparecencia (<http://www.congreso.es>).

Previamente, el día 24 de noviembre de 2003, habían comparecido ante la ponencia encargada del estudio del Informe Anual el secretario general, Antonio Morales; la directora técnica de seguridad nuclear, Isabel Mellado; el director técnico de protección radiológica, Juan Carlos Lentijo; el subdirector general de instalaciones nucleares, Javier Zarzuela; el subdirector general de emergencias, Eugenio Gil; el subdirector general de protección radiológica operacional, Manuel Rodríguez; la subdirectora general de protección radiológica ambiental, Lucila Ramos y el subdirector general de personal y administración, Agustín Cerdá.

Premio por 25 años de servicio en las administraciones públicas

El día 17 de diciembre de 2004 se celebró en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear un acto conmemorativo en homenaje a los trabajadores del organismo que cumplieron 25 años de servicio en la Administración durante el pasado año: Carmen Morales Costales, M^a Paz Vey-

runes García-Serrano, Ángeles Martín López, Marcelo Fernández-Bolaños Porras, Víctor Senderos Aguirre, Eugenio Gil López, Julia Martín Moreno, José Ignacio Calvo Molins, Antonio García Rotellar y Juan Antonio Bagües Somonte.

Acto de firma del convenio de colaboración entre el CSN y la Universidad Politécnica de Cataluña para la creación de la cátedra de seguridad ARGOS en la ETSIIB

El pasado día 22 de octubre, tuvo lugar en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear, el acto de firma del convenio de colaboración entre este organismo y la Universidad Politécnica de Cataluña, para la creación de la cátedra de seguridad nuclear ARGOS.

La firma del documento se llevó a cabo por la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, María-Teresa Estevan y el director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona (ETSIIB), Ferrán Puertas, a quien acompañaban el subdirector de política académica, Francesc Roure, el director del Instituto de Técnicas Energéticas, Xavier Ortega y el director de la sección de ingeniería nuclear de la ETSIIB, Javier Dies.

Al acto asistieron también por parte del CSN los miembros del comité de coordinación para este convenio –el consejero Julio Barceló, el asesor de la presidencia Antonio Gea y el jefe de área de modelización y simulación, Miguel Sánchez Perea–, además de los directores técnicos de seguridad nuclear y protección radiológica y miembros del gabinete técnico de la presidencia.



La presidenta del CSN junto a los homenajeados.

Después del acto institucional, la delegación de la ETSIIB visitó la Sala de Emergencia (Salem) y el Centro de Información del CSN.

El objetivo de esta iniciativa es el de incentivar por parte de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, con el apoyo del CSN, la formación de técnicos altamente cualificados a través de los planes de estudios, cursos especializados y participación activa en proyectos de investigación, relacionados con la seguridad en las instalaciones nucleares e instalaciones asociadas.

La cátedra lleva por nombre el del antiguo reactor experimental ARGOS, recientemente clausurado y que hoy aloja, en lo que fuera su sala de control, el nuevo simulador experimental. La cátedra ARGOS pretende dar continuidad a las actividades de formación, como durante 40 años hiciera el reactor experimental.

► NOMBRAMIENTOS

Nombramiento de Antonio Colino como miembro de la Real Academia de Ingeniería

El pasado día 14 de diciembre tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas el solemne acto de admisión de Antonio Colino, anterior presidente de Enresa, como miembro de la Real Academia de Ingeniería.

El discurso inaugural, titulado "Historia, energía, hidrógeno" constituyó una lección de pedagogía energética desde sus orígenes hasta su futuro más próximo, que el nuevo académico convirtió en homenaje a sus predecesores: "brindo esta idea al ilustre ingeniero, académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, académico de la Real Academia Española, presidente de su Comisión de Vocabulario Científico y Técnico y padre mío", y a las generaciones futuras, entre los que se encuentra su hijo, a la sazón, también ingeniero.

La contestación al discurso corrió a cargo del académico José Pérez de Arriaga, quien alabó la labor de Colino en las dos empresas a las que más tiempo ha dedicado, Endesa y Enresa, a su dedicación internacional y especialmente a lo que expresó que constituye uno de los princi-



Antonio Colino leyendo su discurso inaugural.

pales méritos para el ingreso en la academia: su aportación en el Diccionario de la Energía.

José Gutiérrez López, presidente de la SEPR

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) ha constituido una Junta Directiva cuyo mandato ejercerá en el periodo 2004-2006. José Gutiérrez López ocupa el cargo de presidente de la Sociedad. Gutiérrez López es licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid (1972). Desde 1973 ha desarrollado su actividad profesional en el Ciemat (antes JEN) donde desempeñó diversos puestos siempre relacionados con la Vigilancia Radiológica Ambiental y la Protección Radiológica del Público. En la actualidad, es director del departamento de Impacto Ambiental de la Energía del Ciemat.

