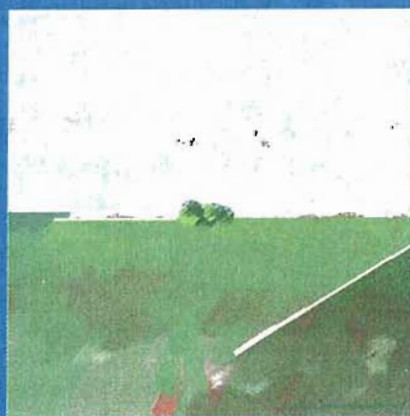


Revista del CSN / Número 24  
III Trimestre 2002

# Seguridad Nuclear



**La fisión nuclear  
como energía del futuro**

**El procedimiento  
administrativo sancionador**

**El proyecto ITER-Vandellós**

**VI Programa Marco de Investigación  
y Formación de Euratom**

**Las actividades del OIEA en las  
áreas de seguridad radiológica  
y de residuos radiactivos**

**Albert Einstein**

**Seguridad Nuclear**

Revista del CSN

Año VI / Número 24

III Trimestre 2002

**Directora**

María-Teresa Estevan Bolea

**Comité de redacción**

José Ángel Azuara Solís

Julio Barceló Vernet

Carmen Martínez Ten

Paloma Sendín de Cáceres

Antonio Morales Plaza

Ana Villuendas Adé

**Consejo de****Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11

28040 Madrid

Tf. 91 346 04 24

Fax 91 346 05 58

www.csn.es

**Coordinación editorial**

RGB Comunicación

Princesa 3, dpdo.

28008 Madrid

Tf. y Fax 91 542 79 56

**Impresión**

Artes Gráficas Gaez, S.A.

Carretera Antigua de

Valencia, km. 25,2

28500 Arganda del Rey

(Madrid)

Tf. 91 876 04 08

Fax 91 871 41 45

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M. 31.281-1996

Portada: Septiembre (José  
María Cerezo)

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

1

**Editorial**

2

**La fisión nuclear como energía del futuro**
 José M. Martínez-Val, José A. Fernández y Pablo T. León

20

**El procedimiento administrativo sancionador**
 Antonio Morales

30

**El proyecto ITER-Vandellós**
 J. Dies, J.Mª. Fontdecaba, J. Izquierdo, G. Cortés, J. García y F. Albajar

38

**VI Programa Marco de Investigación y Formación de Euratom**
 A. Hernández, M. Brincones, J.F. Calvo y J.L. Butragueño

46

**Las actividades del OIEA en las áreas de seguridad radiológica y de residuos radiactivos**

50

**Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva**

Albert Einstein (1879-1955)

52

**Actualidad**

Centrales nucleares / Actuaciones en emergencias /  
Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento / Otros  
acuerdos del Pleno del CSN / Instalaciones radiactivas

60

**Noticias breves**

65

**Resúmenes**

# La I+DT+I en el ámbito nuclear



o ha presentado España en los dos últimos siglos un clima muy propicio para la I+DT. ni ahora se perciben grandes avances, pero cada vez es más necesario profundizar en los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico que permitan —en nuestro caso— mejorar el proceso regulador de las instalaciones nucleares y radiactivas.

El CSN ha tenido siempre, en sus 22 años de existencia, gran interés por estas cuestiones que, por otra parte, vienen recogidas en el artículo 2º de su Ley de Creación. El Plan Estratégico del Consejo para el periodo 2002-2006 ha reordenado las actividades de investigación y desarrollo en 10 programas amplios que incluyen proyectos que responden a las futuras y próximas necesidades de la seguridad nuclear y de la protección radiológica.

De estos 10 programas cabe destacar el primero, que se refiere al combustible, a fin de conocer la respuesta del mismo en condiciones de quemados muy altos y su comportamiento en diferentes circunstancias; el segundo, que se refiere a la barrera de presión del circuito primario, el comportamiento termohidráulico, el mantenimiento de su integridad y el seguimiento y posibles soluciones de los problemas de envejecimiento de los materiales y equipos de las plantas; y el cuarto programa, que incluye los análisis probabilistas de seguridad y el siempre fundamental aspecto de los factores humanos, tanto en las aplicaciones directas de estas metodologías de análisis y prevención de riesgos como en el desarrollo de un nuevo enfoque de la normativa de la seguridad de las instalaciones y su operación, regulación que viene estableciéndose informada por el riesgo.

No podía quedar fuera de nuestras tareas la protección radiológica de las personas profesionalmente expuestas y el público en general, así como las bases biológicas de la protección radiológica o la evaluación del impacto radiológico de la exposición a la radiación natural.

Cada vez es más importante y urgente avanzar en el conocimiento de la gestión del combustible gastado y de los residuos de alta actividad bajo el punto de vista de la regulación de estas actividades que en esta década deberán estar definidas, y en la próxima década construidas las instalaciones, según van a exigir las normas de la Unión Europea y, sobre todo, la debida respuesta a nuestras ya cercanas necesidades.

Tanto si las centrales existentes adoptan medidas y técnicas correspondientes a las previstas en los programas de desarrollo de reactores avanzados como si no se produce tal circunstancia, un órgano regulador debe tener un personal técnico capacitado en todos los avances tecnológicos que permita una mejora continua de la seguridad, de la protección física y de la protección radiológica, por lo que se contempla participar y seguir las innovaciones, tanto en diseño como en operación, que incorporen los reactores avanzados.

Finalmente, es preciso incrementar la presencia de nuestros técnicos en proyectos internacionales porque ya en éste y otros campos es imposible alcanzar resultados reales si se trabaja aislado. Sería importantísimo que el proyecto ITER se ubicara en Tarragona, pero también hay que incrementar la presencia de los técnicos en otras tecnologías y actividades en un marco internacional.

● José M. Martínez-Val, José A. Fernández y Pablo T. León\*

# La fisión nuclear como energía del futuro

Las nuevas generaciones de centrales nucleares incorporan en su diseño planteamientos y elementos de control que reducen notablemente el riesgo y la generación de residuos, al tiempo que mejoran el rendimiento de la instalación. A lo largo del artículo

se repasan los programas actuales de reactores avanzados existentes en el mundo, además de otros sistemas de futuro como los reactores rápidos reproductores o los que actúan en condiciones de subcriticidad como el amplificador de energía.

## 1. Introducción

Se conoce como fuerza fuerte a la interacción energética que liga entre sí a los constituyentes del núcleo atómico. Junto a la fuerza gravitatoria, a la electromagnética y a la fuerza nuclear débil, sirven para explicar el conjunto de fenómenos físicos que observamos en nuestro universo, dominado energéticamente por la evolución estelar, constituida por reacciones de fusión nuclear en lo que podríamos denominar gigantescos hornos de fusión por confinamiento gravitatorio. Las reacciones que ocurren en las estrellas no son, propiamente hablando, de interés para los propósitos humanos de abastecerse de energía, y la energía de fusión se intenta aprovechar en la Tierra mediante otro conjunto de reacciones que tienen una reactividad más elevada y, por tanto, pueden producir mayores liberaciones energéticas que el consumo de hidrógeno a través del ciclo de Bethe y otros ciclos estelares, que por fortuna son para nosotros lentos, y posibilitan

que el combustible de fusión del Sol vaya a durar más de una decena de miles de millones de años.

El tema de la fusión no es el objeto de este artículo, centrado precisamente en un tipo de reacción totalmente opuesto. En la fisión, dos nucleidos ligeros interaccionan entre sí creando uno más pesado y, por lo general, partículas adicionales, entre las cuales puede encontrarse el neutrón. En la fisión, los nucleidos reaccionantes son muy pesados, y la reacción se induce por una partícula proyectil nuclear, generalmente muy ligera, y por lo común un neutrón. La importancia de esta reacción es que manifiesta un defecto de masa del orden de un 0,1%, y al tratarse de un nucleido pesado, ello significa la aparición o liberación de una gran cantidad de energía, del orden de los 200 MeV por interacción. Para poner esto en su justa perspectiva, hay que tener en cuenta que en las reacciones químicas ordinarias la energía liberada es del orden de electrones voltio (eV), por lo cual en el caso de la fisión estamos en reacciones que tienen una intensidad unitaria

superior en un millón de veces a las de la química ordinaria, como puede ser la reacción fotosintética o la combustión.

De los materiales presentes en la Tierra, sólo los muy pesados, y particularmente los isótopos del uranio, manifiestan propiedades interesantes para la explotación de la reacción nuclear de fisión. Como materia prima, a estos isótopos habría que añadir el torio en su totalidad, torio-232, que por su paridad nuclear (de número de protones y de neutrones) es relativamente estable, aun cuando sea radiactivo, lo cual no le presta características especialmente atractivas de cara a la fisión, que es difícil de ser producida en isótopos de esta tipología par-par.

Hasta la fecha, el ser humano ha sido capaz de aprovechar todos los avances científicos que se han ido produciendo. En algunos casos, los avances han sido propiamente tecnológicos antes que esencialmente científicos, cronológicamente hablando, como ocurrió con las aplicaciones del calor y la termodinámica, pero en todo caso, la humanidad ha sido capaz

\* Los autores pertenecen a la ETSI Industriales, de la Universidad Politécnica de Madrid.



► Figura 1. Vista aérea de las unidades 5, 6 y 7 de la central nuclear de Kashiwazaki-Kariwa (Japón). Las dos últimas (centro e izquierda de la imagen) son centrales avanzadas del tipo ABWR, de tecnología General Electric.

de avanzar en el conocimiento de la estructura del universo en que vivimos, y deducir de ese conocimiento pautas aplicables a la satisfacción de necesidades humanas, particularmente la energía y la producción de trabajo.

En esa larga marcha de la humanidad, desde la revolución del lenguaje prepaleolítico, con hitos como la irrupción de la revolución agrícola del Neolítico y la Edad de los Metales ha sido capaz de aprovechar cuanto conocimiento científico se ha descubierto, adecuando para ello las tácticas tecnológicas necesarias. Así debería ser en el caso de la fisión nuclear, que es una manifestación de las fuerzas de la Naturaleza, que involucra a nucleidos y elementos absolutamente naturales, a los cuales se les somete a condiciones peculiares, como en general se ha de hacer para conseguir la satisfacción de determinadas actividades humanas, como podría ser el transporte o la disponibilidad de luz eléctrica, en las cuales la Naturaleza ha de modificarse de su estado de equilibrio, bien produciendo diferencias de potencial eléctrico bien aprove-

chando el calor de combustión en los motores de explosión. Todas estas aplicaciones se efectúan en condiciones ciertamente no habituales en el entorno humano, por lo cual pueden ser dañinas, produciendo electrocución, en algunos casos, o accidentes por exceso de energía cinética, en otros. En definitiva, el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza con un objetivo práctico comporta intrínsecamente cierto nivel de riesgo, pero éste puede llegar a minimizarse hasta valores suficientemente aceptables para la humanidad.

Desde un punto de vista filosófico, cabe señalar que la fisión nuclear es un descubrimiento de la mente humana en la estructura de la Naturaleza, y que de ese conocimiento nos podemos aprovechar mediante técnicas que sean seguras y económicamente rentables. Por descontado, la satisfacción de estos dos requisitos de seguridad, en su sentido más amplio, y rentabilidad, son las condiciones fundamentales que debe cumplir la tecnología nuclear de fisión, y a las cuales debe estar supeditado el desarrollo de su ingeniería.

Si la humanidad hiciera caso omiso a esta posibilidad y se negara a sí misma el derecho a aprovechar la fuerza fuerte de la naturaleza a través de la reacción de fisión, estaría aceptando que ha llegado al límite de su capacidad de aprovechar el conocimiento científico, lo cual parece realmente contradictorio con la propia esencia del ser humano, de continuar sus indagaciones y llevarlas a las consecuencias que sean lógicas y aceptables, tanto desde el punto de vista ético como de utilidad personal y social.

La fisión nuclear ofrece un principio fundamental, aprovechable: la liberación de energía. Como reacción tiene a su vez dos peculiaridades que hay que señalar y comentar. Por un lado produce un importante exceso neutrónico, lo cual es fundamental en su aprovechamiento, por ser el neutrón la partícula idónea para la inducción de la reacción de fisión. Precisamente, los reactores nucleares de fisión se aprovechan de este exceso de creación de neutrones para mantener la población neutrónica libre que se necesita con objeto de que la po-

tencia térmica generada en el seno del combustible nuclear sea la requerida. En el control de la población neutrónica radica la mayor parte de la actividad que tiene que realizar el hombre para poder aprovechar eficientemente y de manera segura la reacción de fisión.

Adicionalmente, la reacción de fisión provoca una multiplicación muy considerable de la radiactividad natural asociada al combustible nuclear primigenio. Se parte en la energía nuclear de una materia prima que es intrínsecamente radiactiva, como son los isótopos del uranio y sus descendientes radiológicos seculares hasta llegar a los correspondientes isótopos estables del plomo. Análogamente sucede con el torio-232. Ahora bien, en la explotación de la reacción de fisión en un reactor nuclear se produce una amplificación extraordinaria de la actividad radiológica de sus componentes. En un kilogramo de uranio natural, incluyendo todos sus descendientes radiológicos, se tiene una dosis por ingestión de unos 20 sievert (teniendo en cuenta las dificultades de producir una ingestión de un kilogramo de dicho material en diversos seres humanos).

La radiactividad generada en el seno del combustible utilizado en las centrales nucleares y descargado de ellas después de ser utilizado es varios órdenes de magnitud mayor que la tasa natural que podríamos tomar como referencia, anteriormente indicada. De hecho, podríamos decir que la amplificación de radiactividad se multiplica por un orden de un millón de veces, aunque esta cifra necesita ciertas precisiones, relativas fundamentalmente al hecho de que la radiactividad decae a lo largo del tiempo, con lo cual, en muy breve plazo después de ser detenida la reacción en cadena del reactor nuclear, se produce la desaparición de un buen número de radionucleidos. Por ejemplo, uno de los radionucleidos de mayor actividad en el combusti-

ble nuclear de una central que lleve varios meses o años en operación es el neptunio-239, del cual puede haber almacenado más de mil megacurios en un reactor de 3.000 MW térmicos. Sin embargo, el periodo de semidesintegración de este nucleido es tan solo de 2,35 días, por lo cual su actividad cesa aproximadamente al cabo de un par de semanas. Su descendiente radiológico es el plutonio-239, cuyo periodo de semidesintegración es aproximadamente de 24.000 años, con lo cual se entra en otro orden de magnitud del problema, que viene a ser más el factor tiempo que la actividad momentánea.

La *radiactividad* se puede definir como la capacidad de algunas especies nucleares de emitir radiaciones desde su núcleo, siendo éstas fuertemente ionizantes bien directa o indirectamente. La radiación ionizante interacciona con el medio, provocando diversos tipos de cambios, y éstos son especialmente dañinos en los seres vivos, y particularmente en el ser humano.

La problemática fundamental de la explotación de la energía nuclear radica precisamente en la radiación ionizante, y el criterio fundamental de diseño para cualquier instalación nuclear es la protección de los seres humanos y su medio ambiente ante las radiaciones ionizantes. Por supuesto hay que contar con el hecho de que nuestro propio medio ambiente y nuestros propios cuerpos son radiológicos por naturaleza, pero el nivel de radiación al que estamos acostumbrados lógicamente no debe ser superado significativamente, pues ello puede producir efectos muy dañinos, incluyendo la muerte.

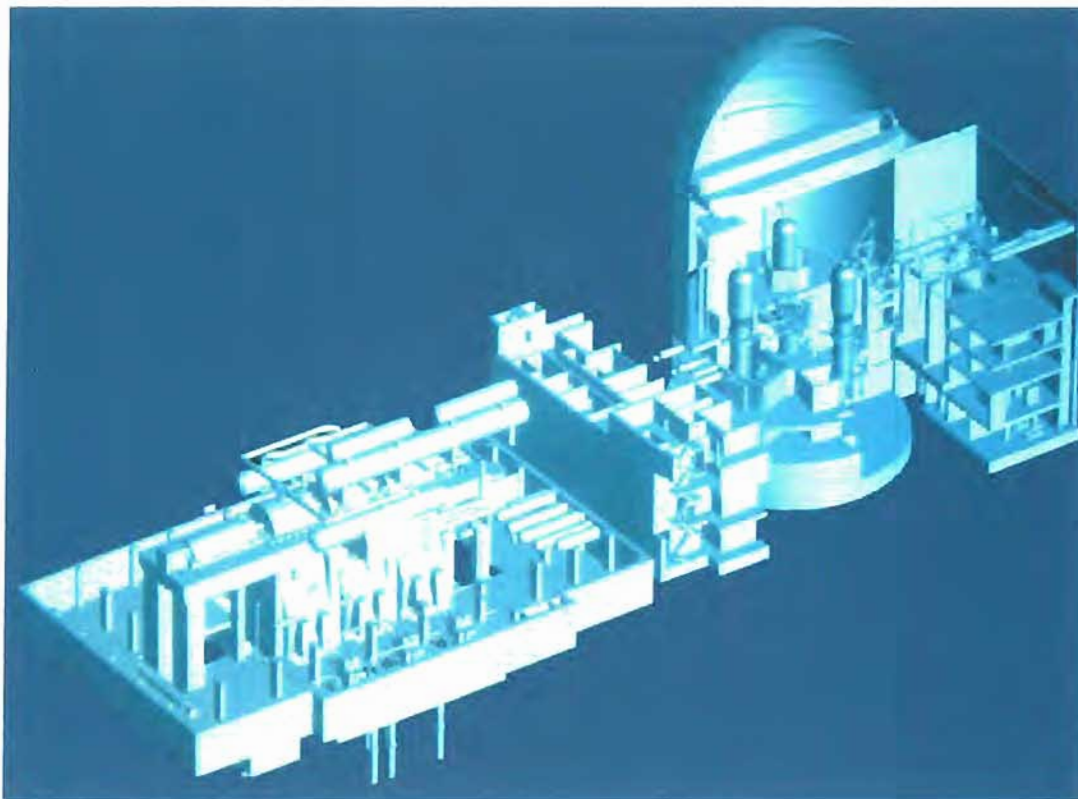
En el desarrollo de la energía nuclear se ha tenido en cuenta de manera continuada y fundamental la problemática de las radiaciones ionizantes, y ello ha derivado en diversos tipos de principios de diseño y de operación de las plantas nucleares de diversa tipología, que podrían resumirse en mante-

ner confinados los productos radiactivos de tal manera que no puedan dispersarse o difundirse por el medio ambiente humano. Este principio se concreta para los diversos tipos de reactores en diseños específicos que tienden a asegurar dicho confinamiento y evitar la interacción de las radiaciones ionizantes con los seres vivos y el medio ambiente.