En el ámbito internacional ha sido miembro de varios comités y grupos de expertos (Comités Consultivos y de Gestión del Programa de Seguridad de la Fisión Nuclear de la Comisión Europea; Grupo Ejecutivo sobre Vertido de Residuos Radiactivos en el Mar, NEA/OCDE, y Comités Técnicos del OIEA sobre criterios para la recuperación de áreas contaminadas por accidentes nucleares). Actualmente, es miembro del Comité de Protección Radiológica y Salud Pública de NEA/OCDE y del Grupo de Expertos para el Desmantelamiento y Gestión de Residuos del JRC de la UE. Desde 1996 a 2002 ha sido coordinador del Comité Científico de la revista "Radioprotección" de la SEPR.

► CONGRESOS, CURSOS Y CONFERENCIAS

Reunión Cowam España

Durante los pasados días 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2004, tuvo lugar en Madrid la celebración del I Seminario General de Cowam España.

Cowam España es un intento de definir la metodología para la búsqueda de soluciones reales y posibles para las necesidades españolas de emplazamientos para almacenamientos de residuos radiactivos y se enmarcará dentro de los objetivos del programa de trabajo europeo Cowam (Community Management Waste). Ello, en un esfuerzo para comprender mejor cómo los aspectos relativos a la aceptación pública influyen y condicionan el éxito de los procesos de toma de decisión en los temas relacionados con estos almacenamientos.

Basándose en los resultados de Cowam I, y otras experiencias relevantes, el proyecto concretará a nuestro país y a nuestra cultura la base de experiencia en este campo en materia de gestión de residuos radiactivos.

Cowam España es una iniciativa auspiciada por AMAC en colaboración con Enresa y el Consejo de Seguridad Nuclear y gestionada por la Escola de

Previsió i Seguretat Integral de la Universitat Autònoma de Barcelona, cuyo objetivo general es la elaboración de una metodología para la toma de decisiones de forma consensuada tanto a nivel local como estatal en relación con la definición, localización y búsqueda de emplazamientos para los residuos radiactivos.

En este primer seminario general, abierto a la participación de representantes de distintos ámbitos sociales, se presentaron los avances de los trabajos que se están desarrollando en los distintos grupos temáticos:

- Democracia y sistemas de participación local, a cargo de Josep Castellnou, alcalde de Vandellòs-L'Hospitalet de l'infant.

- Entorno institucional, proceso de toma de decisiones y estrategia de residuos, a cargo de Jorge Lang-Lenton, director de comunicación de Enresa.

- Gobernabilidad a largo plazo, a cargo de José Francisco Morales, asesor de comunicación del CSN.

Se debatieron las cuestiones surgidas durante las sesiones de trabajo.

El seminario contó asimismo con la participación de distintos representantes de varias comunidades autónomas y universidades, así como con el coordinador general de Cowam 2, Gilles Heriard-Dubreuil, y de Claudio Pescatore que, como representante de la NEA, presentó el programa internacional *Forum on Stakeholder Confidence* (FSC).

Jaime Palop, director general del Agua del Ministerio de Medio Ambiente inauguró el seminario y Javier Arana, subdirector general de Energía Nuclear participó en el cierre del mismo evento.

Para más información <http://www.cowam.org/es>

Curso de desarrollo de directivos del CSN

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) inició a finales de 2002 un proyecto de mejora de su gestión (información inicial sobre el proceso: <http://www.csn.es/download/vie.pdf>). Desde esta fecha, la definición de misión, visión y objetivos estratégicos ha dado paso a la elaboración de un Plan Estratégico y a una reingeniería de procesos con el objeto de aumentar la eficacia, la eficiencia y la credibilidad del organismo (el Plan Estratégico se difundirá a los medios de comunicación en breves fechas).

Es evidente que el objeto para el que fue creado el CSN permanece estable en el tiempo, al igual que sus obligaciones, a las que en todo caso se suman otras nuevas derivadas del progreso de las tecnologías, la industria y la sociedad. Tanto los sectores regulados como la propia actividad reguladora están sometidos a una fuerte dinámica de cambios y evolución. Por eso el CSN y su personal tiene que adaptarse a estos cambios para prestar a la sociedad un servicio de calidad. Dentro de los procesos de mejora antes mencionados, ha quedado establecida la necesidad de reforzar la formación del personal como un mecanismo

imprescindible para que esta evolución se produzca. En este sentido, el CSN decidió contar con el Instituto de Empresa para llevar a cabo un programa de formación de directivos de 150 horas, destinado a fortalecer otros conocimientos, suplementarios a las competencias técnicas de las personas que deben ser las impulsoras de este cambio.

El curso ha abordado aspectos financieros, potenciación de habilidades de liderazgo para gestionar equipos, conocimientos o diversidades corporativas, la visión del entorno, dirección estratégica, control de gestión, reputación corporativa y gestión de procesos en servicios, y ha incluido un módulo para proporcionar una visión global de los diferentes conceptos de regulación en el sector eléctrico.