En la energía nuclear hay una segunda raíz de riesgo, asociada al criterio de *reactividad*. Éste es específico de los reactores nucleares, esto es, de los dispositivos en los cuales se mantiene una población apreciable de neutrones libres. Podríamos definir la reactividad como la capacidad de un reactor nuclear de multiplicar su población neutrónica libre y, por ende, la potencia térmica que genera, de manera muy rápida, incluso virulenta.

La energía nuclear, y particularmente la tecnología de reactores nucleares, desarrolló desde principios de los años cuarenta del siglo pasado una teoría muy completa y científicamente comprobada y consolidada acerca de la evolución de la población neutrónica y, por tanto, del concepto de reactividad, que incluso se define matemáticamente mediante una formulación que se escapa del objetivo de este artículo, pero que se puede encontrar en cualquiera de los múltiples libros que sobre reactores nucleares hay escritos.

La problemática de la reactividad es que, debido a la fuerte liberación energética que podría ocasionarse si la reacción en cadena de fisión se escapa de control, podría comportar la destrucción de partes estructurales y del material combustible del reactor, provocándose e incentivándose la dispersión o difusión de productos radiactivos en el medio ambiente. Accidentes de reactividad los ha habido desde el mismísimo Proyecto Manhattan en Los Alamos. En dicho caso, el accidente pionero de Louis Slotin ocurrió en un reactor de potencia 0 y sólo tuvo consecuencias negati-



● **Figura 2.** Sección del modelo de planta de la central avanzada APWR 1000, diseñada por Westinghouse y actualmente en fase de certificación.

vas para el propio científico que lo produjo y lo sufrió.

En el ámbito de la energía nuclear civil también se tiene desgraciadamente la experiencia de un reactor nuclear destruido por un accidente de reactividad, el de Chernóbil-4, en abril de 1986. Las consecuencias catastróficas de ese accidente están absolutamente ligadas en su raíz física a un accidente de reactividad, aunque en la génesis de dicho accidente se dieran una serie increíble de transgresiones de las normas de seguridad, violando las especificaciones de funcionamiento del reactor por el estúpido objetivo de realizar en esa unidad de la central un experimento de tipo termomecánico que podría haber sido realizado en cualquier central térmica convencional, pero no en una nuclear.

Dejando aparte la significación del accidente de Chernóbil, queda claro que el futuro de la energía nuclear debe pasar por un tratamiento riguroso y bien orientado acerca de las dos raíces del riesgo nuclear anteriormente dichas: radiactividad y reactividad. Esta sistematización

no es una simplificación gratuita, sino, por el contrario, debe estar en el eje fundamental del desarrollo de la energía nuclear, aunque tenga que concretarse en diseños específicos que satisfagan la minimización de esa problemática hasta niveles aceptables.

Hay una tercera raíz de problemática nuclear que no se asocia directamente a la operación de las centrales nucleares, sino a sus residuos, y de ella hemos hecho ya una breve introducción al hablar del plutonio-239 generado, así como de los restantes actínidos que se crean en el funcionamiento de un reactor nuclear, más los productos de fisión y de activación neutrónica. Todo ello conforma un conjunto de radionucleidos que están perfectamente catalogados y cuyas características se conocen apreciablemente bien, pues una de las ventajas que posee la radiactividad es su fácil detección y la alta calidad de los datos nucleares y radiactivos que se poseen de la inmensa mayoría de los radionucleidos significativos. El problema de los *residuos nucleares* es sin duda uno de los que

socialmente más animadversión provoca, pero en gran medida es un problema distorsionado por el activismo de cierto tipo de actitudes ecologistas, que difícilmente admiten de partida cualquier razonamiento de tipo cuantitativo sobre este tema, y simplemente aceptarían los no residuos como residuos. Contra esto hay que hacer constar que el Senado de Estados Unidos, en el pasado mes de junio, aprobó por 60 votos contra 39, el almacenamiento geológico profundo de Yucca Mountain para albergar los residuos generados en el programa nuclear civil norteamericano.

La disposición geológica sería inobjetable salvo por el hecho de los plazos muy largos que se asocian a la existencia de radiotoxicidad por encima del nivel natural del que partió la explotación de la energía nuclear. En números redondos es preciso esperar del orden de cien mil años para la desaparición de esa radiotoxicidad por debajo de lo que podría denominarse nivel natural o de referencia, y tal periodo es sin duda muy grande a escala humana. Ello mueve a

cierto tipo de consideraciones extremadas en las que se da por no válido ese soterramiento a mucha profundidad (por debajo de los 500 metros) y en formaciones geológicas que han demostrado una estabilidad a lo largo de millones de años, por tanto en periodos muy por encima de los que se barajan en la radiotoxicidad residual.

Una alternativa a la disposición directa de residuos nucleares es su transmutación, pasando éstos, a través de las pertinentes reacciones nucleares, bien a nucleidos estables o, más generalmente, a radionucleidos de vida mucho más corta. Con las técnicas de transmutación que hoy día se están estudiando, el nivel de radiotoxicidad natural podría alcanzarse en un plazo de mil años, e incluso algo menor, de unos 700 años, lo cual, sin duda, cambia considerablemente el problema, pues pasa a estar en una escala temporal común en la historia de la humanidad, y por ende controlable, al menos en cuanto a nuestra capacidad de mantener la memoria viva sobre sucesos acaecidos durante ese plazo.

Las técnicas de transmutación requerirían un despliegue adicional de tecnología nuclear hoy día no comercializada. A su vez estas técnicas están asociadas con una problemática fundamental, que es la del aprovechamiento integral o máximo de la materia prima, en este caso el uranio y el torio. Las reservas de uranio y torio pueden cifrarse 3 y 8 millones de toneladas respectivamente, lo que en equivalente energético significa 2,6 y  $6,9 \times 10^{23}$  J. A fecha actual, la producción nuclear mundial es, en bruto (térmico), de  $2,7 \times 10^{19}$  J. Ello quiere decir que las reservas antedichas supondrían 35.000 años de aprovechamiento, al ritmo actual. Sin embargo, como por el momento la explotación se efectúa con LWR y mayoritariamente sin reciclado, la utilización real es sólo del 0,55% de la teórica, lo que signifi-

● Tabla 1. Características técnicas del diseño AP 600.

|                                                 |                                                     | AP600                                                                      |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Sistema primario                                | Potencia eléctrica                                  | 600 MW                                                                     |
|                                                 | Lazos de refrigeración                              | 2                                                                          |
|                                                 | Bombas principales                                  | 2 (tipo encapsulado)                                                       |
|                                                 | Capacidad del presionador                           | 30% más grande que en un PWR convencional                                  |
|                                                 | Generadores de vapor                                | Delta 75 (placa de acero inox; tubos de incorel 690; barras antivibración) |
|                                                 | Nº de componentes                                   | 30% menos que en un PWR convencional                                       |
| Combustible                                     | Nº de elementos combustibles                        | 145                                                                        |
|                                                 | Configuración                                       | 17x17                                                                      |
|                                                 | Altura activa                                       | 365 cm                                                                     |
|                                                 | Material de las rejillas espaciadoras               | Zircaloy                                                                   |
|                                                 | Duración del ciclo de recarga                       | 8-24 meses                                                                 |
|                                                 | Factor de carga                                     | > 90%                                                                      |
|                                                 | Control del reactor                                 | Barras grises (sin veneno consumible)                                      |
| Sistemas de refrigeración de emergencia pasivos | Refrigeración del núcleo                            |                                                                            |
|                                                 | Extracción de calor residual                        |                                                                            |
|                                                 | Refrigeración de la contención                      |                                                                            |
|                                                 | Ubicación del tanque de recarga                     | Interior contención                                                        |
|                                                 | Inyección de refrigerante de emergencia             | Directamente en la vasija                                                  |
|                                                 | Aislamiento de la contención                        | Mayor (por menor número de penetraciones)                                  |
| Obra civil                                      | Mediante módulos estructurales prefabricados        |                                                                            |
|                                                 | Periodo de construcción desde el primer hormigonado | 36 meses                                                                   |

caría unos 200 años de funcionamiento al ritmo actual.

Para explotar convenientemente estas reservas no se pueden utilizar simplemente los reactores nucleares LWR, que en su gestión actual aproximadamente aprovechan el 0,5% del potencial energético contenido en el uranio natural. Para llegar a aprovechar el 70 u 80% de ese potencial, harían falta el despliegue de nuevos tipos de reactores, tanto críticos como subcríticos, pero con características reproductoras, siendo ésta una palabra esencial para la explotación masiva del uranio-238 y

del torio-232. Aun así, los reactores reproductores pueden considerarse o contemplarse en un plazo considerablemente lejano de decenas de años o incluso un siglo, teniendo por el momento capacidad de desarrollo nuevos tipos de reactores, como son las centrales avanzadas o la Generation 4, que el Gobierno norteamericano ha puesto en marcha como una iniciativa de investigación que está dando ya sus primeros resultados. De todos estos temas se da cumplida cuenta, a nivel sumario, en los apartados siguientes de este artículo.

► Tabla 2. Características técnicas del diseño ABWR.

|                   |                                              | ABWR                    |
|-------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| Potencia          | Térmica bruta                                | 3.926 MW                |
|                   | Eléctrica neta                               | 1.356 MW                |
| Vasija de presión | Número de bombas de recirculación            | 10                      |
|                   | Presión de operación                         | 73 bar                  |
|                   | Temperatura agua alimentación                | 215,5 °C                |
|                   | Caudal de agua de refrigeración              | 52.200 Tm/h             |
|                   | Altura interna de la vasija                  | 21 m                    |
|                   | Diámetro interno de la vasija                | 7,1 m                   |
|                   | Espesor mínimo                               | 174 mm                  |
| Combustible       | Número de elementos combustibles             | 872                     |
|                   | Número barras de control                     | 205                     |
|                   | Material control                             | B4C                     |
|                   | Configuración barras de control por elemento | 62                      |
|                   | Altura activa                                | 371 cm                  |
|                   | Diámetro activo                              | 516 cm                  |
|                   | Potencia lineal                              | 196 W/cm                |
|                   | Densidad de potencia                         | 51 kW/l                 |
|                   | Enriquecimiento máximo                       | 3,2 % U235              |
|                   | Material vainas combustible                  | Zr-2                    |
|                   | Espesor vainas combustible                   | 0,86 mm                 |
|                   | Quemado de descarga                          | 32 MWd/kg               |
| Contención        | Tipo                                         | Hormigón forzado        |
|                   | Presión de diseño                            | 3,16 kg/cm <sup>2</sup> |
|                   | Diámetro interno                             | 29 m                    |
|                   | Altura interna                               | 36 m                    |

Un último tema conflictivo en el área nuclear es el de la *proliferación de armamento*, que desde muy a principios de la aparición pública de la energía nuclear, ha motivado una considerable alarma social. Como consecuencia de la posibilidad de uso de conocimientos y materiales nucleares para la producción de armamento, en el seno de la ONU se creó en la posguerra de la II Guerra Mundial el Organismo Internacional de Energía Atómica, que entre sus misiones tiene la fundamental de velar por que no se produzcan utilidades de los programas civi-

les nucleares en el desarrollo de armamento nuclear.

La mayor parte de los países miembros de la ONU han firmado el Tratado de No Proliferación, entre ellos España, renunciando a la utilización de armamento nuclear. Armamento que sin embargo tienen varios países de manera declarada, sospechándose de algunos que también podrían disponer de ello, aun cuando no hayan realizado pruebas evidentes.

Hay que dejar constancia de que la proliferación nuclear es un problema de gran envergadura pero que se ha tratado con rigor

efectivo durante todo este tiempo, y que podría seguirse tratando asegurándose de que los despliegues civiles de la energía nuclear no favorecen ni pueden ser empleados para la producción de armamento nuclear. En este sentido cabe citar la posibilidad de desarrollar técnicas de tratamiento y proceso de combustibles nucleares de tal manera que se imposibilite la aparición de material nuclear proliferante de forma aislada, con lo cual se evitaría cualquier tipo de sustracción de esos materiales. Por otro lado, la experiencia real demuestra que aquellos países que han deseado tener armamento nuclear, lo han conseguido por sus propios medios y sin apoyo de ningún programa nuclear civil.

En las secciones subsiguientes se analizan los reactores actualmente ya desarrollados que podrían ser aprovechados para la continuación de los programas nucleares existentes y se ahonda en los sistemas para un futuro a mayor largo plazo, que podría asociarse al *desarrollo energético sostenido y sostenible*, en el cual reactores de tipo reproductor, bien críticos o bien subcríticos, podrían proporcionar junto a las pertinentes técnicas de reelaboración y reciclado de combustible, la manera más eficiente y segura de llegar a un aprovechamiento intensivo de los recursos naturales que proporcionan los materiales combustibles de fisión nuclear.

## 2. Reactores nucleares avanzados. Nuevos diseños

A pesar de la reticencia política y oposición de algunos movimientos ecologistas a fomentar, invertir o siquiera permitir la construcción de nuevas centrales nucleares, la industria nuclear mundial ha continuado en su empeño por ofertar un producto cada vez más fiable y seguro. Los nuevos diseños de centrales avanzadas han sido el resultado más inmediato.

► Tabla 3. Características técnicas del diseño EPR.

|                   |                                               |        | Diseño básico | Diseño optimizado |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------|---------------|-------------------|
| Potencia          | Térmica                                       | MW     | 4.272         | 4.925             |
|                   | Eléctrica bruta                               | MW     | 1.609         | 1.850             |
| Vasija de presión | Lazos de refrigeración                        |        | 4             | 4                 |
|                   | Presión de operación                          | bar    | 155           | 155               |
|                   | Temperatura del refrigerante                  | °C     | 291/326       | 292/330           |
|                   | Caudal de refrigerante                        | kg/s   | 21.050        | 22.240            |
|                   | Presión del vapor principal (plena carga)     | bar    | 72,5          | 74,6              |
|                   | Presión del vapor principal (parada caliente) | bar    | 84            | 84                |
|                   | Número de elementos combustibles              |        | 241           | 241               |
| Combustible       | Número de elementos con barras de control     |        | 89            | 89                |
|                   | Configuración                                 |        | 17x17-25      | 17x17-25          |
|                   | Altura activa                                 | cm     | 420           | 420               |
|                   | Potencia lineal                               | W/cm   | 155           | 178               |
|                   | Enriquecimiento máximo                        | % U235 | 5             | 5                 |
|                   | Inventario de combustible                     | kg     | 141.000       | 141.000           |
|                   | Quemado                                       | MWd/kg | 60            | 60                |

Estos nuevos diseños tienen ya en cuenta no sólo requisitos de seguridad sino también de índole económica (aunque claramente influenciados por los primeros) en busca de rentabilidad en un mercado cada vez más liberalizado. En este sentido juegan un papel fundamental los requisitos de licenciamiento plasmados en las normativas europea (EUR-European Utilities Requirements) y americana para los nuevos diseños de reactores avanzados, que recogen los criterios de seguridad exigibles. El prelicenciamiento de una central, a través del licenciamiento previo de su diseño estándar, es una de las medidas que más contribuyen al abaratamiento de los costes de inversión de los nuevos proyectos.

Hay un buen número de programas para el desarrollo de centrales nucleares avanzadas. Entre ellos cabe citar el programa americano de reactores avanzados de agua ligera (US ALWR), el programa europeo de desarrollo del reactor avanzado de

agua a presión (EPR) y el programa coreano para el desarrollo del reactor de nueva generación (KNGR).

Estos nuevos programas han dado origen a diseños de tercera generación, denominados evolutivos y/o pasivos, basados en los sobradamente probados reactores de agua a presión y agua en ebullición, pero que incorporan sistemas diseñados para hacer frente a situaciones más allá del accidente base de diseño (accidente severo). En la mayor parte de los casos se incluyen funciones de respuesta que no requieren la actuación de los operadores, por lo que también se denominan sistemas pasivos.

Las características comunes a los reactores de la tercera generación son:

— Diseño estandarizado (menor inversión, menor tiempo para la obtención de licencias y construcción).

— Diseño simplificado y automatizado, con menos vulnerabilidades.

— Mayor disponibilidad (90%) y vida operativa (60 años).

— Menor frecuencia de daño al núcleo, con seguridades ante el accidente severo.

— Alto quemado, para alargar el ciclo del combustible y reducir la cantidad de residuos.

## 2.1. Programa americano

El programa americano fue iniciado en los años ochenta por EPRI en colaboración con el DOE y algunos fabricantes tanto americanos como extranjeros. Como resultado de esta iniciativa vio la luz el ALWR Utilities Requirements Document, que recoge los criterios de seguridad exigibles a los nuevos diseños. Éstos se establecieron para grandes reactores tanto de agua a presión como de agua en ebullición (1.300 MW) del tipo evolutivo (recogían la experiencia de 30 años de los reactores de la segunda generación) y para reactores de tamaño medio (600 MW), también de los dos tipos, basados

► Tabla 4. Características técnicas del diseño SWR-1000 comparado con una central BWR convencional.

|                   |                                   |        | SWR 1000 | 1300 MW Gun |
|-------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------------|
| Potencia          | Térmica                           | MW     | 2.778    | 3.840       |
|                   | Eléctrica bruta                   | MW     | 1.013    | 1.344       |
|                   | Eléctrica neta                    | MW     | 977      | 12.844      |
|                   | Eficiencia neta                   | %      | 35,2     | 33,4        |
| Vasija de presión | Número de bombas de recirculación |        | 6        | 8           |
|                   | Presión de diseño                 | bar    | 88       | 87,3        |
|                   | Altura de la vasija               | m      | 22,70    | 22,35       |
|                   | Diámetro interno de la vasija     | m      | 7        | 6,6         |
| Combustible       | Número de elementos combustibles  |        | 648      | 784         |
|                   | Número de barras de control       |        | 157      | 193         |
|                   | Configuración                     |        | 12x12    | 9x9         |
|                   | Altura activa                     | cm     | 280      | 371         |
|                   | Densidad de potencia              | kW/l   | 48       | 57          |
|                   | Enriquecimiento máximo            | % U235 | 5,3      | 3,14        |
|                   | Quemado de descarga               | MWd/kg | 65       | 35          |
| Contención        | Diámetro interno                  | m      | 34       | 29          |
|                   | Altura interna                    | m      | 29       | 32          |

en sistemas pasivos de seguridad. A partir de 1986 se inicia un programa de certificación de diseños para reactores evolutivos que tuvo su continuación en 1990 con los pasivos. La certificación previa del diseño supone la estandarización del mismo, lo que repercute en un notable ahorro de costes de fabricación y, sobre todo, de licenciamiento por parte del organismo regulador.

Tres son los diseños de reactores avanzados evaluados por la NRC para su certificación: dos grandes reactores evolutivos, el System 80+ de ABB-Combustion Engineering (un reactor de agua a presión), el Advanced BWR (de agua en ebullición) de General Electric (1997), y el reactor pasivo AP600, reactor de agua a presión de 600 MW, propiedad de Westinghouse (1999). Actualmente se encuentra en fase de certificación el AP1000 de Westinghouse, evolución del AP600 a un mayor tamaño, y cuya resolución

se espera en breve. El reactor simplificado de agua en ebullición de 600 MW (SBWR) de General Electric estuvo también bajo revisión hasta que en 1996 General Electric decidió centrar todos sus esfuerzos en el desarrollo del ABWR.

De todos ellos, sólo el diseño ABWR ha sido llevado a la práctica. Dos unidades (Kashiwasaki Kariwa 6 y 7, ambas de TEPCO) están en operación comercial en Japón desde 1996 y 1997, respectivamente, y otras dos están en construcción en Taiwán (Lungmen) y se espera su primera conexión a red en 2004 y 2005.

## 2.2. Programa europeo

El programa europeo de centrales nucleares avanzadas se centra en el desarrollo del European Pressurized Water Reactor (EPR), que aúna los esfuerzos franco-alemanes, a través de la compañía Nuclear Power International (NPI) propiedad de Framatome ANP. El diseño bá-

sico del EPR ya ha sido completado, encontrándose en estos momentos en fase de preparación del diseño de detalle. Éste se ha hecho conforme a la normativa europea, semejante a la americana, y recogida en el documento EUR (European Utilities Requirements) y trata de unificar las distintas legislaciones específicas existentes en la Unión Europea.

El EPR es un reactor de agua a presión de gran tamaño (hasta 1.750 MW), derivado del diseño francés N4 y del Konvoi alemán, y que reúne la experiencia de más de 80 plantas operativas en el mundo. Ha sido designado por las autoridades francesas como el nuevo reactor estándar del futuro y, por tanto, podría comenzar a reemplazar a plantas existentes a partir de 2015. Entre sus características se encuentra el alto quemado (65 GWd/t) y la capacidad de seguimiento de carga.

Junto al EPR, otros dos reactores de agua en ebullición están siendo

diseñados conforme a las normas EUR: se trata del SWR1000, de 1.000 MW, auspiciado por Framatome ANP (inicialmente Siemens) y las compañías alemanas, y el BWR 90+, de 1.500 MW, desarrollado en Suecia por ABB Atom y la compañía eléctrica finlandesa TVO.

### 2.3. Programa coreano

El programa coreano para el desarrollo del reactor de nueva generación (KNGR) se divide en tres fases, dos de las cuales están ya concluidas: elección del diseño conceptual; definición del diseño básico y análisis de seguridad, conforme a los estándares de seguridad específicos definidos por el organismo regulador coreano (similar al EPRI ALWR Utility Requirement Document); e ingeniería de detalle.

El desarrollo de un reactor avanzado tiene como punto de partida la cooperación de la industria nuclear coreana con el fabricante americano ABB-CE a partir de 1987. Fruto de esta relación surgen las dos primeras unidades nucleares coreanas de 1.050 MW basadas en el diseño System 80 de ABB-CE. Durante los años siguientes KOPEC (Korea Power Engineering Co) adquiere el *know-how* y la experiencia necesaria para asumir la responsabilidad del diseño del reactor estándar coreano (KSNP) de 1.050 MW, que se llevaría a la práctica en la siguiente serie de centrales nucleares, actuando ABB-CE como agente consultor.

El propósito del programa KNGR es el desarrollo de un reactor avanzado de nueva generación, que constituya la referencia válida en el siglo XXI. Se trataría de un reactor de 1.400 MW, evolución del reactor estándar y que incorporaría muchos de los avances ya integrados en el concepto System 80+ de ABB-CE (certificado ya por la NRC americana), que proporcionaría su experiencia en el desarrollo propio coreano.

### 2.4. Programa ruso

Finalmente cabe añadir los desarrollos de la industria rusa, versiones evolutivas del conocido VVER-1000 de gran tamaño, más una versión de tamaño medio con defensas pasivas denominada VVER-640. Estos desarrollos se llevan conjuntamente con la compañía finlandesa TVO. La construcción de la primera unidad VVER-640 está a punto de empezar en Sosnovy Bor, cerca de San Petersburgo, mientras dos reactores VVER-1000 avanzados (denominados VVER-91) ya están siendo construidos en China.

### 2.5. Reactores nucleares de cuarta generación

En la actualidad son 438 los reactores nucleares en operación, que representan un 17% de la potencia mundial instalada, y suministran electricidad a más de mil millones de personas de 31 países diferentes.

La mayor parte de ellos pertenecen a diseños que se incluyen en la llamada segunda generación, que satisfactoriamente vienen proporcionando energía eléctrica desde hace años en muchos mercados, de forma aceptable tanto desde el punto de vista técnico como económico, contribuyendo —con su masiva producción base— a garantizar el suministro de electricidad. Actualmente ya hay en operación algún diseño perteneciente a la tercera generación de reactores, cuya principal mejora radica en la seguridad intrínseca proporcionada por sistemas pasivos de emergencia, frente a los sistemas activos característicos de la segunda generación.

No obstante, se están llevando a cabo en estos momentos importantes iniciativas para el desarrollo de nuevos diseños de sistemas nucleares avanzados que en un futuro a largo plazo pudieran sustituir a los actuales reactores en operación.

En 1991, durante el mandato Bush, el Departamento de Energía

de EEUU implicó a gobiernos, industria y comunidad científica de todo el mundo en un foro de discusión sobre las características de lo que podrían ser los nuevos reactores nucleares del futuro, bautizados como la cuarta generación (Generation IV).

Generation IV es, por tanto, un proyecto multinacional para el desarrollo teórico y demostrativo de distintos sistemas nucleares avanzados, que ofrecen ventajas en lo relativo a economía y seguridad, y que podrían ser operativos en el horizonte del 2020.

Es interesante destacar que la investigación no sólo se centra en el diseño del reactor (o reactores), sino que también abarca otras etapas como el ciclo del combustible.

Las líneas pragmáticas fundamentales de Generation IV se resumen en las siguientes líneas:

- Seguridad intrínseca del reactor y su ciclo de combustible asociado. Se abandona la filosofía de seguridad basada en la presencia de complejos sistemas auxiliares de emergencia y se apuesta por la "seguridad por diseño", esto es, se anula la probabilidad de accidente por la propia concepción del diseño del reactor.

- Reducción de costes, tanto fijos como variables, que permitan ser competitivos en los actuales escenarios liberalizados.

- Resistencia a la proliferación, dificultando la extracción de material o tecnología para usos militares.

- Reducción de la cantidad de residuos generados.

Actualmente los trabajos se centran en la confección de un *Technology Roadmap* que permitirá identificar varios diseños conceptuales prometedores (tanto para el reactor como para el ciclo de combustible), así como los esfuerzos en términos de investigación y desarrollo necesarios para llevarlos a cabo hasta su fase comercial. Esta etapa tiene prevista su conclusión en 2002.

► Tabla 5. Resumen. Diseños de reactores nucleares de gran tamaño refrigerados por agua.

| Reactor    | Fabricante                            | Tipo               |
|------------|---------------------------------------|--------------------|
| ABWR       | GE (EEUU) Hitachi & Toshiba (JAP)     | BWR avanzado       |
| APWR       | Westinghouse (EEUU) Mitsubishi (JAP)  | PWR avanzado       |
| BWR 90     | ABB Atom (SUE)                        | BWR evolutivo      |
| EPR        | Framatome (FRA) Siemens (ALE)         | PWR avanzado       |
| System 80+ | ABB-Combustion Engineering (EEUU)     | PWR avanzado       |
| V-392      | Atomenergoproject & Gidro Press (RUS) | VVER-1000 avanzado |

► Tabla 6. Resumen. Diseños de reactores nucleares de tamaño medio refrigerados por agua.

| Reactor      | Fabricante                               | Tipo             |
|--------------|------------------------------------------|------------------|
| AP600        | Westinghouse (EEUU)                      | PWR pasivo       |
| AC-600       | China National Nuclear Corporation (CHN) | PWR pasivo       |
| MS-600       | Mitsubishi (JAP)                         | PWR híbrido      |
| SBWR         | Mitsubishi (JAP)                         | BWR pasivo       |
| VVER-500/600 | Ansaldo (ITA)                            | PWR pasivo       |
| ISIS         | Ansaldo (ITA)                            | PWR innovador    |
| PIUS         | ABB Atom (SUE)                           | PWR innovador    |
| SPWR         | JAERI & IHI (JAP)                        | PWR simplificado |
| WPBER-600    | OKMB (RUS)                               | PWR innovador    |

El negocio nuclear de Westinghouse fue adquirido por la inglesa BNFL en 1999.

En 2000 Westinghouse/BNFL adquirió también el negocio nuclear de la sueca ABB Atom.

## 2.6. Proyecto IRIS

El proyecto IRIS (International Reactor Innovative & Secure) nace en 1999 fruto de la iniciativa Generation IV a partir de un grupo formado inicialmente por Westinghouse y algunas prestigiosas universidades. Hoy es un consorcio internacional que, liderado por Westinghouse y BNFL, engloba 17 organizaciones de 8 países diferentes (EEUU, Reino Unido, Japón, Brasil, México, Croacia, Italia y España) e implica tanto a la industria como a las compañías eléctricas, entes reguladores y universidades. La importancia del proyecto queda reflejada en el soporte económico que el DOE estadounidense proporciona a los miembros norteamericanos del consorcio.

El objetivo es diseñar un reactor avanzado refrigerado por agua, modular, integrado y de reducida potencia (entre 100 y 350 MWe) que cumpla satisfactoriamente los postulados requeridos en Generation IV.

IRIS es, por tanto, una evolución del reactor de agua ligera (LWR) lo que permite cimentar su diseño sobre una tecnología sobradamente conocida y perfectamente consolidada. Su estructura modular formada por unidades de baja potencia operadas desde un mando central único le confiere la flexibilidad necesaria para adaptarse a las distintas necesidades de capacidad. Al mismo tiempo, el proceso de fabricación en serie de un reactor estandarizado supone un importante ahorro en los costes de fabricación,

si bien exige, en cualquier caso, un mercado global suficiente. Las primeras cifras que se barajan sitúan las inversiones entorno a 1.000 dólares por kilovatio instalado.

Otra importante característica del IRIS es el diseño integrado de los elementos clásicos del circuito primario (generadores de vapor, bombas y presionador) dentro de la propia vasija del reactor. Esta disposición sí resulta innovadora desde el punto de vista ingenieril pero no requiere el desarrollo de nueva tecnología. Con ello se simplifica ostensiblemente el diseño y repercute positivamente en la seguridad del mismo, ya que al suprimir los lazos externos de circulación del refrigerante se elimina la posibilidad de los accidentes tipo LOCA (Loss of Coolant Accident). Además, se dispone una vasija esbelta con los generadores ubicados en la parte superior, configuración idónea para el establecimiento de la circulación natural del refrigerante en caso de pérdida de convección forzada. La gran cantidad de agua refrigerante alojada en la vasija de presión permitiría además ralentizar distintos transitorios de operación. Todas estas características responden al concepto de "seguridad por diseño" contemplado en los requerimientos de Generation IV.

Los generadores de vapor escogidos son del tipo de haz helicoidal, ya empleados satisfactoriamente en algunos diseños como el SuperPhenix (sin problemas derivados del *stress* mecánico por expansión térmica ni desgaste por vibraciones inducidas por el flujo). Al ubicar los generadores en el anillo superior de la vasija queda una amplia zona en esta (10 metros) donde pueden quedar acomodados los mecanismos de accionamiento de las barras de control. Asimismo, el espacio anular existente entre el núcleo del reactor y la vasija es amplio por lo que un escudo interno podría sustituir a los actuales escudos biológico exteriores. Las bombas principales, al igual que en

el caso del AP600, son del tipo encapsulado, sobradamente utilizadas en centrales térmicas clásicas y plantas químicas. A diferencia de las plantas actuales, el IRIS estaría encerrado en una contención presurizada.

El diseño compacto o integrado exige una simplificación en cuanto al número de componentes del reactor (válvulas, bombas, tuberías, etcétera), lo cual permite reducir las actividades de mantenimiento o ampliar los periodos entre paradas (hasta cuatro años). Además, la modularidad de la planta permite realizar un mantenimiento *on-line* de alguno de los reactores mientras la planta continúa operativa.

Aunque inicialmente fue concebido para usar uranio con enriquecimientos inferiores al 5%, finalmente se decidió que el combustible utilizado fuera uranio altamente enriquecido en comparación con los reactores comerciales actuales (hasta un 9% excepto en la primera carga). Esto permitiría ciclos de combustible de ocho años, al cabo de los cuales la totalidad del núcleo sería reemplazado, simplificándose así las actuales maniobras periódicas de recarga del combustible, con la consiguiente reducción del riesgo asociado. La posibilidad de alargar el ciclo del combustible hasta 15 años (mediante enriquecimiento del uranio en torno al 15%) podría ser objeto de estudio a largo plazo.

Desde el punto de vista comercial, el suministrador del equipo IRIS se encargará del desmantelamiento del reactor una vez finalizada su vida útil, por lo que las compañías eléctricas no necesitan aprovisionar fondos de forma anticipada para cubrir este evento.

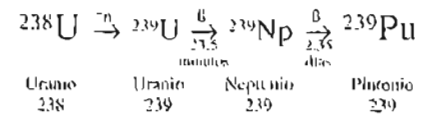
El proyecto de reactor IRIS comenzó en 1999. A finales de este año se supone concluida la fase de diseño preliminar, lo que permitirá un análisis definitivo sobre la conveniencia o no de proseguir en su desarrollo tecnológico. Si se decide su continuidad comenzaría la fase de detalle y estudios de seguri-

dad hasta la obtención de la certificación del diseño. Al igual que en el caso del AP600, ambos basados en tecnologías probadas, no se considera necesaria la construcción de un prototipo experimental. La finalización del proyecto se ha planificado para el año 2012.

### 3. Sistemas de futuro a largo plazo

La energía nuclear tiene cabida en un sistema global de generación eléctrica siempre que se solucionen tanto la problemática asociada a las reservas del combustible nuclear (uranio en la actualidad) como la asociada a la gestión de los residuos radioactivos. En la actualidad, la mayoría de los reactores nucleares convencionales son reactores de agua ligera (el 100% del parque español), tanto en su diseño de reactor de agua a presión (PWR) como el de ebullición (BWR.) Estos reactores necesitan un enriquecimiento en el isótopo uranio-235 para conseguir criticidad durante un tiempo de operación suficiente. Incluso, para incrementar los niveles máximos de quemado de combustible, este enriquecimiento ha ido en aumento con el paso de los años. Por poner un ejemplo, un aumento del 0,7% al 3,5% en peso del isótopo uranio-235 en el combustible supone la utilización de siete toneladas de uranio natural por cada tonelada de combustible producido. Esto significa que con la tasa actual de generación de energía eléctrica de origen nuclear, sólo quedan reservas de uranio para unos 200 años (en función del precio del *yellow cake*) pues el aprovechamiento es tan sólo del 0,5% respecto de la potencialidad energética de la materia prima. Sin embargo, el problema tiene varias soluciones posibles. La primera de ellas, y que actualmente se lleva a cabo en países como Francia, Japón, Gran Bretaña o la India, es la reelaboración del combustible nuclear gastado para extraer los isótopos de plutonio generados durante

la operación convencional del reactor, que aparecen inicialmente por las capturas del uranio-238, con más de un 96% en peso del combustible inicial.



Entre los isótopos de plutonio, cabe destacar la presencia del plutonio-239 (más del 50% en composición isotópica en los actínidos tras un quemado de 40 MWd/kg proveniente de centrales LWR), que tiene una alta sección eficaz de fisión y, por lo tanto, puede ser utilizado como combustible nuclear (aunque se deben tener en cuenta consideraciones relativas a la proliferación nuclear). Los métodos de reprocesamiento del combustible para la extracción de los isótopos de plutonio están completamente desarrollados a nivel comercial. Destaca el método PUREX, donde el plutonio que queda como residuo tras el proceso es menor del uno por mil (es decir, tasas de recuperación del 99,9%). Este plutonio se utiliza para la realización de combustible junto con combustible convencional de uranio, obteniéndose los denominados óxidos mixtos. En la actualidad, no se puede utilizar únicamente el plutonio (sin introducir uranio) para generar combustible para un reactor convencional, ya que la fracción de neutrones diferidos del isótopo fisible plutonio-239 es mucho menor que la del isótopo uranio-235 (de 0,006 a 0,002), lo que hace muy complejo el control del reactor. Sin embargo, si se utiliza mezclado con el combustible de uranio, se evita el problema.

De esta forma, se utiliza un combustible que ha sido generado en el propio reactor, produciéndose un importante ahorro de combustible convencional. Es por ello que se han estado investigando reactores que tuviesen una alta tasa de capturas del isótopo uranio-238.