La clausura fue el 26 de noviembre de 2004, y en ella participaron María-Teresa Estevan, presidenta del CSN; Alfonso Martínez de Irujo, presidente del Colegio de Dirección; Mariano Oyarzábal, director general; Iñigo Castellano, director corporativo del Sector; Emilio Velasco, director de desarrollo In-Company, director del curso CSN y Antonio Morales, secretario general del CSN.

En este curso participaron 36 personas de la alta dirección del CSN y personal con responsabilidad en grupos de trabajo.

La presidenta en su discurso recordaba que "la evolución de una institución se produce en la medida en que las personas que la componen aceptan las nuevas necesidades y trabajan para satisfacerlas. La responsabilidad de la alta dirección es impulsar para que toda la organización avance acompasadamente y esto se consigue definiendo claramente las líneas de actuación y permitiendo que las personas que han de llevarlas a cabo se desarrollen y aporten lo mejor de sí mismas. La formación es un mecanismo imprescindible para que estos cambios se produzcan."

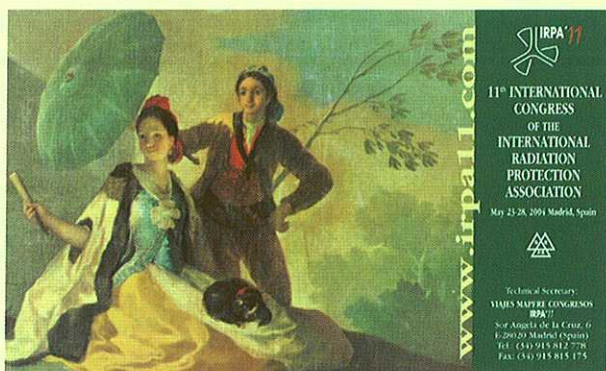
Con estas premisas, el CSN ha emprendido esta formación dirigida inicialmente a quienes han de ser motores de este cambio, quienes han de impulsar dentro de sus grupos de trabajo el desarrollo de nuestra misión, visión y líneas estratégicas.

Jornada sobre IRPA 11

El día 27 de septiembre de 2004, tuvo lugar en la sede del Ciemat, en Madrid, la Jornada con debate sobre "Repercusiones del congreso IRPA 11 en el futuro de la Protección Radiológica en España"

El objetivo de esta jornada fue la presentación y debate de las conclusiones del Congreso IRPA 11, celebrado del 23 al 28 de mayo de 2004, con vistas a deducir y definir las acciones que de ello se derivan para la protección radiológica en España, así como para la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Además de ponencias invitadas, se llevó a cabo una mesa redonda.

La inauguración corrió a cargo de la presidenta del



Consejo de Seguridad Nuclear, a la que acompañaban en el acto el secretario general de relaciones externas e institucionales del Ciemat, en representación de su director general y el subdirector general de sanidad ambiental, en representación del director general de Sanidad Pública.

La jornada, que coincidió con la asamblea general ordinaria de la SEPR, estuvo organizada por la propia Sociedad, con la colaboración de las entidades CSN, Enresa, Ciemat, Unesa y Enusa.

Reunión Anual 2004 con los inspectores de las Comunidades Autónomas con encomienda

El pasado 4 de noviembre, en el salón de actos del CSN, y organizada por Relaciones Institucionales del Gabinete Técnico de la Presidencia, ha tenido lugar la reunión técnica anual de los inspectores de las encomiendas de funciones de las comunidades autónomas de Baleares, Canarias, Cataluña, Galicia, Navarra, País Vasco y Valencia. Este año por primera vez ha asistido, en representación del Principado de Asturias, el técnico Carlos Arcos, quien en estos momentos está inmerso en el proceso de formación como inspector acreditado.

La reunión fue presidida por María-Teresa Estevan Bolea, presidenta del CSN, por Antonio Morales, secretario general y por Juan Carlos Lentijo, director técnico de protección radiológica, quienes dieron la bienvenida a los asistentes e hicieron un repaso general del estado de las siete encomiendas firmadas, reconociendo el esfuerzo generado por todos los actuantes y resaltando el satisfactorio desarrollo de todos los convenios. En particular, la presidenta del CSN resaltó el importante papel que juegan los inspectores acreditados y la necesidad social de profundizar en las encomiendas de funciones.

A continuación, un representante de cada comunidad autónoma desarrolló una ponencia cuyo enfoque estuvo dirigido a exponer aquellos casos o temas en los que la experiencia pudiera servir al resto de los inspectores. Es decir, la realimentación de la experiencia operativa, que está considerada como uno de los elementos básicos de la seguridad nuclear, y que ha dado y seguirá dando muy buenos resultados en

ese ámbito, comenzamos, también de esta manera, a exportarlo a la seguridad en las instalaciones radiactivas.

Además, como cada año, dentro de un extenso debate, se cumplió el objetivo de intercambiar las cuestiones o inquietudes de cada asistente, siendo estas resueltas por aquel experto en el tema que se tratara.