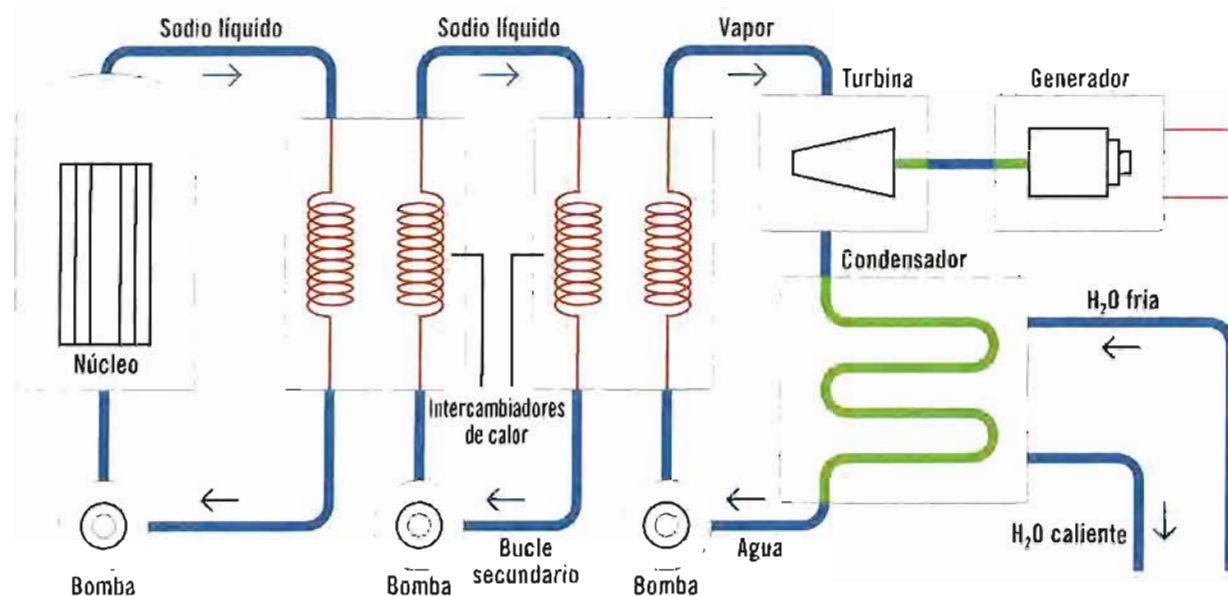


Figura 3. Esquema de un reactor reproductor refrigerado con plomo.

que diese lugar a una generación importante y continua del isótopo plutonio-239 durante la generación energética del reactor. Este tipo de reactores se denominan *reactores reproductores*, que permiten la generación del combustible nuclear durante operación, incrementando la duración de las reservas del combustible de uranio actuales. Países como Francia (con los reactores Phenix y Superphenix, este último actualmente en desmantelamiento), Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, la antigua Unión Soviética y Japón (Joyo y Monju) tienen reactores rápidos experimentales. Otros, como China, tienen alguno en construcción.

Otra forma de generar combustible nuclear dentro del propio reactor es mediante la utilización del ciclo del torio. Mediante la captura del isótopo torio-232 de neutrones, se obtiene uranio-233, isótopo que no existe de forma natural pero que tiene una alta sección eficaz de fisión y que, por lo tanto, es útil como combustible nuclear. El único problema que presenta este isótopo es su baja fracción de diferidos (0,0026), aunque el uso de reactores subcríticos que se co-

mentarán posteriormente puede hacer más flexible su utilización. El torio existe en la naturaleza en una proporción mucho mayor que los isótopos de uranio y, por lo tanto, no existiría ningún problema para su uso como combustible nuclear. Podría utilizarse en reactores reproductores para generar nuevo combustible nuclear. Otra de las ventajas que presenta el ciclo del torio es que el número de isótopos transuránicos generados durante la operación del reactor es mucho menor que en el caso de utilizar uranio, al partir de isótopos de uranio con un número másico mucho menor (233 frente a 238).

Dentro de los reactores reproductores, cabe destacar los reactores rápidos reproductores (FBR) y los reactores reproductores de agua ligera (LWBR), a los que nos referimos a continuación.

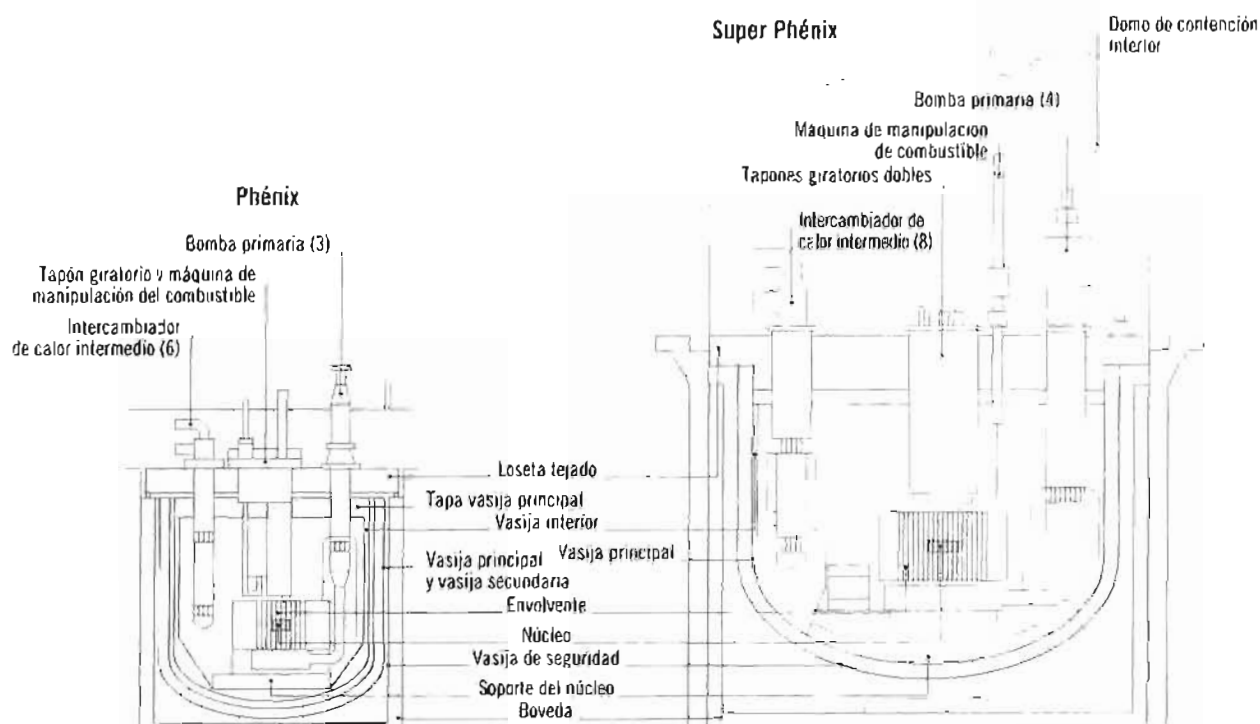
### 3.1. Reactores rápidos reproductores (FBR)

Estos reactores funcionan con un espectro neutrónico rápido. Para evitar la termalización de los neutrones, no se puede utilizar agua o grafito en el núcleo del reactor, sino materiales pesados o gases. Son de dos tipos, en función del tipo de

refrigerante utilizado (metales líquidos o gas).

#### 3.1.1. Reactores rápidos reproductores refrigerados por metales líquidos (LMFBR)

Estos reactores son refrigerados por metales líquidos, de forma que la relación de masa entre los neutrones y los átomos del metal ( $m_n/m_m$ ) es muy baja. Esto hace que los neutrones pierdan muy poca energía por cada dispersión con los átomos del refrigerante, y, por lo tanto, no se termalizan. El refrigerante por excelencia utilizado en este tipo de reactores ha sido el sodio, aunque presenta algunos problemas tanto de corrosión como de reacción explosiva con el agua, como de dificultades de mantenimiento, particularmente por ser opaco y no permitir visión directa con el reactor inundado. En la actualidad, se está investigando sobre las aleaciones plomo-bismuto como posible alternativa de refrigerante en este tipo de reactores. Esta tecnología ya ha sido utilizada en reactores nucleares de submarinos en la flota de la extinta Unión Soviética. Un esquema de reactor refrigerado por sodio viene dado en la figura 3.



► Figura 4. Esquemas de los reactores rápidos Phenix y Superphenix.

Por motivos de seguridad, el sodio que refrigera el reactor no es directamente utilizado para la producción de vapor, ya que el sodio con el agua provoca reacciones fuertemente exotérmicas que pueden provocar incendios e incluso explosiones. Por ello se utiliza un lazo intermedio, para conseguir mantener la integridad del reactor bajo cualquier circunstancia.

De este tipo de reactores refrigerados por sodio, los modelos más avanzados fueron el Phenix y el Superphenix (figura 4). Este último llegó incluso a la operación comercial desde 1984, alcanzando la plena potencia en 1986, hasta su cierre por problemas en el tanque de almacenamiento de combustible tras su paso por el reactor. El núcleo del reactor consistía en tubos de acero inoxidable que contenían el combustible en forma de óxidos mixtos, con un 20% de contenido en peso del isótopo plutonio-239. Alrededor del núcleo se disponía de elementos combustibles que contenían sólo óxido de uranio y que se denomina la región de re-

producción (Breeder Region), donde se generaba el plutonio a partir de los isótopos de uranio. Todo el conjunto tenía unas dimensiones de  $3 \times 5$  metros, y era soportado por una vasija que contiene el sodio líquido. El sodio salía a una temperatura de  $500^{\circ}\text{C}$  del reactor, y se refrigeraba en un segundo lazo con sodio, que estaba a su vez conectado con un generador de vapor. Este reactor reproductor producía un 20% más de combustible que el que consumía.

Un funcionamiento de 20 años del reactor permitiría alimentar otro reactor nuclear de similares características. Una optimización del esquema de reproducción del combustible da lugar a la utilización del 75% de la energía del uranio natural, frente al 1% que se viene utilizando en la actualidad.

### 3.1.2. Reactores rápidos reproductores refrigerados por gas (GCFBR)

Este tipo de reactores refrigerados con gas utiliza gas de helio como refrigerante, de forma que

los neutrones no son termalizados como en el caso de utilizar agua (al tratarse de un gas, de mucha menor densidad que el agua, el fluido es casi transparente a los neutrones). Estos reactores se encuentran en estudio, y presentan la ventaja de obtener un espectro todavía más rápido que los refrigerados por sodio, lo que permite alcanzar mayores capacidades de reproducción del combustible, aunque también se produce una pérdida adicional de efecto Doppler. En países como Francia y Japón se están llevando a cabo serios estudios sobre el tema, y tanto Framatome como la CEA francesa están realizando estudios sobre un diseño de reactor reproductor de gas rápido. Para intentar paliar el inconveniente que supone la pérdida del efecto Doppler por el endurecimiento del espectro, se ha planteado en los nuevos diseños la inclusión de una cierta cantidad de moderador (grafito en el combustible), lo que permite suavizar el espectro, ganando algo en efecto Doppler,

aunque, por supuesto, se produce una disminución en la capacidad de reproducción del reactor. Los reactores refrigerados por gas presentan la ventaja de tener menores problemas de corrosión y de reacción con el agua que los reactores de metales fundidos, además de la posibilidad de poder turbinar directamente el gas a la salida incrementando notablemente la eficiencia en la producción energética. Además, los elementos combustibles utilizados, y que serán descritos en un apartado posterior, permiten alcanzar muy altos grados de quemado, lo que da lugar a estrategias de alto quemado en la generación de energía nuclear.

### 3.2. Reactor reproductor de agua ligera (LWBR)

En la estación de Shippingport fue operado, desde el año 1977 hasta el año 1982, un reactor cuyo propósito era la producción de uranio-233 mediante captura de torio-232, investigando la posibilidad de generar combustible nuclear a partir del ciclo del torio. Este ciclo de reproducción se podía realizar con espectros térmicos (no como en el caso del plutonio, donde la reproducción mejo-

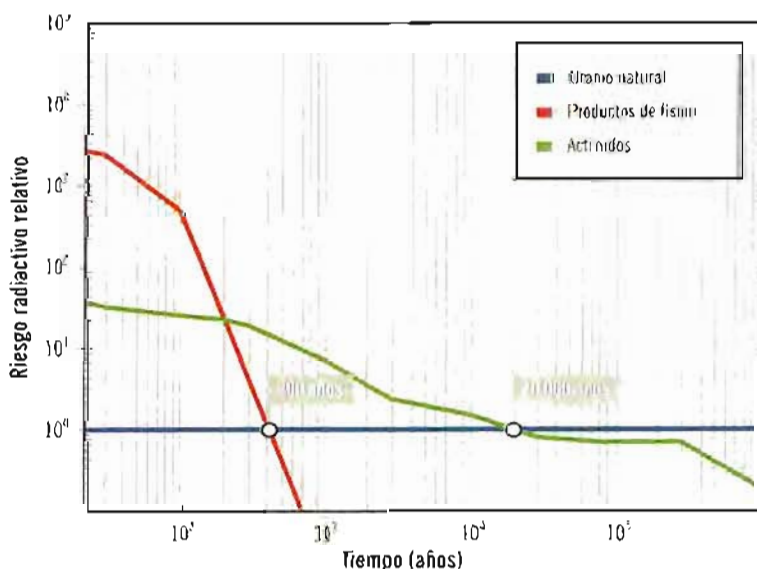
ra enormemente con el endurecimiento del espectro). El experimento terminó por motivos económicos, y al hacerlo el núcleo contenía un 1,3% más de combustible que al inicio de la operación. La explotación del ciclo ha sido estudiada en conceptos de reactor todavía más innovadores, como el reactor subcrítico amplificador de energía, cuya descripción se realizará en un capítulo posterior.

### 4. Residuos y transmutación

Uno de los principales problemas que tiene que afrontar la industria nuclear son los residuos nucleares generados durante la explotación de las centrales. La relación entre la radiotoxicidad proveniente del uranio natural necesario para producir una tonelada de combustible y la radiotoxicidad final del combustible gastado es de un factor 3.000 (tras 20 años de enfriamiento), debido principalmente a los productos de fisión. Con el paso del tiempo, esta radiotoxicidad comienza a decrecer, y a los 400 años la radiotoxicidad de los productos de fisión se iguala a la del uranio natural inicial. Este intervalo de tiempo es considerado controlable. Sin embargo, los elementos transuránicos presentes

en el combustible (y que aparecen como captura del isótopo uranio-238, y posteriores capturas y desintegraciones), como son el neptunio, el plutonio, el americio y el curio, tienen una radiotoxicidad asociada que, aunque menor que la de los productos de fisión tras la descarga del reactor, al cabo de 400 años sigue siendo importante, y no alcanza el nivel de radiotoxicidad del uranio natural hasta los 20.000 años. Estos resultados se reflejan en la figura 5. Los productos de activación (isótopos radiactivos provenientes de la captura neutrónica de los materiales estructurales, refrigerantes, etcétera) tienen una radiotoxicidad asociada muy inferior a los dos anteriores.

Los principales culpables de la alta radiotoxicidad de los transuránicos son los isótopos de plutonio. Si se utiliza un ciclo cerrado con reactores reproductores, la radiotoxicidad del combustible disminuye fuertemente, aunque sigue siendo problemática debido a la presencia de isótopos de americio y, en especial, los isótopos de curio. La escala de tiempos de 20.000 años parece demasiado amplia como para poder garantizar el aislamiento de estos isótopos. En un primer momento se propuso como solución el enterramiento de los residuos nucleares en formaciones geológicas estables que permitiesen garantizar, por un lado, la ausencia de movimientos tectónicos en la zona en cuestión, y por el otro, la ausencia de agua que pudiese romper las barreras impuestas al combustible gastado y transportar los isótopos radioactivos a acuíferos donde supondrían un gran peligro para la población que residiese cerca del almacenamiento. A la instalación situada en estas zonas y donde finalmente se almacenarían los residuos se la denomina *almacenamiento geológico profundo* (AGP). Esto supuso una serie de estudios en profundidad sobre el



► Figura 5. Radiotoxicidad del combustible gastado.

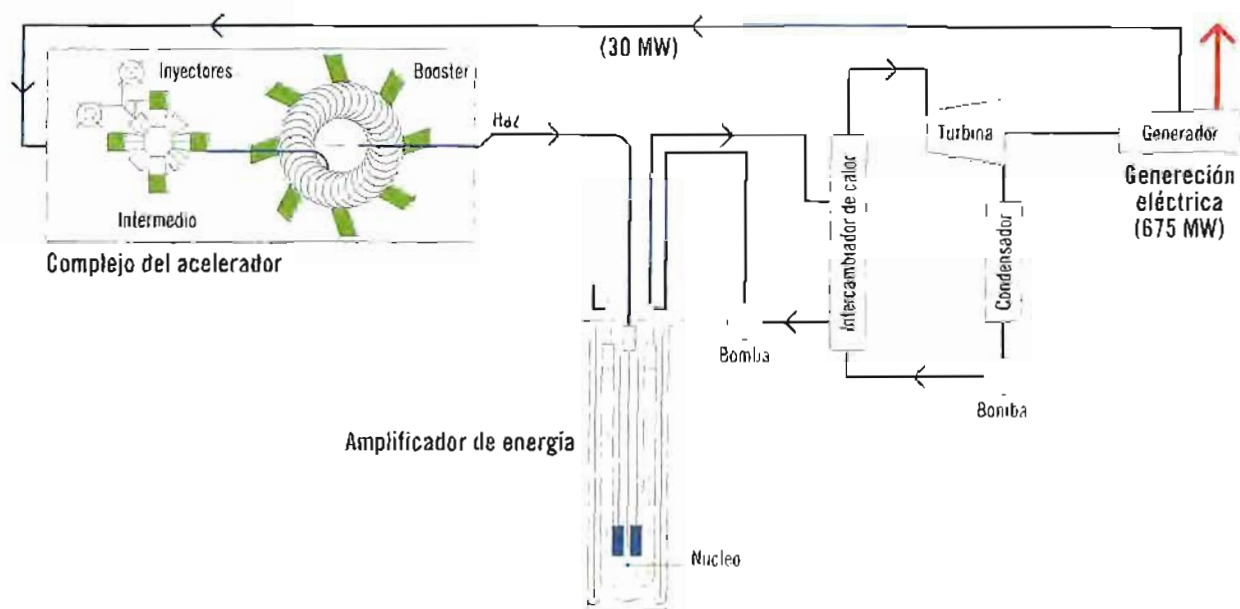


Figura 6. Esquema del amplificador de energía, funcionando como reactor subcrítico activado por un haz de protones.

tema, dando lugar a distintas localizaciones posibles dentro de los países con residuos nucleares. Estos proyectos recibieron una fuerte oposición social (en alguno países mayor que en otros), lo que dio lugar, en algunos casos, al estancamiento de los estudios. Sin embargo, existen yacimientos como el de Yucca Mountain, en Estados Unidos, que ya ha obtenido la aprobación del Congreso Americano para ser el primer repositorio oficial de residuos nucleares de larga vida. Otros países en Europa, como es el caso de Finlandia, tienen avanzados los estudios, con la característica especial de que no existe una gran oposición social sobre el tema, debido probablemente a un mayor conocimiento por parte del público en general del problema y de los riesgos reales asociados.