Finalmente, por parte del CSN, una serie de técnicos trataron de forma específica los siguientes temas de actualidad:

- Reingeniería del proceso de licenciamiento de instalaciones radiactivas.
- Instrucciones técnicas y circulares genéricas remitidas por el CSN a las instalaciones radiactivas.
- Aplicación de modelos para elaboración del plan anual de trabajo y el informe anual.
- Informe de resultados del plan piloto de inspección de instalaciones de radiodiagnóstico médico.
- Asistencia en materia de emergencias.
- Control de fuentes radiactivas. *Directiva 122/2003/Euratom* sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas. Código de Conducta del OIEA sobre seguridad radiológica y física de fuentes radiactivas.
- Reglamentación de transporte en vigor y últimas publicaciones en ese ámbito y cuestiones relacionadas con la inspección de transporte.

En conclusión se puede afirmar que hubo, por parte de todos los asistentes, un gran interés por este tipo de reuniones técnicas que ponen no sólo en contacto directo y general a los inspectores de encomiendas con los técnicos del CSN, sino que da la oportunidad para intercambiar experiencias entre ellos mismos.

Jornada Radiaciones ionizantes y cáncer

El día 20 de noviembre se celebró en Zaragoza, dentro del programa *Genética, medio ambiente y sociedad* la jornada *Radiaciones ionizantes y cáncer*, organizada por la Fundación Genes y Gentes y con el patrocinio del CSN y el gobierno de Aragón. En esta jornada, compuesta por seis ponencias cuyos autores eran personalidades sobradamente conocidas en el mundo de la medicina y de la investigación, se explicaron, por un lado, los conocimientos actuales sobre la carcinogénesis y por otro, los nuevos avances en el diagnóstico y en la terapia génica del cáncer exponiéndose las técnicas más avanzadas en oncología radioterápica y explicando el riesgo del cáncer radioinducido y las bases biológicas de la radioprotección. Actuaron como coordinadores de las conferencias los académicos numerarios, Fernando Solsona y Luis Miguel Tobajas, de la Real Academia de Medicina de Zaragoza. Hay que resaltar el extraordinario éxito conseguido en la convocatoria, sin duda por la gran curiosidad y preocupación derivada de los temas a tratar.

▶ ACTIVIDADES INTERNACIONALES

Congreso sobre embalaje y transporte de materiales radiactivos (PATRAM)

Del 20 al 24 de septiembre se celebró en Berlín el decimocuarto congreso sobre embalaje y transporte de materiales radiactivos (PATRAM), organizado por el Instituto de materiales alemán BAM. En este congreso, que se convoca cada tres años en diferentes sedes internacionales, se han reunido expertos de las autoridades nacionales, organismos internacionales y de la industria del sector. De los numerosos temas tratados se destacan, por el interés que han despertado, las presentaciones y los debates acaecidos sobre asuntos como la información al público (información *versus* seguridad física), el incremento de los rechazos de los transportes en el medio aéreo y marítimo, la influencia (ventajas e inconvenientes) sobre la estabilidad reglamentaria del proceso de revisión bianual del reglamento de transporte del OIEA y su traslado a los reglamentos internacionales, los procedimientos para la evaluación de la respuesta estructural y térmica mediante ensayos y mediante simulación, el incremento de las medidas de seguridad física en los transportes ante la evolución de la amenaza terrorista tras el atentado del 11 de septiembre, la necesidad de mayor uniformidad en los procesos de evaluación y certificación de embalajes, las tendencias en el diseño de embalajes de combustible irradiado y en el almacenamiento temporal de este material en contenedores de doble propósito (almacenamiento/transporte), la evolución de las dosis recibidas por los trabajadores de ciertos sectores como el transporte de radiofármacos y los protocolos de respuesta ante emergencias. En definitiva, se ha tratado de un excelente foro para el intercambio de información y experiencias sobre todas las actividades que se desarrollan en esta área.

Conferencia del OIEA en Pekín

Del 18 al 22 de octubre de 2004 se ha celebrado en Pekín, China, una conferencia sobre nuevos retos en la seguridad nuclear (*International Conference on Topical Issues in Nuclear Installation Safety-Continuous Improvement of Nuclear Safety in a Changing World*) organizada por el departamento de seguridad nuclear del OIEA. Richard Meserve, ex-presidente del organismo regulador de Estados Unidos, presidió la conferencia.

El objetivo principal de la conferencia era determinar, entre otras cosas, cuáles son los principales temas de interés entre los reguladores y operadores de instalaciones nucleares y radiactivas para definir los futuros programas de trabajo de las distintas áreas de este organismo internacional.