Sin embargo, la oposición muy generalizada por parte de la sociedad a los almacenamientos geológicos profundos llevó a pensar en nuevos sistemas para la disminución, tanto en volumen como en radiotoxicidad, de los residuos generados. La que ha tenido una mayor importancia en cuanto a estudios se refiere es la opción de la transmutación. Antes de entrar en los nuevos

diseños de reactores nucleares utilizados en transmutación, es importante resaltar que la transmutación y los AGP no son mutuamente excluyentes, sino complementarios. No es posible pensar en ninguna estrategia de transmutación que no tenga al final del proceso un residuo final de actividad alta y dilatada en el tiempo, por lo que siempre será necesario la construcción de un AGP. Lo que sí permite la transmutación es minimizar el volumen a almacenar, y disminuir posiblemente la potencia remanente del residuo final, lo que alivia significativamente las prestaciones que deben cumplir en diseño los AGP.

Los diseños de reactores para transmutación son muy novedosos. La mayoría de los estudios en la actualidad se basan en reactores subcríticos. Mediante reacciones nucleares de fisión, los transuránidos de alta radiotoxicidad y vida larga se convierten en productos de fisión de vida media mucho menor. Los reactores subcríticos tienen una constante de multiplicación efectiva menor que la unidad, por lo que no es posible mantener una población neutrónica inicial en el interior del reactor sin una fuente externa de neutrones. Esta fuente proviene general-

mente (en casi todos los diseños) de una fuente de espalación que se basa en la generación de neutrones de alta energía cuando un protón de energía cercana al GeV (previamente acelerado en un acelerador de partículas) incide sobre un núcleo de elevado número atómico ( $Z$ ) (en general, aleaciones de plomo-bismuto). Esta reacción da lugar a neutrones, que son la fuente externa que necesita el reactor neutrónico para mantener la población neutrónica (y por lo tanto las tasas de reacción de fisión necesarias para la transmutación). A este tipo de reactores se le conoce con el nombre de sistemas accionados por acelerador (ADS). Las ventajas principales que presentan estos sistemas son, en primer lugar, la subcriticidad de los mismos, lo que hace que accidentes como el de Chernóbil no sean posibles en este tipo de reactores. En segundo lugar, presentan condiciones idóneas para obtener distintos espectros neutrónicos; y por último, pueden utilizar cierta clase de combustibles exóticos de alto quemado, que en reactores convencionales no tienen cabida. Es especialmente en el tema de seguridad donde este tipo de reactores presenta indudables ventajas.

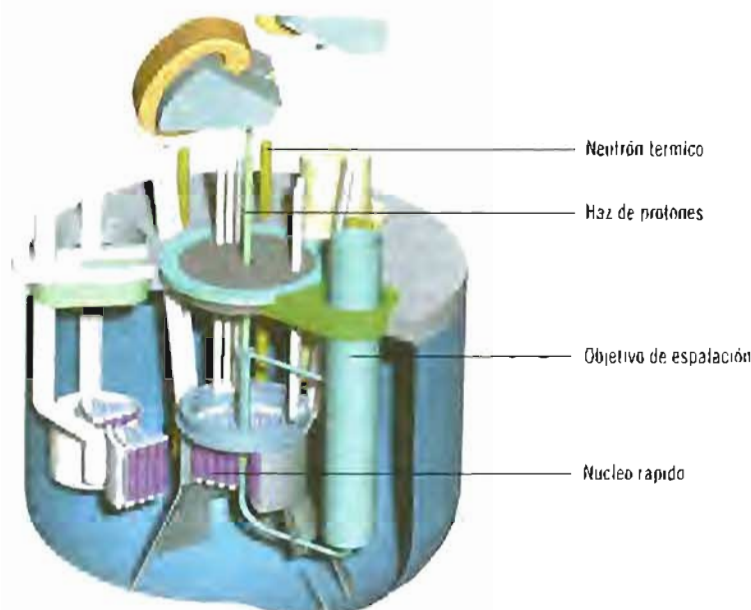


Figura 7. Proyecto Myrrha.

La idea original de estos sistemas es antigua, pero en la actualidad ha tenido un resurgimiento muy fuerte por la problemática de las fuentes de energía. Uno de los diseños que generó un punto de inflexión en el desarrollo de la transmutación es el reactor denominado Amplificador de Energía. Este reactor, ideado en el CERN bajo la tutela del premio Nobel de Física Carlo Rubbia, es un reactor rápido subcrítico refrigerado por una aleación de plomo-bismuto que sirve asimismo para la fuente de espalación, con un diseño muy innovador que permite utilizar las ventajas que presenta este tipo de refrigerante desde el punto de vista de la densidad, del coeficiente de dilatación volumétrica y del calor específico para conseguir una refrigeración del reactor por convección natural, intrínsecamente segura. El sistema era un reactor reproductor, basado en el ciclo del torio (y por lo tanto sin problemas en lo referente a reservas de este tipo de combustible), y además existían una serie de celdas adicionales en el exterior del núcleo donde se disponían blancos para eliminar los isótopos transuránicos generados durante el funcionamiento del reactor. La figura 6

ilustra el esquema de funcionamiento del reactor.

Mediante este diseño se conseguía un reactor capaz de generar un alto nivel de potencia, con una mínima producción de residuos nucleares.

La mayoría de los diseños de reactores transmutadores se basaron en el Amplificador de Energía como concepto inicial. La principal diferencia consiste en que mientras los diseños de reactores transmutadores actuales se centran única y exclusivamente en la eliminación de residuos radiactivos, el amplificador era un reactor de potencia donde su objetivo principal es la producción de energía eléctrica. Entre los diseños de reactores transmutadores, cabe diferenciar aquellos que utilizan un espectro térmico o rápido.

#### 4.1. Transmutadores de espectro rápido

La ventaja del espectro rápido es que casi todos los isótopos presentan altos valores en las secciones eficaces de fisión para un nivel de flujo determinado por la potencia del reactor. Esto significa que ningún isótopo es problemático desde el punto de vista de la transmutación. Dentro de este espectro, existen dos diseños de

naturaleza diferente que se deben mencionar:

##### 4.1.1. Transmutadores refrigerados por metales líquidos

Es el caso de transmutadores basados en el diseño inicial del Amplificador de Energía. Utilizando plomo como refrigerante, se consigue un espectro rápido para la transmutación. Uno de los diseños más avanzados en Europa es el proyecto Myrrha, representado en la figura 7. Este reactor se basa en un sistema de fuente de espalación sin ventana (no existe ningún medio físico entre el plomo del blanco y el canal de vacío por donde vienen los protones). Otros diseños contienen una ventana de un material de alta resistencia a la irradiación con partículas. El proyecto tiene origen en Bélgica, pero pretende nutrirse de fondos de la Unión Europea para su realización, involucrando un numeroso grupo de países.

Existen otros conceptos de reactores rápidos refrigerados por plomo, como el TIGRA en Italia. También cabe reseñar el proyecto PDS/XADS, financiado por la Unión Europea, y que está realizando un estudio de diseño de reactor subcrítico refrigerado por una aleación de plomo-bismuto.

##### 4.1.2. Transmutadores refrigerados por gas

Al igual que en el caso de los sistemas reproductores, en transmutación se utiliza este tipo de reactores rápidos. Son reactores subcríticos, y están siendo centro de una alta actividad investigadora en la actualidad por las ventajas que presenta en lo referente a seguridad del reactor. El programa PDS/XADS, lanzado inicialmente con fondos de la Unión Europea, trata de obtener un diseño óptimo de transmutación comparando los reactores subcríticos refrigerados por metales fundidos o por gas. Dentro de este estudio cabe reseñar los trabajos realizados por Framatome y la CEA.

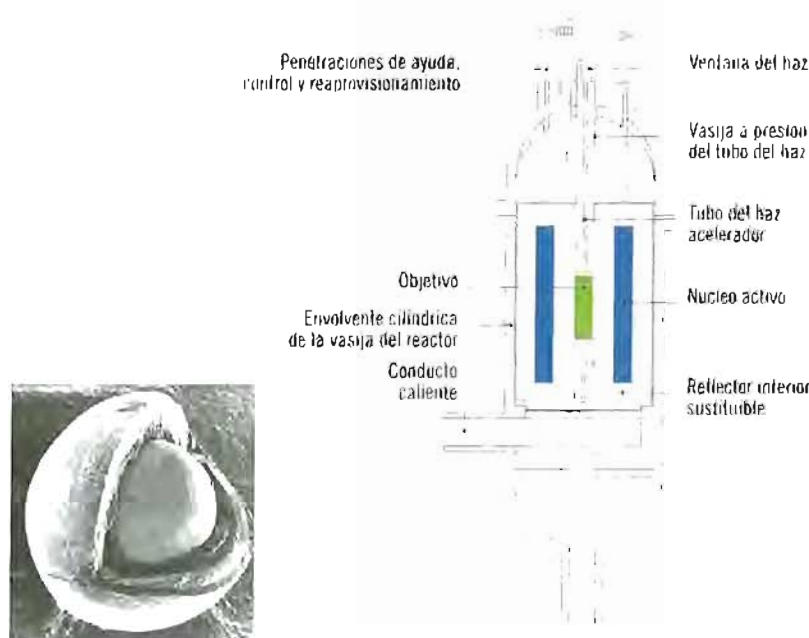


Figura 8. Elementos combustibles y reactor transmutador HTGR (General Atomics).

#### 4.2. Transmutadores de espectro térmico o epitérmico

Los reactores *térmicos* presentan la desventaja de que algunos isótopos, como el curio, tienen secciones eficaces muy bajas comparadas con otros isótopos, lo que da lugar a tasas de eliminación mucho menores. Sin embargo, estos espectros han sido los más utilizados para la producción energética hasta la actualidad y se parte de un conocimiento mucho mayor que en el resto de diseños. A energías ligeramente superiores, nos encontramos con *espectros epitérmicos* que entran de lleno en las resonancias (altos valores de las secciones eficaces) de muchos de los isótopos transuránicos que se pretenden eliminar. El uso de espectros epitérmicos es una forma de conseguir la eliminación casi total de los isótopos transuránicos sin la necesidad de un espectro rápido. Un ejemplo de estudios de este tipo de reactores ha sido presentado por General Atomics. Siguiendo la política de combustible americana (que coincide con la española) de ciclos abiertos de combustible (es decir, sin reprocesamientos del mismo), el plutonio es un elemento más a eliminar por su alta ra-

diotoxicidad (no es considerado como isótopo fisible). Además, en el caso americano se presta especial atención al problema de la proliferación nuclear, ya que un repositorio AGP no es más que un almacén de productos que pueden ser reutilizados para la fabricación de arsenales nucleares. El plutonio se puede eliminar muy bien en reactores térmicos, donde se dispone de un efecto Doppler suficientemente importante como para permitir la licencia del reactor. El modelo utilizado se basa en un reactor refrigerado por gas de alta temperatura (HTGR).

El núcleo de estos reactores se compone de prismas de grafito hexagonales donde existen unos canales cilíndricos preparados para la inserción de los elementos combustibles. Estos están formados por prismas compactados compuestos de grafito y partículas de combustible, de diámetro menor que el milímetro y que, a su vez, se componen de distintas capas de grafito de distinta naturaleza para asegurar que no puedan escapar los productos de fisión. Estas microesferas de combustible son capaces de soportar quemados de hasta 800 MWd/kg sin perder su integridad. Como el

objetivo de la transmutación es alcanzar grados de quemado muy altos, esto permite eliminar un porcentaje muy alto de transuránicos sin la necesidad de reprocesamientos adicionales del combustible. El reactor es accionado como reactor crítico con espectro térmico en un primer paso, eliminando los isótopos de plutonio, para en un segundo paso introducir una fuente de espalación y accionarlo como subcrítico con un espectro epitérmico que permite la eliminación de los isótopos de curio. De esta forma se obtiene una eliminación de hasta el 95% de la radiotoxicidad residual, con la necesidad de un *único reprocesamiento intermedio*. El elevado coste que se presupone al reprocesamiento hace de esta característica un dato muy importante a tener en cuenta en futuras comparaciones entre distintos diseños. La figura 8 incluye un esquema de los elementos combustibles y del reactor.

Otro de los modelos transmutadores basados en esta tecnología de reactores de alta temperatura son los reactores de lecho de bolas (Pebble Bed Reactors). El funcionamiento es similar, la principal diferencia estriba en los elementos combustibles. Ahora las microesferas de combustible se compactan para formar esferas de unos seis centímetros de diámetro. En la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid se ha estudiado este tipo de reactores, que presentan unas características muy atractivas para la transmutación.

En la zona central de la figura 8 (en verde) se representa la fuente de espalación, y los elementos en azul representan los prismas hexagonales que contiene el combustible. En la parte inferior de la figura aparece el elemento combustible, con una serie de capas que contienen el buffer, utilizado para absorber los productos de fisión

del combustible sin que incrementen en exceso la presión de la microesfera. La figura del reactor se completa con el canal de vacío para los protones de espalación, y demás sistemas del reactor.

No deben faltar, en el capítulo de la transmutación, unos breves comentarios sobre la *necesidad de reprocesamiento*. En la actualidad, el método utilizado es el PUREX, y permite la separación del plutonio del uranio que queda en el combustible tras su quemado. Sin embargo, con la transmutación deben separarse todos los isótopos transuránicos, junto con los productos de fisión de vida larga. En el instituto europeo ITU (Institute of Transuranium Elements) se llevan a cabo importantes investigaciones que permiten la separación de las distintas corrientes de elementos radiotóxicos para su posterior transmutación. De los primeros informes, cabe destacar el elevado coste de la separación de elementos radiactivos (especialmente en el caso del curio, al ser sus isótopos potentes emisores alfa de gran

energía), además del riesgo adicional que supone el manipular sustancias altamente radiotóxicas, si se compara con un escenario de no reprocesamiento (AGP). Sin embargo, los resultados experimentales son de pleno éxito en lo concerniente a la posibilidad científica de dicha separación, existiendo numerosos métodos adicionales para la separación de los distintos elementos involucrados. Debido al elevado coste, estrategias con menor necesidad de sucesivos reprocesamientos durante la transmutación parten con una ventaja importante desde el punto de vista económico. Es el caso de espectros epitérmicos en reactores de gas de alta temperatura, donde los elementos combustibles alcanzan grados de quemado muy elevados. Sin embargo, en las estrategias de quemado con espectros rápidos (que dañan en mayor medida los elementos combustibles debido a la mayor energía media de los neutrones), se prevé la necesidad de un número mucho más elevado de reprocesamientos (del orden de la

decena) para conseguir eliminar hasta el 99% de los isótopos transuránicos.

## 5. Conclusiones

En definitiva, la energía nuclear de fisión presenta ante la humanidad una posibilidad de explotar recursos naturales de extraordinaria potencialidad energética, y de hacerlo de manera segura y eficiente. En particular es importante subrayar que se conocen con notoria precisión las raíces del riesgo nuclear, y por tanto pueden valorarse sus efectos, aun cuando haya siempre una carga aleatoria en la probabilidad de que sucedan determinados tipos de accidentes o emisiones. En todo caso, el conocimiento de las raíces del riesgo permite establecer unos criterios de diseño que luchan contra los efectos derivados de esa peligrosidad, y proporcionan herramientas de control que pueden evitar de raíz la interacción de cantidades significativas de productos radiactivos artificiales con los seres humanos y el medio ambiente. ☺

## Referencias

- A. Weinberg, E. Wigner. *The physical theory of neutron chain reactors*. Univ. of Chicago Press (1958).
- S. Glasstone, A. Sesonske. *Nuclear Reactor Engineering*. Van Nostrand Reinhold (1981).
- J.M. Martínez-Val, M. Píera. *Reactores Nucleares*. ETSII-UPM (1997).
- J.M. Martínez-Val y otros. *An analysis of the physical causes of the Chernobyl Accident*. Nuclear Technology, 90, 371 (1990).
- F. Boucille, D. Schneider. *El reactor Europeo de agua a presión (EPR)*. Revista SNE, mayo 2002.
- J.W. Winters, J. Cobián. *AP600 diseñado y licenciado, AP1000 preparado*

- para el licenciamiento*. Revista SNE, mayo 2002.
- J. Redding, J. Segarra. *La central nuclear ABWR: Electricidad de origen nuclear segura y de coste previsible*. Revista SNE, mayo 2002.
- H.W. Kalfiné. *Reactores modernos de agua ligera. Situación actual, posibilidades de desarrollo y empleo del SWR 1000*. Revista SNE, mayo 2002.
- M.D. Carelli, J. Cobián. *El diseño de la Central Nuclear IRIS (International Reactor, Innovative and Secure)*. Revista SNE, mayo 2002.
- M.D. Carelli. *IRIS and the new generation of nuclear engineers*. Presentación en International Conference Ent-

- rico Fermi and Nuclear Energy*. Pisa, 2001.
- C. Rubbia et al. *Conceptual Design of a Fast Neutron Operated High Power Energy Amplifier*. CERN/AT/95-44 (ET) (1995).
- *A European Roadmap for Developing Accelerator Driven Systems (ADS) for Nuclear Waste Incineration*. ISBN-88-8286-008-6. April, 2001 (Italia).