Asistieron los responsables de los organismos reguladores de un gran número de países (Bulgaria, Canadá,

China, Eslovaquia, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Hungría, Japón, Reino Unido, República Checa, Rusia, Suecia y Ucrania), así como el director general de la OCDE/NEA, el director de seguridad nuclear del OIEA, representantes de operadores de instalaciones nucleares como el presidente de la Asociación de Operadores Nucleares, WANO y el presidente de EDF de Francia, y un gran número de participantes de más de 30 países.

La representación española estuvo encabezada por el vicepresidente del CSN, José Ángel Azuara, que copresidió la cuarta sesión técnica, sobre operación a largo plazo de las instalaciones nucleares.

La conferencia constaba de cuatro sesiones técnicas:

- La diversidad y la globalización en un marco en evolución.
- Experiencia operativa: Gestión efectiva ante los cambios.
- Sistemas de gestión reguladora: Adaptación ante la evolución.
- Operación a largo plazo: Mantener los márgenes de seguridad cuando se alarga la vida de las instalaciones.

Durante cada sesión técnica, se realizaron en torno a diez presentaciones. Cabe destacar las presentaciones del Nils Díaz, presidente de la NRC; Shojiro Matsuura, director de la NSC de Japón; Luis Echávarri, director general de la OCDE/NEA; Tomihiro Taniguchi, director de seguridad nuclear del OIEA y del Sr. André-Claude Lacoste, Director General de la DG SNR de Francia. Los responsables de los organismos reguladores de Canadá, Suecia, República Checa, Hungría y Eslovaquia realizaron también presentaciones.

Paralelamente, durante los descansos y almuerzos, existía un área reservada para la exposición de pósters relacionados con los temas de cada sesión técnica.

Reunión bilateral con el organismo regulador francés

Cada año se celebra una reunión bilateral de alto nivel entre la Dirección General de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica de Francia, DGSNR, y el Consejo de Seguridad Nuclear de España. En ella, los responsables de ambos organismos (André-Claude Lacoste, director general de la DGSNR y María-Teresa Estevan, presidenta del CSN) comparten información sobre los acontecimientos más recientes relativos a la seguridad nuclear y a la protección radiológica en ambos países, plantean nuevos retos que se deben afrontar y revisan las actividades bilaterales que se están llevando a cabo.

En esta ocasión, a la reunión que tuvo lugar en Madrid, en la sede del CSN, acudió el señor Lacoste, acompañado por tres de sus subdirectores (ingeniería, centrales y gestión de residuos y desmantelamiento).

Tras las presentaciones de María-Teresa Estevan y André-Claude Lacoste sobre lo acaecido en ambos organismos desde la última reunión bilateral (5-7 de oc-

tubre en Cherburgo, Francia), se dio paso a las presentaciones técnicas.

El primer día la discusión se centró en temas de seguridad nuclear. Los temas tratados fueron:

- Operación de las instalaciones nucleares desde la última reunión.

- Evaluación de la seguridad en la operación de las centrales.

- Licenciamiento de modificaciones en instalaciones nucleares.

- Inspecciones informadas en el riesgo.

Los temas tratados el segundo día se centraron en la protección radiológica y la gestión de los residuos:

- Desmantelamiento y gestión de los residuos.

- Reunión internacional sobre almacenamiento geológico profundo.

- Instalaciones para almacenamiento de residuos de media y baja actividad.

- Escala internacional para clasificación de incidentes radiológicos.

- Gestión de fuentes radiactivas.

El último punto de la reunión consistía en revisar las actividades bilaterales (inspecciones cruzadas, participación en ejercicios de emergencias, desmantelamiento, etc.). Se determinó continuar con estas actividades y estudiar el interés en reforzar la cooperación en temas relacionados con el envejecimiento.

La próxima reunión tendrá lugar en Francia, del 3 al 5 de octubre de 2005.

Visita de una delegación ucraniana

Los días 1 y 2 de julio de 2004 tuvo lugar en Kiev, Ucrania, la primera reunión bilateral de alto nivel entre la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear de Ucrania (SNRCU) y el Consejo de Seguridad Nuclear, en la que participó la presidenta, María-Teresa Estevan. En ella, entre otros, el organismo regulador ucraniano mostró gran interés en conocer en detalle la financiación del CSN y su potestad para emitir normativa. Con esta finalidad, una delegación ucraniana de alto nivel acudió a España para recabar más información sobre estos temas.

Del 22 al 25 de noviembre, el vicepresidente del organismo regulador ucraniano, acompañado por los viceministros de Justicia y Hacienda, así como el decano de la Facultad de Derecho de la Universidad de Kiev, el director para cooperación internacional del Ministerio de Economía y los responsables de asuntos legales y de relaciones internacionales del SNRCU, se desplazaron a Madrid para discutir sobre la financiación, la potestad para emitir normativa de organismos públicos relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Los dos primeros días y la mañana del tercero, visitaron el CSN, donde se reunieron con su vicepresidente, José Ángel Azuara, sus tres consejeros, Paloma

Sendín, Carmen Martínez Ten y Julio Barceló y el secretario general, Antonio Morales.