## Bibliografía digital

- <http://www.ap600.westinghouse.com/>
- <http://gcn-iv.ne.doc.gov>
- <http://framatome-anp.com/>
- <http://www.world-nuclear.org/>

 Antonio Morales\*

# El procedimiento administrativo sancionador

El derecho sancionador es objeto de un amplio debate en el seno de nuestra doctrina y, dentro del propio orden jurisdiccional, existe un conflicto entre dos grandes objetivos: el respeto por las

garantías de los ciudadanos y la efectividad del sistema sancionador. El artículo ahonda en estos aspectos con una especial referencia a los ámbitos de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

## 1. El procedimiento administrativo en general

### 1.1. Generalidades

Con carácter general, es conveniente, antes de analizar el procedimiento sancionador, hacer una breve referencia al procedimiento administrativo, que es el tronco común a partir del cual se desgajan las singularidades propias del ámbito sancionador.

Hecha esta precisión, el procedimiento puede ser definido desde una doble perspectiva:

— *Funcionalmente*. Dice el profesor García de Enterría que el procedimiento es el *iter* jurídicamente regulado *a priori*, a través del cual una manifestación jurídica de un plano superior, generalmente una norma, produce efectos jurídicos en un plano inferior, una de rango subalterno o un acto singular no normativo.

— *Estructuralmente*. Define Carnelutti el procedimiento como tipo o forma de combinación de actos, cuyos efectos jurídicos están causalmente vinculados entre sí, y en la que, según el profesor González Pérez, deben mostrarse los si-

guientes requisitos: en primer lugar, que cada uno de los actos combinados conserve íntegra su individualidad; en segundo lugar, que la conexión entre los actos radique en la unidad de efectos jurídicos; y finalmente, que los actos estén casualmente vinculados entre sí, de modo que cada uno suponga el anterior.

### 1.2. Concepto de procedimiento administrativo

Como indicaba la Exposición de Motivos de la derogada Ley de Procedimiento Administrativo de 1958, el procedimiento es el cauce formal de la serie de actos que se concreta en la comunicación administrativa para la realización de actos administrativos.

### 1.3. Naturaleza

En este sentido, cabe aludir a las siguientes características que delimitan la naturaleza jurídica del procedimiento administrativo:

— *Normas de orden público*. Reiteradamente la jurisprudencia ha señalado que las normas que regulan el procedimiento administrativo son de orden público y su infracción debe ser apreciada de oficio y antes que otros posibles vicios por los tribunales (sentencias del Tribunal Su-

premo de 28 de febrero de 1962, 8 de enero de 1963, 19 de febrero de 1963, 25 de enero de 1966, 24 de mayo de 1968, 17 de enero de 1972, 15 de octubre de 1974 y 7 de mayo de 1986).

— *Acto complejo o complejo de actos*. Para algunos autores, como Garrido Falla, el procedimiento administrativo es un acto de naturaleza compleja en el que se funden, perdiendo su propia identidad, los actos a través de los cuales se integran las voluntades de los sujetos y órganos intervinientes. En cambio, otros autores, como García de Enterría, estiman que el procedimiento no es un acto complejo sino un complejo de actos, con sustantividad propia, sin perjuicio de su carácter instrumental respecto a la resolución final a cuya consecución coadyuvan. Sin embargo, cabe admitir, con Entrena Cuesta, la existencia de un acto compuesto o acto procedimiento, dentro del cual se distinguen, no obstante, actos de trámite que son los actos de distinto contenido e importancia a través de los cuales se va formando la voluntad administrativa, y actos resolutorios o definitivos que la expresan finalmente.

\* A. Morales es abogado del Estado y secretario general del Consejo de Seguridad Nuclear.



► Figura 1. Antonio Morales, secretario general del CSN y autor del artículo.

#### 1.4. Fines

El artículo 105 de la Constitución Española, letra c), dispone: "La ley regulará: c) El procedimiento a través del cual deben producirse los actos administrativos, garantizando, cuando proceda, la audiencia del interesado".

Según la Exposición de Motivos de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (LPAC), el procedimiento administrativo es un instrumento adecuado para dinamizar su avance y coadyuvar a la modernización del Estado y, por lo tanto, las reglas esenciales del procedimiento son una pieza fundamental en el proceso de servicio al ciudadano de nuestra sociedad y de su Administración.

Dos notas más deben destacarse que permiten conocer los fines del procedimiento administrativo:

— El procedimiento administrativo es presupuesto de la impugnación procesal, pues, en virtud del principio de autotutela administrativa, el particular, antes de demandar a una Administración Pública, ha de acudir ante ella a fin de que ésta se pronuncie sobre su

pretensión, a través del correspondiente acto administrativo, y sólo cuando este acto ha causado estado es admisible la impugnación ante la vía procesal.

— El procedimiento administrativo completa la garantía judicial. El artículo 106.1 de la Constitución dispone lo siguiente: "Los Tribunales controlan la potestad reglamentaria y la legalidad de la actuación administrativa, así como el sometimiento de ésta a los fines que la justifican", con lo que existe un control total por parte de los tribunales sobre la actuación de la Administración Pública.

#### 1.5. Regulación legal: ámbito de aplicación de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común

##### 1.5.1. Antecedentes

Aparte de la Ley de 31 de diciembre de 1881, reguladora del procedimiento en las reclamaciones económico-administrativas, y de la que fue principal artífice don Juan Francisco Canacho, el primer paso en la regulación de un procedimiento administrativo en nuestro Derecho lo dio la Ley Azcárate, de bases del procedimien-

to administrativo, de 19 de octubre de 1889.

La diversidad de disposiciones reglamentarias que desarrollaron la vieja ley (cada ministerio dictó su propio reglamento), así como la diferente regulación en los reglamentos de aspectos esenciales, a veces, con desviación absoluta de los principios consagrados en la propia Ley de Bases, hizo inaplazable la reforma del sistema.

Dicha reforma se llevó a cabo por la Ley de Procedimiento Administrativo (LPA), de 17 de julio de 1958, cuya Exposición de Motivos dibuja un criterio de unidad procedimental al procurar reunir en un mismo texto legal todas las normas de procedimiento, sin perjuicio del respeto a la esencialidad de determinadas materias administrativas cuyas peculiaridades características reivindican un procedimiento distinto. La importancia de esta ley, surgida en el contexto de la renovación de los estudios de derecho administrativo, no ha podido ser mayor en la evolución de nuestro derecho administrativo y en el de otros países hispanoamericanos e incluso europeos sobre los que tuvo un influjo patente.

Finalmente, y a salvo lo dicho, la LPA ha sido sustituida por la LPAC, de 26 de noviembre de 1992. Sin perjuicio de las novedades introducidas, la ley sigue el esquema de su antecedente, al haber sido ésta respetada "incluso literalmente", como "reconocimiento de la importancia que tuvo en su día y que hoy, en buena parte, conserva (Exposición de Motivos de la LPAC).

##### 1.5.2. Estructura de la LPAC

La estructura de la ley, modificada recientemente por la Ley 4/1999, de 13 de enero (146 artículos), es la siguiente:

— Título Preliminar: Del ámbito de aplicación y principios generales.

— Título I: De las Administraciones Públicas y sus relaciones.

— Título II: De los órganos de las Administraciones Públicas.

— Título III: De los interesados.

— Título IV: De la actividad de las Administraciones Públicas.

— Título V: De las disposiciones y los actos administrativos.

— Título VI: De las disposiciones generales sobre los procedimientos administrativos.

— Título VII: De la revisión de los actos en vía administrativa.

— Título VIII: De las reclamaciones previas al ejercicio de las acciones civiles y laborales.

— Título IX: De la potestad sancionadora.

— Título X: De la responsabilidad de las Administraciones Públicas y de sus autoridades y demás personal a su servicio.

Siguiendo a continuación las disposiciones adicionales, dos disposiciones transitorias, una disposición derogatoria y otra final.

Se pueden citar también numerosos reglamentos y normas que desarrollan procedimientos al amparo de la Disposición Adicional 3ª, como por ejemplo: Real Decreto 26-3-1993 (responsabilidad patrimonial); Real Decreto 4-8-1993 (potestad sancionadora).

### 1.5.3. *Ámbito de aplicación*

La LPAC descansa en el artículo 149.1.18 de la Constitución, según el cual corresponde al Estado la competencia exclusiva sobre "las bases del régimen jurídico de las Administraciones Públicas y el régimen estatutario de sus funcionarios, que, en todo caso, garantizarán a los administrados un tratamiento común ante ella", así como sobre el "procedimiento administrativo común, sin perjuicio de las especialidades derivadas de la organización propia de las Comunidades Autónomas".

Partiendo de la previsión constitucional, el artículo 1 de la ley señala que la misma "establece y regula las bases del régimen jurídico, el procedimiento administrativo

común y el sistema de responsabilidad de las Administraciones Públicas, siendo aplicable a todas ellas", precisando el artículo 2 que a estos efectos se entiende por Administraciones Públicas la Administración del Estado, las Administraciones de las Comunidades Autónomas y las entidades que integran la Administración local, y que "tendrán asimismo la consideración de Administración Pública las Entidades de Derecho Público con personalidad jurídica propia vinculadas o dependientes de cualquiera de las Administraciones Públicas", incluyéndose en este apartado al Consejo de Seguridad Nuclear.

### 1.6. Los principios generales del procedimiento administrativo

Los principios del procedimiento administrativo constituyen el entramado básico y la estructura esencial del mismo y representan el único medio de unidad en su regulación, además de que, como señala García de Enterría, sólo a través de estos principios se puede encontrar una salida razonable a la tensión procedimiento común-procedimientos especiales, entre los cuales se encuentra el procedimiento sancionador, objeto de análisis en el presente estudio. La enumeración de tales principios puede sintetizarse del siguiente modo:

— *El principio contradictorio.* Es de esencia al procedimiento administrativo. Su carácter contradictorio, es decir, la posibilidad de que se hagan valer en el mismo los distintos intereses en juego y que estos intereses sean adecuadamente confrontados. Aparece consagrado en el artículo 34 de la ley, que garantiza la llamada a quienes, sin haber iniciado el procedimiento, tengan derechos o intereses legítimos y directos que puedan resultar afectados.

— *El principio de eficacia y economía procesal.* Aparece consagrado en el artículo 103 de la Constitución e inspira los preceptos de la Ley 30/1992. El artículo

3.2 de la Ley 30/1992, dispone que "las Administraciones Públicas se rigen en su actuación por los criterios de eficiencia y servicio a los ciudadanos". Como una consecuencia de estos principios, se pueden citar los siguientes ejemplos: la tramitación de urgencia prevista en el artículo 50 de la Ley 30/1992; la formulación de una única solicitud que englobe pretensiones idénticas o similares de una pluralidad de personas, aceptada por el artículo 70.2 de la Ley 30/1992; y finalmente, la acumulación de expedientes que guarden identidad sustancial o íntima conexión (artículo 73).

— *El principio de oficialidad.* Aparece consagrado en el artículo 74.1 de la Ley 30/1992. El procedimiento sometido al criterio de celeridad se impulsará de oficio en todos sus trámites. Este principio implica, por consiguiente, que la Administración, una vez iniciado el procedimiento, está específicamente obligada a desarrollar la actividad que sea necesaria para ayudar a la decisión final, sin necesidad de intervención a cargo de los particulares. Además, en virtud de este principio, el órgano que resuelve decidirá todas las cuestiones, no sólo las planteadas por el particular, sino también las que se deriven del propio procedimiento (artículo 89).

— *El principio de exigencia de legitimación.* Salvo aquellos supuestos en que expresamente se reconoce por la ley el carácter público de la acción casi exclusivamente en materia de urbanismo, costas y medio ambiente, en los demás casos para iniciar un procedimiento se exige un punto de conexión entre el particular y la materia objeto del procedimiento. Esta relación entre particular y procedimiento se articula en torno a la figura del interesado, recogida por el artículo 31 de la Ley 30/1992.

— *El principio de imparcialidad.* Este principio, derivado de la sumisión de la Administración



► Figura 2. Inspección de las instalaciones de una central nuclear.

al derecho, que exige el artículo 103 de la Constitución, se recoge en algunos de los preceptos de la ley. Así, en las técnicas de abstención y recusación, cuando exista alguna relación entre los funcionarios y los interesados, en la intervención de órganos consultivos, como el Consejo de Estado, que desempeñan una garantía de imparcialidad y de acierto en la decisión, como ocurre, por ejemplo, en las declaraciones de nulidad en la revisión de oficio.

— *El principio "in dubio pro actione"*. Estrechamente relacionado con el anterior, postula, en favor de una mayor garantía de los administrados, la interpretación más favorable al ejercicio del derecho de acción, por encima de dificultades de índole formal, es decir, buscando una decisión sobre el fondo de la cuestión objeto del procedimiento. Lo encontramos, entre otros, en los siguientes artículos: artículo 71 sobre la subsanación y la mejora de la solicitud; artículo 92.1, sobre la obligación de la Administración de admitir a los interesados, en los procedimientos por ellos iniciados, de que transcurridos tres meses se producirá la caducidad

de los mismos; y artículo 110.2, según el cual el error en la calificación del recurso por parte del recurrente, no sea obstáculo para su tramitación, siempre que se deduzca su verdadero carácter.

— *El principio de publicidad*. Este principio, en realidad, se recoge limitadamente en la Ley 30/1992, entre otras razones, por la preponderancia de la forma escrita. Los actos administrativos se producirán por escrito, a menos que su naturaleza exija o permita otra forma más adecuada de expresión y constancia (artículo 55.1). En el mismo sentido, el artículo 86.1 dispone que el órgano al que corresponda la resolución del procedimiento, cuando la naturaleza de éste lo requiera, podrá acordar un período de información pública. Por último existen dos manifestaciones más de este principio: la posibilidad, que tienen los interesados, de conocer, en cualquier momento, el estado de tramitación de los procedimientos (artículo 35.a); y la posibilidad que tienen de obtener copias de documentos contenidos en los expedientes administrativos.

— *El principio de gratuidad*. La Disposición Adicional 4ª esta-

blece que las tasas que generen las actuaciones del procedimiento administrativo se exigirán de acuerdo con lo que disponga la norma de las que la regulen.

— *Otros principios*. La Ley 4/1999 de 13 de enero de reforma de la LPAC, introduce en el Título Preliminar los principios de actuación de las Administraciones Públicas derivados del de seguridad jurídica. Por una parte, el principio de buena fe, aplicado por la jurisprudencia contencioso-administrativa, incluso antes de su redacción por el Título Preliminar del Código Civil. Por otra, el principio, bien conocido en el derecho procedimental administrativo europeo, y también recogido por la jurisprudencia contencioso-administrativa de la confianza legítima de los ciudadanos en que la actuación de las Administraciones Públicas no puede ser alterada arbitrariamente (artículo 3.1). Además, la Ley 4/1999, añade un apartado 5 al artículo 3 que dice lo siguiente: "En sus relaciones con los ciudadanos las Administraciones Públicas actúan de conformidad con los principios de transparencia y de participación".

## 2. El procedimiento administrativo sancionador

### 2.1. Introducción

La potestad sancionadora de las Administraciones Públicas y el procedimiento establecido para su ejercicio se encuentran reguladas por el Título IV de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (LPAC), así como por las disposiciones que se contienen en el Real Decreto 1398/1993, de 4 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Procedimiento para el Ejercicio de la Potestad Sancionadora (RP, en adelante).

Dichas normas, configuran un tronco común, en el sentido que pretende expresar el artículo 149, apartado 1, número 18º, de la Constitu-

ción. Estas normas comunes constituyen un "mínimo necesario" de obligada observancia por cualesquiera otras regulaciones provenientes de las Administraciones General del Estado, Autonómica y Local, y que vienen a conformar una especie de "parte general del derecho administrativo sancionador", la cual presenta la virtualidad de vincular el contenido de las normas sobre procedimientos administrativos de imposición de sanciones desde un doble plano: *ex post*, pues a ella deberán atenerse las futuras regulaciones de esta manifestación punitiva de la potestad de la Administración sea el que fuere el nivel del que provengan; y *ex ante*, por la necesidad de adecuar a dichos principios las regulaciones entradas en vigor con anterioridad a su promulgación.

La vigente normativa sobre el régimen jurídico de la Administración sancionadora, sin embargo, no nace del vacío, sino que aflora paralelamente a la consecución del Estado social y democrático de derecho inaugurado por la Constitución Española de 1978. Es precisamente el tenor de su artículo 25.1 el que, situando en pie de igualdad las categorías de *delitos*, *faltas* e *infracciones administrativas*, determinan primariamente el inequívoco reconocimiento constitucional de la potestad sancionadora de la Administración e impone posteriormente la aplicación en dicha esfera sancionadora de todas y cada una de las exigencias inherentes al general principio de legalidad penal.

Las regulaciones normativas existentes sobre este sector del *ius puniendi* con posterioridad a la aprobación del texto constitucional han venido a ratificar dicha inicial apreciación, ya que de un examen del contenido de las mismas puede advertirse la incorporación al seno de los ilícitos administrativos, de una vez por todas, de la vigencia y efectividad de principios tales como el de reserva de ley penal, el de tipicidad de las infracciones y sanciones, el de irretroactividad de las

disposiciones sancionadoras o el de culpabilidad de los sujetos infractores, etcétera.

Sin embargo, en esta materia se ha ido aún más lejos, ya que, con el latente fundamento del carácter restrictivo de los derechos individuales que se da cita tanto en el ejercicio de las potestades públicas penales como en el de las de índole administrativa sancionadora, primero la jurisprudencia e inmediatamente después el legislador han propiciado una asimilación entre infracciones penales (delitos y faltas) e infracciones administrativas también a los efectos de las *garantías procedimentales* que han de rodear el enjuiciamiento de unas y otras. Así, en la legislación al uso también se advierte la consagración legal en la estricta órbita del procedimiento sancionador de diversas garantías de primer orden, tales como la del principio de legalidad procedimental, el derecho a la presunción de inocencia, el derecho a no padecer indefensión, el derecho a no confesarse culpable, el principio de proporcionalidad, etcétera, lo que, en último término, conduce a impedir que en el Estado de derecho pueda producirse una injerencia penal o administrativa de los poderes públicos sin el pleno respecto de semejantes principios y garantías en una y otra sede.

Como de todos es sabido, las anteriores consideraciones, tan sólo implícitamente derivadas del artículo 25 de la Constitución, han adquirido, sin embargo, verdadera carta de naturaleza merced a una temprana jurisprudencia elaborada por el Tribunal Constitucional, la cual se ha extendido también a la exigencia de que los derechos y garantías contemplados en el artículo 24.2 de la Constitución, pese a que este genérico precepto parece referirse únicamente al ámbito del proceso jurisdiccional, sean igualmente aplicables en el procedimiento para la exacción de la responsabilidad penal administrativa, tal y como

sostienen certeramente Garberí Llobregat y Buitrón Ramírez.

Dicha jurisprudencia cifra sus inicios en las sentencias del Tribunal Constitucional 2/1981, de 30 de enero, y 18/1981, de 8 de junio, y continúa fundamentalmente en la sentencia del Tribunal Constitucional 77/1983, de 3 de octubre, cuyos más señalados caracteres son los siguientes:

— Se ha manifestado por el Tribunal Constitucional, en primer término, que los principios penales derivados del artículo 25 de la Constitución son aplicables con ciertos matices a la potestad sancionadora de la Administración (por ejemplo, legalidad, tipicidad, irretroactividad, culpabilidad, proporcionalidad, *non bis in idem*, prohibición de analogía) (SSTC 18/1981, 2/1987, 3/1988, 212/1990, 89/1995, 45/1997). En concreto, en la STC 18/1981, de 8 de junio, puede leerse literalmente lo siguiente: "... ha de recordarse que los principios inspiradores del orden penal son de aplicación, con ciertos matices, al derecho administrativo sancionador, dado que ambos son manifestaciones del ordenamiento punitivo del Estado, tal y como refleja la propia Constitución (artículo 25, principio de legalidad), y una muy reiterada jurisprudencia de nuestro Tribunal Supremo (Sentencias de la Sala Cuarta de 29 de septiembre, 4 y 10 de noviembre de 1980, entre las más recientes), hasta el punto de que un mismo bien jurídico puede ser protegido por técnicas administrativas o penales, si bien en el primer caso con el límite que establece el propio artículo 25, en su número 3º, al señalar que la Administración Civil no podrá imponer penas que directa o subsidiariamente impliquen privación de libertad. Debe añadirse que junto a las diferencias apuntadas en la aplicación de los principios inspiradores existen otras de carácter formal en orden a la calificación (delito o falta, o infracción administrativa), la competencia, y el procedimiento (penal o administrativo con posterior recurso ante la juris-

dicción contencioso-administrativa); ello, además del límite ya señalado respecto al contenido de las sanciones administrativas" (FJ 2º).

— Igual aplicación, ha declarado el Tribunal Constitucional en segundo término, deben recibir los principios procesales recogidos en el artículo 24 de la Constitución, aplicación que ha de efectuarse en la medida necesaria para preservar los valores esenciales que se encuentran en la base del precepto, así como la seguridad jurídica que garantiza el artículo 9 de la Constitución (por ejemplo, defensa, presunción de inocencia, conocimiento previo de la imputación, derecho a no declarar contra uno mismo y a no confesarse culpable) (SSTC 18/1981, 2/1987, 190/1987, 181/1990, 145/1993, 120/1996, 127/1996). También de forma literal se proclama en la citada STC 18/1981 que: "Las consideraciones expuestas en relación al ordenamiento punitivo, y la interpretación finalista de la Norma Fundamental, nos lleva a la idea de que los principios esenciales reflejados en el artículo 24 de la Constitución en materia de procedimiento han de ser aplicables a la actividad sancionadora de la Administración, en la medida necesaria para preservar los valores esenciales que se encuentran

en la base del precepto, y la seguridad jurídica que garantiza el artículo 9 de la Constitución. No se trata, por tanto, de una aplicación literal, dadas las diferencias apuntadas, sino con el alcance que requiere la finalidad que justifica la previsión constitucional" (FJ 2º).

## 2.2. Sistema sancionador del Consejo de Seguridad Nuclear

El sistema sancionador actualmente vigente en el presente sector está constituido por los artículos 91 a 95 de la Ley de Energía Nuclear 25/64, de 29 de abril, en la redacción otorgada por la Disposición Adicional 5ª de la Ley 54/97, de 27 de noviembre, Reguladora del Sector Eléctrico. No obstante, en lo que se refiere al procedimiento para la imposición de sanciones, y por mor del artículo 94.1 de la Ley 25/64, se deberá ajustar a los artículos 127 a 138 de la Ley 30/92, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común y al Real Decreto 1398/1993 de 4 de agosto que regula el procedimiento para el ejercicio de la potestad sancionadora.

*Prima facie* realizaremos una exposición de los principios básicos sobre los cuales se sustenta el

sistema sancionador en nuestro país, y en qué medida la legislación sectorial aquí tratada se adecua a los mismos, teniendo presente las más modernas orientaciones legales y jurisprudenciales existentes en la actualidad.

### 2.2.1. Principio de legalidad

Se regula en el artículo 127 de la LPAC, donde se dispone que la potestad sancionadora de las Administraciones Públicas, reconocida por la Constitución (artículo 25.1), "se ejercerá cuando haya sido expresamente atribuida por una norma con rango de Ley, con aplicación del procedimiento previsto para su ejercicio y de acuerdo con lo establecido en este título IX".

El apartado 2 del precepto citado, que ha sido modificado por la Ley 4/1999, de 13 de enero, con objeto de suprimir la prohibición de la delegación del ejercicio de la potestad sancionadora "con el objeto de favorecer la descentralización en aras del principio de eficacia" (apartado VI de la Exposición de Motivos), atribuye el ejercicio de la potestad sancionadora, a los órganos administrativos que la tengan expresamente atribuida, por disposición de rango legal o reglamentario.

Por último, el apartado 3 excluye de la Ley 30/1992 el ejercicio de la potestad disciplinaria respecto del personal al servicio de las Administraciones Públicas y de quienes estén vinculados a ellas por una relación contractual.

Este principio de legalidad, de carácter bifronte, supone que la potestad sancionadora se ejerce por la Administración Pública competente cuando le haya sido atribuido por una ley, y dentro de dicha Administración a los órganos que la tengan expresamente atribuida por una disposición de rango legal o reglamentario. Esta doble previsión es respetada escrupulosamente en ambos aspectos por la legislación aquí analizada. En efecto, la Ley de Creación del Consejo de Seguridad

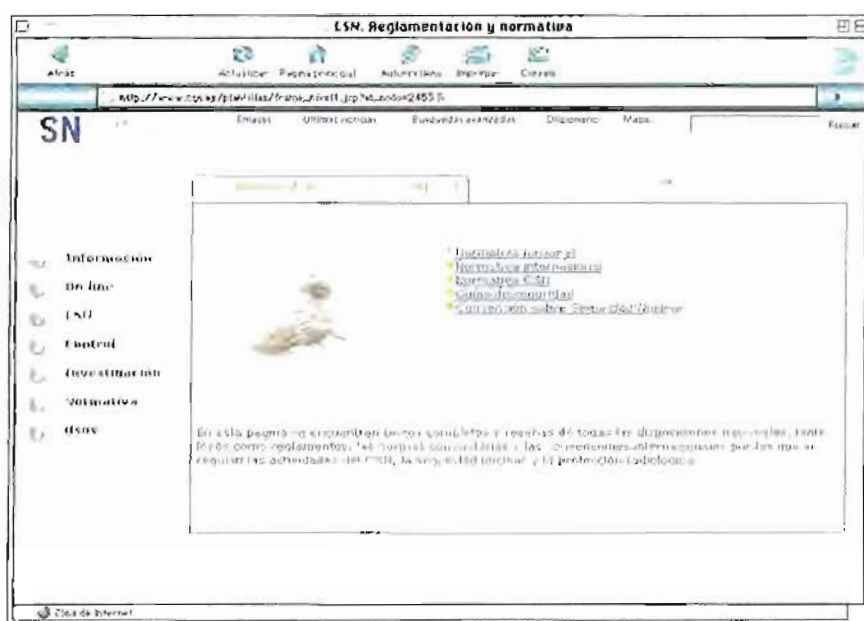


Figura 3. La página web del CSN tiene un amplio apartado de reglamentación y normativa.



● Figura 4. El Pleno del CSN aprueba las propuestas de sanciones que deberá elevar al Gobierno o a los órganos correspondientes de las Administraciones Públicas.

Nuclear 15/1980 de 22 de abril, estipula en su artículo 2.e) que compete al Consejo de Seguridad Nuclear “proponer la apertura de los expedientes sancionadores que considere pertinentes en el ámbito de sus competencias, de acuerdo con la legislación vigente”. Y por otro lado, el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear, aprobado por Real Decreto 1157/1982 de 30 de abril, atribuye al Pleno del mismo, en su artículo 32.4, “la aprobación de las propuestas de sanciones que deba elevar al Gobierno o a los órganos de cualesquiera Administraciones Públicas”. La única mención que habría que puntualizar en este apartado es el uso indistinto que emplea el Estatuto, cuando se refiere al Consejo de Seguridad Nuclear como organismo y como órgano de gobierno, cuestión terminológica y a veces no baladí, que debiera ser resuelta en la reforma que se afronte del texto legal aludido.

#### 2.2.2. Irretroactividad

Según el apartado 1 del artículo 128 de la LPAC, “serán de aplicación las disposiciones sancionadoras vigentes en el momento de producirse los hechos que constituyan infracción administrativa”.

Este precepto debe ponerse en relación con el artículo 9.3 de la Constitución española.

Después de establecer ese principio de irretroactividad, la norma atribuye efecto retroactivo a las disposiciones sancionadoras en cuanto favorezcan al presunto infractor.

#### 2.2.3. Principio de tipicidad

Según el apartado 1 del artículo 129, “sólo constituyen infracciones administrativas las vulneraciones del ordenamiento jurídico previstas como tales infracciones por una Ley”.

Las infracciones se clasificarán por la ley en leves, graves y muy graves.

Además, este principio de tipicidad se extiende, también, a las sanciones, al establecerse que, únicamente por la comisión de infracciones administrativas podrán imponerse sanciones que, en todo caso, estarán delimitadas por la Ley.

Como consecuencia de este principio, “las normas definidoras de infracciones y sanciones no serán susceptibles de aplicación analógica”.

No obstante lo anterior, la ley permite que las disposiciones reglamentarias de desarrollo introduzcan especificaciones o graduaciones a las infracciones o sanciones estable-

cidas legalmente, siempre y cuando no constituyan nuevas infracciones o sanciones, o alteren la naturaleza o límites de las que la ley contempla, y siempre y cuando “contribuyan a la más correcta identificación de las conductas o a la más precisa determinación de las sanciones correspondientes”.

En el ámbito específico de este sector la tipificación de las infracciones se establece en el artículo 91 de la Ley de Energía Nuclear, a cuyo tenor:

“Sin perjuicio de las responsabilidades civiles y penales o de otro orden en que puedan incurrir las empresas que realicen actividades reguladas en la presente Ley, serán infracciones administrativas las acciones y omisiones que supongan incumplimiento o inobservancia de lo dispuesto en la misma, en la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, y sus disposiciones que las desarrollan.

a) Son infracciones muy graves:

1. Realizar, sin obtener la preceptiva autorización, cualquier actividad que la requiera, de acuerdo con esta Ley o con sus normas de desarrollo.

2. Continuar realizando una actividad cuando la autorización co-

responsable esté suspendida o caducada, o no paralizar o suspender de forma inmediata, a requerimiento del Consejo de Seguridad Nuclear, el funcionamiento de la instalación cuando exista probabilidad de grave riesgo para la vida y salud de las personas o seguridad de las cosas.

3. Ejercitar cualquier actividad regulada en esta Ley sin tener cubierta la responsabilidad civil por los daños que la misma pueda causar en la forma y con los límites legales o reglamentariamente previstos salvo en lo referente a instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría.

4. El incumplimiento de los términos, requisitos, obligaciones, límites, condiciones o prohibiciones impuestos en las autorizaciones y licencias o en los documentos oficiales de explotación cuando tal incumplimiento implique un grave riesgo para la vida y la salud de las personas, y la seguridad de las cosas.

5. La negativa absoluta, la resistencia reiterada a prestar colaboración o la obstrucción voluntaria grave de las funciones de inspección y control que al Consejo de Seguridad Nuclear corresponden.

6. La ocultación deliberada de información relevante, o su suministro falso, a la Administración o al Consejo de Seguridad Nuclear, cuando dicho comportamiento implique un riesgo grave para las personas o las cosas.

7. La inaplicación de las medidas técnicas o administrativas que con carácter general o particular se impongan a una actividad, el incumplimiento de los plazos señalados para su puesta en práctica y la omisión de los requerimientos o medidas correctoras necesarias para el cumplimiento de los preceptos legales o reglamentarios cuando en todos los casos se produzca un grave riesgo para la vida y la salud de las personas, y la seguridad de las cosas.

8. El incumplimiento o demora injustificados de las notificaciones obligadas en supuestos de emergencia, que lleven aparejado un grave riesgo para personas o bienes.

9. La manipulación, traslado o disposición en cualquier forma, de sustancias radiactivas o equipos productores de radiaciones ionizantes intervenidos.

b) Son infracciones graves:

1. El incumplimiento de los preceptos legales o reglamentarios aplicables o de los términos y condiciones de las autorizaciones o documentos oficiales de explotación, cuando no constituya falta muy grave, salvo los de escasa trascendencia.

2. La omisión de las medidas correctoras necesarias para el cumplimiento de los preceptos legales o de los términos y condiciones de las autorizaciones, así como la inaplicación de las medidas técnicas o administrativas que con carácter general o particular pudieran imponerse a una actividad, o el incumplimiento de los plazos señalados para su puesta en práctica, cuando ninguno de los casos constituyan falta muy grave.

3. Tener en funcionamiento instalaciones radiactivas que requieran la pertinente declaración sin que ésta haya sido formulada.

4. La falta de comunicación a la autoridad que concedió la autorización o al Consejo de Seguridad Nuclear de los incumplimientos temporales de los términos y condiciones de aquélla.

5. El funcionamiento de las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría, sin tener cubierta la responsabilidad civil por los daños que las mismas puedan causar en la forma y límites legal o reglamentariamente previstos.

6. La ocultación de información, o su suministro falso, a la Administración o al Consejo de Seguridad Nuclear, cuando no constituya falta muy grave o leve.

7. Impedir, obstaculizar o retrasar las actuaciones inspectoras con

acciones u omisiones, siempre que dicho comportamiento no deba ser calificado como falta muy grave o leve.

8. El incumplimiento o demora injustificados de las notificaciones obligadas en supuestos de emergencia, siempre que no lleven aparejado un grave riesgo para personas o bienes.

c) Son infracciones leves:

1. El retraso en el cumplimiento de las medidas administrativas que no constituya falta grave o muy grave.

2. La falta de información a las autoridades que concedieron las autorizaciones o licencias y al Consejo de Seguridad Nuclear, o su envío incompleto, inexacto, erróneo, o con retraso, que dificulte el oportuno control de las instalaciones o actividades, cuando no constituyan otra infracción y carezcan de trascendencia grave.

3. No facilitar las actuaciones inspectoras, cuando se trate de un mero retraso en el cumplimiento de las obligaciones de información, comunicación o comparecencia.

4. Las cometidas por simple negligencia, siempre que el riesgo derivado fuera de escasa importancia.

5. Las simples irregularidades o cualquier incumplimiento meramente formal de los preceptos legales o reglamentarios cuando asimismo tengan escasa trascendencia".

#### 2.2.4. Responsabilidad

El artículo 130, apartado 1, de la Ley 30/1992 dispone que "sólo podrán ser sancionadas por hechos constitutivos de Infracción administrativa las personas físicas y jurídicas que resulten responsables de los mismos aún a título de simple inobservancia".

Por otra parte, las responsabilidades administrativas que se derivan del procedimiento sancionador serán compatibles con la exigencia al infractor de la reposición

de la situación alterada por el mismo, así como, con la indemnización por daños y perjuicios (artículo 22 del Real Decreto 1398/1993, de 4 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento del Procedimiento para el ejercicio de la Potestad Sancionadora).

Por último, se dispone la responsabilidad solidaria cuando fueren varias las personas obligadas al cumplimiento, y la responsabilidad subsidiaria o solidaria por incumplimiento de las obligaciones impuestas por la Ley que conlleven el deber de prevenir la infracción administrativa por otros, cuando así lo determinen las leyes reguladoras de los distintos regímenes sancionadores.

#### 2.2.5. Principio de proporcionalidad

Según el apartado 1 del artículo 131 de la Ley 30/1992, "las sanciones administrativas, sean o no de naturaleza pecuniaria, en ningún caso podrán implicar, directa o subsidiariamente, privación de libertad".

Además, las sanciones pecuniarias no deben ser tales que resulte más beneficioso para el infractor la comisión de la infracción tipificada que el cumplimiento de la norma infringida.

Por último, el apartado 3 establece criterios para la graduación de la sanción, para la debida adecuación entre la gravedad del hecho constitutivo de la infracción y la sanción aplicada. Se citan la existencia de intencionalidad o reiteración, la naturaleza de los perjuicios causados y la reincidencia "comisión en el término de un año de más de una infracción de la misma naturaleza, cuando así haya sido declarado por resolución firme". En este sentido el artículo 92 de la Ley de Energía Nuclear establece que:

"Para la calificación de las infracciones se tendrán en cuenta las siguientes circunstancias:

1. El peligro resultante de la infracción para la vida y la salud de las personas, la seguridad de las cosas y el medio ambiente.

2. La importancia del daño o deterioro causado a personas y cosas.

3. El grado de participación y beneficio obtenido.

4. El incumplimiento de las advertencias previas o requerimientos de las autoridades competentes.

5. La intencionalidad o negligencia en la comisión de la infracción y la reiteración.

6. El fraude y la connivencia en su ejecución.

7. La diligencia en la identificación de la infracción y en la información a los organismos competentes, siempre que se adopten las medidas correctoras oportunas.