La reunión del primer día se centró en la financiación del organismo regulador y su independencia. Durante el segundo día, se discutió sobre el marco legal del regulador y la emisión de normativa. Por último, la mañana del tercer día, la delegación ucraniana visitó el Centro de Información y la Sala de Emergencias, Salem.

El resto de la visita se dedicó a conocer en detalle el marco legal y financiero de todas las instituciones y organismos relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica en España.

Para ello, la tarde del 24 de noviembre, la delegación ucraniana visitó el Ciemat, donde fue recibida por su secretario general, Rafael Caro. La delegación ucraniana se mostró muy interesada en conocer en detalle la relación entre este organismo y el CSN, así como los principales proyectos que se están llevando a cabo.

La mañana del 25 de noviembre el subdirector de energía nuclear del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Mariano Arana, recibió a la delegación. Realizó una presentación sobre la interacción entre los distintos organismos y el papel del ministerio. Se resaltó la estrecha colaboración con el CSN para el licenciamiento de instalaciones nucleares y radioactivas y para la emisión de normativa. La delegación ucraniana realizó varias preguntas sobre la política energética del Gobierno y el futuro de la energía nuclear en España.

Por último, la tarde del jueves, la delegación se desplazó a Enresa donde su director de investigación y tecnología, Álvaro Rodríguez Beceiro, la responsable de relaciones internacionales, Elena Vico y el jefe del departamento de planificación, José Manuel Espejo, expusieron las actividades de la compañía y su financiación. Cabe destacar el interés suscitado por el Plan General de Residuos Radiactivos ya que recoge las actividades que se llevan a cabo y las previsiones futuras.

Convención de Seguridad Nuclear

El III Informe nacional sobre el cumplimiento de las obligaciones de la Convención de Seguridad Nuclear fue entregado en el OIEA el 8 de septiembre. Dicho informe será revisado por las demás Partes de la Convención y presentado por España en abril de 2005. De igual modo, España examinará los informes de otros países.

La 15ª reunión de la *International Nuclear Regulators Association* (INRA)

Los días 2 y 3 de Diciembre de 2004 se celebró en Kyoto (Japon) la 15ª reunión de la *International Nuclear Regulators Association* (INRA). Asistieron representantes de los organismos reguladores de Alemania, Ca-



De izquierda a derecha: José Ignacio Villadoniga Tallón (CSN), Jeffrey S. Merrifield (NRC), Linda J. Kee (*Canadian Nuclear Safety Comisión*), Wolfgang Renneberg (*Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety of Germany*), Laurence Williams (*Nuclear Safety Directorate U.K.*), Shojiro Matsuura (*Nuclear Safety Comisión Japan*), Andre-Claude Lacoste (*Directorate General for Nuclear Safety and Radiation Protection of France DGSNR*), Kazuo Marsunaga (*Nuclear and Industrial Safety Agency, NISA, Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) Japan*) y Kunio Higashi (*Nuclear Safety Comisión, Japan*)

nadá, España, Estados Unidos, Japón, Francia y el Reino Unido.

La reunión tenía como objetivos fundamentales acordar una actualización de los "Términos de Referencia" de INRA e intercambiar información en cuanto a nuevos desarrollos reguladores, incidentes significativos, formación del personal de los organismos reguladores, rearranque de centrales paradas y desmantelamiento de centrales tras el fin de su operación. El intercambio de información permitió a cada participante aprender de la experiencia de los demás e identificar buenas prácticas, en los temas tratados, que pueden ayudar a mejorar la eficacia, eficiencia y credibilidad de todos los miembros de la asociación.

El día 4 de diciembre los miembros de INRA realizaron una visita al reactor nuclear rápido refrigerado por sodio de Monju, parado desde que en 1995 sufriera una fuga de sodio en el circuito secundario. Es destacable el intenso trabajo realizado por el propietario de la central para recuperar la confianza de los ciudadanos y de los poderes públicos locales.

Notas sobre la reunión del grupo WENRA 23-24 de noviembre en Estocolmo, Suecia

La reciente ampliación de la Unión Europea produjo en su día grandes desequilibrios entre los niveles de seguridad de sus instalaciones nucleares. Con objeto de armonizar la seguridad de estas instalaciones se pusieron en marcha iniciativas y programas dentro de las instituciones que la conforman. La Asociación de

Reguladores Nucleares de la Europa Occidental (*West European Nuclear Regulators Association, WENRA*) se constituyó con el objeto de establecer un Foro regional que permitiera el intercambio de información y experiencia en seguridad nuclear y el desarrollo de mecanismos que conduzca a su armonización en el medio y corto plazo. Este foro es actualmente exclusivo para los reguladores con competencias en instalaciones nucleares, no permitiendo su actuación en temas relacionados con la seguridad radiológica, presente en todos los países de la Unión Europea y de gran actualidad e importancia.

Wenra está actualmente concentrada en la definición e identificación de

niveles de seguridad de referencia en las plantas nucleares, las instalaciones de almacenamiento temporal para el combustible usado y en el desmantelamiento de instalaciones nucleares. Además Wenra prevé desarrollar durante el próximo año un plan para su aplicación y uso en el ámbito nacional.

Wenra se reúne de forma periódica dos veces (marzo y noviembre) al año. La representación institucional en la asociación la ostentan los máximos responsables de las autoridades nacionales en seguridad nuclear. La representación española es responsabilidad de la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea.

Wenra es consciente de la importancia y trascendencia que estos asuntos tienen para los países no nucleares de la Unión, así como para sus instituciones (Consejo, Comisión, Grupo de Cuestiones Atómicas); por lo que invita de forma periódica a representantes de estos países y de la Comisión.

La reunión se desarrolló en dos sesiones. La primera el 23 de noviembre para los estados miembros de la asociación y la segunda al día siguiente para estados no miembros e invitados de instituciones europeas. A continuación se destacan los aspectos más importantes de la reunión:

La Comisión Europea y la Agencia Europea del Espacio han constituido un grupo de trabajo para explorar y avanzar en las aplicaciones espaciales de la energía nuclear. Este grupo se ha dirigido a Wenra con el objeto de comenzar a estudiar las necesidades re-

guladoras en este contexto dentro del ámbito europeo. Y promueve la idea de que Wenra incorpore en su plan de trabajo estas cuestiones. La presidencia de Wenra se comprometió a desarrollar el tema durante los próximos meses con objeto de presentar algunas propuestas para la reunión de marzo.

Paul Woodhouse, NII Directorate, presentó los avances realizados por el grupo de trabajo sobre armonización de la seguridad nuclear en Europa en los últimos seis meses. Actualmente el grupo dispone de un borrador avanzado de un documento que recopila un conjunto de niveles de referencia de seguridad para las instalaciones nucleares. Estos están fundamentalmente basados en las recomendaciones del OIEA. J. Averous, líder del grupo de trabajo sobre armonización en la gestión de residuos radiactivos, explicó que el grupo ha finalizado dos borradores sobre niveles de referencia de seguridad en el desmantelamiento de instalaciones nucleares e instalaciones para el almacenamiento temporal del combustible usado. Hay que destacar que estos documentos son coherentes y complementarios al desarrollado por el grupo de seguridad de centrales nucleares.

En el orden del día se trató la inclusión, por parte del grupo de cuestiones atómicas (AQG), en el plan de acción para el desarrollo de las directivas relacionadas con la seguridad nuclear de una referencia a Wenra y una petición para que ésta informe al grupo de forma regular. Wenra acordó sugerir al grupo (AQG) un nuevo texto que exprese de forma fiel los objetivos de la asociación.

Señalar la presencia destacada de la Comisión de la UE. Esta estuvo representada por J. Gómez (director general de Enlarg), I. López (director general de Relex) y D. C. Waterloos (director general de Tren), lo que demuestra el interés de la Comisión en Wenra. Explicaron las actividades y planes de la Comisión, siendo de especial interés los trabajos que actualmente se realizan para reorganizar las actividades nucleares reguladoras. Paul Waterloos explicó que actualmente se estudia la fusión de los grupos Concert y NRWG en uno solo que aborde de forma integral todos los aspectos reguladores de la energía nuclear.

André-Claude Lacoste invitó a la asociación y a sus miembros a participar de forma activa en la reunión internacional que organiza la autoridad de seguridad nuclear francesa sobre la problemática presentada por el envejecimiento de las centrales nucleares. La reunión se celebrará en Dijon en junio de 2005.

Visita de una delegación del NWTRN (Nuclear Waste Technical Review Board)

Los días 15 al 18 de Noviembre tuvo lugar una visita a España de representantes del NWTRB que se entrevistaron con directivos de Enresa, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Consejo de Seguridad Nuclear y visitaron El Cabril. La delegación del




John Garrick, presidente de la NWTRB.

NWTRB venía encabezada por su presidente, John Garrick. El NWTRB asesora e informa al Congreso de los Estados Unidos y al secretario de Energía sobre los aspectos científicos del trabajo que realiza su departamento de energía en relación con el transporte y almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad y del combustible gastado. Precisamente la visita tenía como objetivo fundamental intercambiar información y experiencia entre el NWTRB y las organizaciones españolas responsables de la regulación y gestión de dichos residuos.

Presentación del Dr. Sasaki en la reunión de reguladores con ocasión de la conferencia general del OIEA

En la conferencia celebrada en Viena el día 21 de septiembre de 2004, el doctor Yasuhiro Sasaki, presidente del comité científico de las Naciones Unidas para el estudio de los efectos de las radiaciones atómicas, disertó sobre el estado y tendencias en las estimaciones de UNSCEAR sobre los efectos dañinos atribuibles a la exposición a las radiaciones ionizantes. Explicó la estructura, objetivos y actividades de UNSCEAR. Señaló que la dosis media anual en el mundo debida a la exposición a la radiación natural es del orden de 2,4 mSv/año, destacando su importancia relativa frente a la exposición a fuentes artificiales. En lo que se refiere a la exposición ocupacional, el doctor Sasaki dijo que 4,4 millones de trabajadores se encuentran profesionalmente expuestos, recibiendo una dosis media de 0,6 mSv/año. Más de la mitad de estos trabajadores se dedican a la profesión médica y unos 800.000 trabajan en actividades relacionadas con el ciclo del combustible nuclear. Una parte relevante de su presentación fue la relacionada con los trabajadores expuestos a fuentes radiactivas naturales. El doctor Sasaki mantuvo que unos 6,5 millones de estos trabajadores reciben dosis radiactivas superiores a las normales debido a sus actividades laborales. Entre estas profesiones figuran la minería del carbón, otras actividades mineras, las tripulaciones de aviones, el procesado de minerales y actividades con exposiciones al gas radón. La dosis anual media de estas personas está en torno a 1,7 mSv/año.

Sasaki acabó haciendo una breve referencia al programa de trabajo del UNSCEAR y sus actividades, la problemática presentada por el gas radón, prácticas médicas, exposición del público y trabajadores a fuentes múltiples, radioecología, estudios epidemiológicos, efectos a la salud y la relación entre las radiaciones ionizantes y el sistema inmunológico. 

(Page 2)

Symbiosis between learning and engineering simulators. Group activities for dynamic analysis of UPC nuclear systems in the area during the 1992-2002 period

F. Reventós, C. Petrel and Ll. Batet

This article focuses on the applications of several types of behaviour simulators for nuclear power plants. Special emphasis is given to the so-called training and engineering simulators and how they can complement each other. For example, how engineering simulators can assist in the validation of training simulators and in the improvement of plant availability through the optimization of several control system parameters. More importantly, safety at the plant can be improved through the verification of emergency procedures.

(Page 11)

High radioactive waste management

V. González

This article deals with reality of the high radioactive waste management in our country and submits for analysis the problems arising from different angles, while considering the situation outside our borders. The author explains the different management procedures for this type of waste and declares the need for authorities and the media to act on the misleading information found among the general public when considering these issues.

(Page 15)

Resident Inspection

E. España

Relying on the applications of Safety Probabilistic Risk Assessments, the CSN is working on the implantation of significant improvements in their inspection system through risk assessment inspections. This

Resúmenes

Summaries

will be similar to the integrated supervision system carried out by the United States' Nuclear Regulatory Commission (NRC) using the Reactor Oversight Process (ROP). This new model will be targeted for the most significant safety processes, the more important ones receiving greater dedication.

(Page 23)

The European Research Area and The EC VI Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration Activities (2002-2006)

A. Vidal-Quadras

The framework programmes are European Union multi-annual initiatives to promote and support R+D in Europe. The VI Framework Programme is being carried out between 2002-2006 and has been conceived as an tool for the creation of the European Research Area, which means, with respect to previous framework programmes, that this one covers both short-term and long-term research with some very ambitious objectives.

(Page 30)

Infrastructure of radiotherapeutic oncology in Spain: results, conclusions and thoughts on the 1999-2000 survey

R. Esco, A. Palacios, J. Pardo, A. Biete, J.A. Carceller, C. Veiras y G. Vázquez

The purpose of this article is to review the state of the radiotherapeutic oncology infrastructure in Spain from the data published to date, according to which, up to the year

2000, our country showed significant deficiencies both at the medical specialists level as well as the treatment unit level. Since then a considerable effort has been made both on the part of the different administrations as well as private investment, for the opening of new radiotherapeutic oncology departments with their corresponding human team and instrumentation as well as the replacement of the obsolete treatment units.

(Page 40)

Dosimetry of workers exposed on Spain during 2003. Sectorial Study

This report contains the information prepared by the Assistant Management Office for Operational Radiological Protection, Area for Radiological Protection of Workers, regarding dosimetric monitoring and the control carried out on the people exposed during the year 2003 in our country.

(Page 43)

Radiological protection of workers exposed to ionizant radiation in Spain

People that carry out their job activities in the presence of ionizant radiation are submitted to a strict protection system stipulated in the Health Protection Regulations against Ionizant Radiation (RPSRI)1. One of the basic objectives pursued with this system is that job activities with associated ionizant radiation exposure such as nuclear power plants, medicine, industry, etc., have no more risks implied than any other job activity.

(Page 49)

Ernest Orlando Lawrence. Nobel Prize for Physics (1939)

In 1939, Ernest Orlando Lawrence was awarded the Nobel Prize for Physics for the invention and development of the cyclotron or particle accelerator and for the results obtained from it, especially with respect to the artificial radioactive elements.

Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones. c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de fax: 91 346 05 58.

La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el *Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear*. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.