8. La reincidencia por comisión en el término de un año de más de una infracción de la misma naturaleza cuando así haya sido declarado por resolución firme".

#### 2.2.6. Prescripción

Con carácter general, las infracciones y sanciones prescribirán según lo dispuesto en las leyes que las establezcan. En su defecto, las infracciones muy graves prescribirán a los tres años, las graves a los dos años las leves a los seis meses, las sanciones impuestas por faltas muy graves a los tres años, las impuestas por faltas graves a los dos años y las impuestas por faltas leves al año.

El plazo de prescripción de las infracciones comenzará a contarse desde el día en que la infracción se hubiera cometido, interrumpiéndose por la iniciación, con conocimiento del interesado, del procedimiento sancionador, y reanudándose el plazo de prescripción si el expediente sancionador estuviere paralizado durante más de un mes por causa no imputable al presunto responsable.

El plazo de prescripción de las sanciones comenzará a contarse

desde el día siguiente a aquel en que adquiriera firmeza la resolución por la que se impone la sanción, interrumpiéndose por la iniciación, con el conocimiento del interesado, del procedimiento de ejecución, volviendo a transcurrir el plazo si aquél está paralizado durante más de un mes por causa no imputable al infractor.

Por su parte, el artículo 95 de la Ley de Energía Nuclear afirma que "las infracciones a que se refiere la presente Ley prescribirán: las muy graves, a los cinco años; las graves, a los tres años, y las leves, al año. El término de la prescripción comenzará a correr desde el día en que se hubiera cometido la infracción. La prescripción se interrumpirá desde el momento en que el procedimiento se dirija contra el presunto infractor, con conocimiento del interesado.

Las sanciones prescribirán: las impuestas por faltas muy graves, a los cinco años; las impuestas por faltas graves, a los tres años, y las impuestas por faltas leves, al año. El tiempo de prescripción comenzará a correr desde la fecha en que la resolución sancionadora sea firme, interrumpiéndose la prescripción por la iniciación, con el conocimiento del interesado, del procedimiento correspondiente".

#### 2.2.7. Concurrencia de sanciones

Según el artículo 133 de la Ley 30/1992, "no podrán sancionarse los hechos que hayan sido sancionados penal o administrativamente, en los casos en que se aprecie identidad del sujeto, hecho y fundamento".

### 2.3. Principios del procedimiento sancionador

Se regulan en el Capítulo II del Título IX de la LPAC. Estos principios se detallan a continuación.

#### 2.3.1. Garantía de procedimiento

El ejercicio de la potestad sancionadora requerirá un procedimiento legal o reglamentariamente es-

tablecido. Los procedimientos que regulen el ejercicio de la potestad sancionadora deberán establecer la debida separación entre la fase instructora y la sancionadora, encomendándolas a órganos distintos, sin que, en ningún caso, se pueda imponer una sanción con ausencia del necesario procedimiento (artículo 134 de la Ley 30/1992).

El Tribunal Constitucional y la jurisprudencia del Tribunal Supremo, partiendo del esencial paralelismo entre los principios que por su naturaleza informan el derecho penal y el derecho administrativo sancionador, permiten que los de aquél sean de sustancial aplicación a éste. El procedimiento a seguir en la imposición de sanciones ha de ser considerado como una garantía de los derechos fundamentales de la persona y de esa garantía no puede ser privado el recurrente, si se vulnera con ello el artículo 24 de la Constitución española, al producirse así una manifiesta indefensión (Vid., por todas, la sentencia del Tribunal Supremo de 1 de diciembre de 1988).

### 2.3.2. Derechos del presunto responsable

El artículo 135 dispone los derechos del presunto responsable en los procedimientos sancionadores:

— A ser notificado de los hechos que se le imputen, de las infracciones que tales hechos puedan constituir y de las sanciones que, en su caso, se le pudieran imponer, así como de la identidad del instructor, de la autoridad competente para imponer la sanción y de la norma que atribuya tal competencia.

— A formular alegaciones y utilizar los medios de defensa admitidos por el ordenamiento jurídico que resulten procedentes.

— Los demás reconocidos por el artículo 35 de la Ley 30/1992.

### 2.3.3. Medidas de carácter provisional

Cuando así esté previsto en las normas que regulen los procedimientos

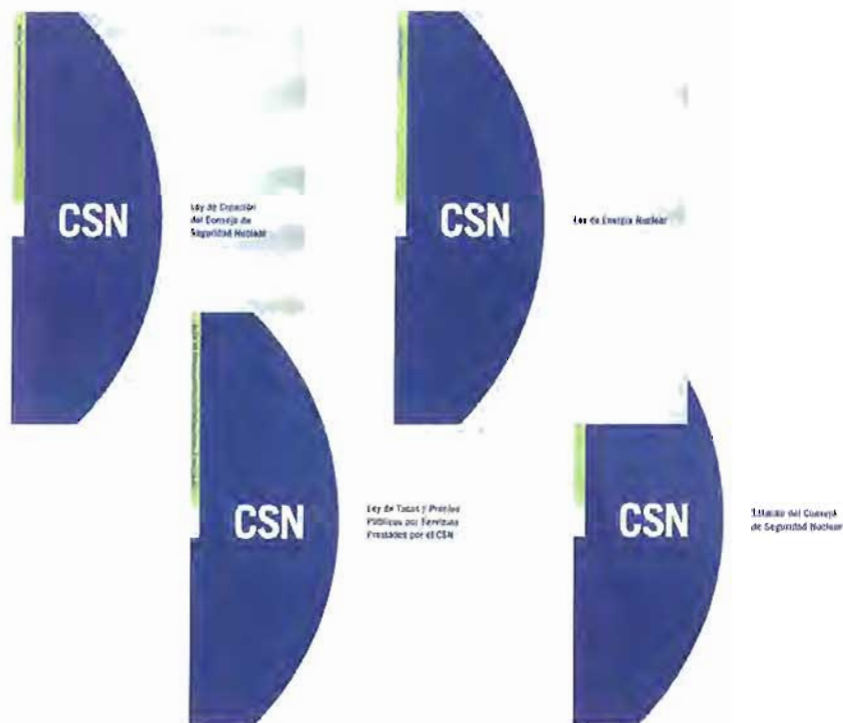


Figura 5. El sistema sancionador actualmente vigente en el sector está constituido por los artículos 91 a 95 de la Ley de Energía Nuclear.

sancionadores, se podrá proceder, mediante acuerdo motivado, a la adopción de medidas de carácter provisional que aseguren la eficacia de la resolución final que pudiere recaer (artículo 136 de la Ley 30/1992).

Este precepto debe ponerse en relación con el artículo 72 del mismo texto legal.

### 2.3.4. Presunción de inocencia

Según el artículo 137, los procedimientos sancionadores deben respetar la presunción de no existencia de responsabilidad administrativa mientras no se demuestre lo contrario.

Para ello, los hechos declarados probados por resoluciones judiciales penales firmes vincularán a las Administraciones Públicas respecto de los procedimientos sancionadores que se sustancien y los hechos constatados por funcionarios a los que se reconozca la condición de autoridad y que se formalicen en documento público observando los requisitos legales pertinentes, tendrán valor probatorio, sin perjuicio de las pruebas que, en defensa de los efectivos derechos e intereses,

puedan señalar o aportar los propios administrados.

Por último, el apartado 4 admite la práctica de oficio, o a instancia del presunto responsable, de cuantas pruebas sean adecuadas para la determinación de hechos y posibles responsabilidades, permitiendo, únicamente, declarar improcedentes aquellas pruebas que por su relación con los hechos no puedan alterar la resolución final a favor del presunto responsable.

### 2.3.5. Resolución

Según el artículo 138 de la LPAC, la resolución que ponga fin al procedimiento habrá de ser motivada y resolverá todas las cuestiones planteadas en el expediente.

En la resolución no se pueden aceptar hechos distintos de los determinados en el curso del procedimiento, con independencia de su diferente valoración jurídica.

La resolución será ejecutiva cuando ponga fin a la vía administrativa, adoptándose, en su caso, las disposiciones cautelares precisas para garantizar su eficacia en tanto no sea ejecutiva.

● Javier Dies, José María Fontdecaba, Jesús Izquierdo, Guillem Cortés, Jerónimo García y Ferrán Albajar\*

# El proyecto ITER-Vandellós

España ha presentado la candidatura de Vandellós como sede del International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), el proyecto de I+D más importante del mundo en el campo de la fusión. Canadá, Francia y Japón compiten con nuestro país por atraer un proyecto

que reportará inversiones cercanas a los 4.000 millones de euros, además de la presencia de cerca de 2.000 científicos trabajando en el emplazamiento. ITER-Vandellós se perfila como una extraordinaria oportunidad de impulsar la I+D en el sector nuclear de nuestro país.

## 1. Introducción

Durante estos últimos dos años, tanto en España como en otros países se ha puesto de manifiesto que el tema de la energía es un punto estratégico para nuestra sociedad, al que debemos prestar especial atención y rigor.

A pesar de las políticas de ahorro energético, mejora de la eficiencia y apoyo a la diversificación energética, la demanda de energía continúa creciendo. España ha tenido estos últimos años incrementos anuales de hasta el 7% (1998) en la demanda de electricidad.

La situación política internacional, y en especial la inestabilidad política de países exportadores de recursos energéticos, pone de manifiesto la importancia de incrementar el grado de autoabastecimiento energético de Europa, y en concreto, de España.

El respeto al medio ambiente, y en particular el control de las emisiones de CO<sub>2</sub>, como protagonista significado en el incremento del efecto invernadero, obligan a pres-

tar atención al uso de los combustibles fósiles (carbón, fuel y gas).

La energía de fisión nuclear, que en España ha demostrado excelentes niveles de disponibilidad, seguridad y respeto al medio, dispone de una potencia instalada que actualmente permite generar en torno al 28% de la energía eléctrica del país.

La competitividad de un país está correlacionada, en parte, a la disponibilidad de energía abundante, fiable y a precios competitivos. Por consiguiente deberán tenerse en consideración los costes económicos de las distintas opciones energéticas.

En este contexto parece conveniente dar una buena acogida al proyecto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Esta iniciativa de carácter internacional representa un gran paso en la investigación y desarrollo para impulsar la fusión nuclear como una opción más en la estructura energética del futuro.

La fusión es la energía de las estrellas, ahora se pretende reproducir de forma artificial los procesos que tienen lugar en ellas. Si se fusiona todo el deuterio que contiene un litro de agua se obtiene una cantidad de energía equivalente a unos 300 litros de petróleo.

Las centrales eléctricas de fusión por un lado consumirán agua y por otro generarán energía con la relación de conversión: un litro de agua equivaldrá a 300 litros de petróleo. Así, la fusión, cuando esté disponible de forma comercial, será una fuente de energía con unos recursos prácticamente infinitos, mientras exista agua se podrá obtener energía.

La fusión es respetuosa con el medio ambiente, no libera CO<sub>2</sub> ni compuestos de azufre, y los productos de fusión no son radiactivos, a excepción del tritio, que se recicla y se utiliza nuevamente como combustible.

Es inherentemente segura. Dado que cualquier incidente apaga el proceso de quemado, se produce la autointincinación del proceso fuera de las condiciones de operación. Además, en pocas decenas de segundo puede evacuarse el calor residual del reactor una vez parado. Existen bajas densidades de potencia y energía en el reactor, pero su dificultad estriba en la concurrencia de muy altos requisitos tecnológicos para conseguir reactores de fusión productores de electricidad.

En este sentido, el ITER objeto de esta publicación, debe entenderse como uno de los proyectos de

\* Los autores del artículo pertenecen al Departamento de Física e Ingeniería Nuclear de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (Universidad Politécnica de Cataluña).

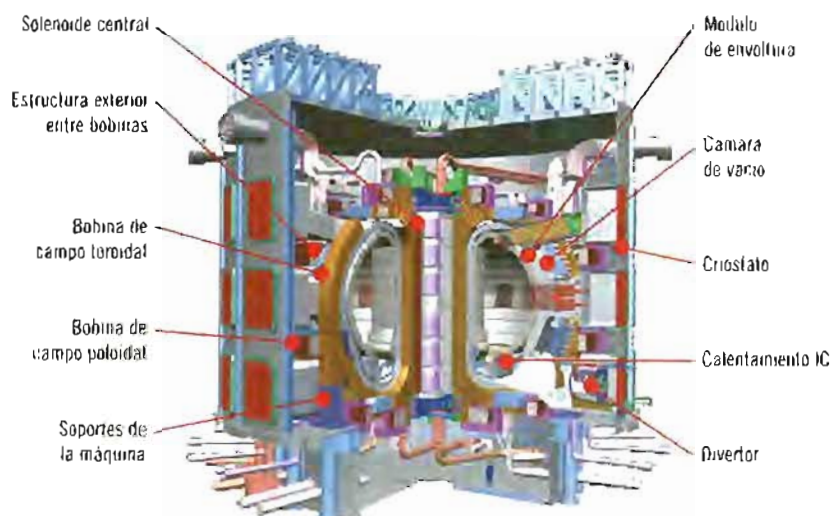


Figura 1. Esquema y principales características del ITER.

investigación y desarrollo más grandes del mundo. Este proyecto combina las más altas tecnologías de distintos campos del sector industrial (superconductividad, materiales, robótica, electrónica, computación, comunicaciones).

España tiene una oportunidad única de poder acoger esta extraordinaria instalación, que permitiría elevar los índices de investigación y desarrollo de todo el tejido social.

El proyecto ITER está valorado en unos 4.000 millones de euros (660.000 millones de pesetas). El proyecto va acompañado de financiación por parte de los distintos socios, Europa, Japón, Federación Rusa y Canadá. El país que acoge la instalación, debido a los beneficios estructurales que le va a generar debe realizar una aportación extra de unos 80 millones de euros/año durante diez años. La Unión Europea plantea que el 50% de esta cantidad sea asumida por presupuestos comunitarios, con lo que un país anfitrión europeo sólo deberá aportar unos 40 millones de euros/año durante diez años.

El acoger el proyecto ITER presenta importantes efectos directos e indirectos en la economía nacio-

nal y local. Además atraerá inversiones extranjeras y nuevas industrias con importantes retornos fiscales. Además permitiría reforzar la posición de España en el mundo como un país científico y tecnológicamente avanzado, y foco potencial de inversiones. Se trata, por otra parte, del centro de investigación y desarrollo en energía de fusión más grande del mundo.

## 2. ITER

El ITER es un proyecto de ámbito internacional en el que participan Japón, Europa, la Federación Rusa y Canadá.

### 2.1. Objetivos

El objetivo de ITER es demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la energía de fusión para abastecer las necesidades energéticas de nuestra sociedad.

Desde el punto de vista técnico los objetivos que persigue el proyecto podrían sintetizarse en: demostrar el quemado extendido de plasmas de deuterio-tritio, alcanzando como objetivo final la operación del reactor en estado estacionario. Es frecuente utilizar el concepto de factor de amplificación de un reactor de fusión ( $Q$ ), que se define como la relación entre la ener-

gía producida por la fusión y la energía inyectada al plasma:

— Se pretende alcanzar una amplificación de la potencia  $Q \geq 10$  durante un quemado inductivo superior a 300 segundos.

— Se desea demostrar la operación en estado estacionario con  $Q \geq 5$ .

— Se pretende alcanzar valores medios del flujo de neutrones de 14 MeV sobre la pared del reactor superiores a  $0.5 \text{ MW/m}^2$ . Como indicación de la potencia que debe atravesar por unidad de superficie de la pared del reactor.

— Se desea alcanzar fluencias medias sobre las paredes superiores a  $0.3 \text{ MWa/m}^2$ , como parámetro que indica la energía total que debe atravesar por unidad de superficie la pared del reactor durante su vida útil.

Integrar y ensayar todas las tecnologías y componentes esenciales del reactor de potencia de fusión. Demostrar la seguridad y la aceptación del impacto ambiental de la fusión.

Como objetivo estratégico, el ITER es un dispositivo único que responde, de forma integrada, a todos los problemas de viabilidad necesarios para el diseño de la siguiente etapa, que consiste en la central eléctrica de fusión nuclear de demostración (DEMO).

### 2.2. Historia de ITER EDA

Las actividades de ingeniería de diseño (Engineering Design Activities, EDA) de ITER se iniciaron en 1992, hasta 1998 se procedió a diseñar un dispositivo de fusión capaz de alcanzar la ignición, dando lugar a un proyecto muy grande pero notablemente caro. Los socios de ITER (Europa, Japón, Federación Rusa y Estados Unidos) aprobaron este diseño pero no pudieron abordar su construcción.

En 1999 Estados Unidos se retiró del proyecto ITER, mientras que las restantes partes buscaron un reactor con unos objetivos menos ambiciosos, un factor de amplificación de potencia más moderado y un coste reducido a la mitad del inicial.

► Tabla 1. Principales parámetros del proyecto ITER.

|                                                             |                                   |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Potencia total de fusión                                    | 500 MW                            |
| $Q = \text{potencia de fusión} / \text{potencia inyectada}$ | $\geq 10$<br>(inductivo)          |
| Tiempo de quemado de un plasma inductivo                    | $\geq 300$ s                      |
| Radio mayor del plasma, R                                   | 6,2 m                             |
| Radio menor del plasma, a                                   | 2,0 m                             |
| Corriente del plasma $I_p$                                  | 15 MA                             |
| Campo magnético toroidal, B                                 | 5,3 T                             |
| Volumen del plasma                                          | 837 m <sup>3</sup>                |
| Superficie del plasma                                       | 678 m <sup>2</sup>                |
| Flujo neutrónico sobre la pared                             | 0,57 MW/m <sup>2</sup>            |
| Sistemas de calentamiento auxiliares instalados             | 73 MW                             |
| Coste                                                       | $\approx 4.000$ millones de euros |

Durante el año 2001 se alcanzó este objetivo con un nuevo diseño totalmente documentado y aprobado por las partes. Finalizan así las actividades de diseño EDA y se iniciaron las negociaciones sobre la construcción y operación de ITER.

Canadá ofrece un emplazamiento para la construcción del reactor y se incorpora completamente al proyecto como participante. Posteriormente Francia, España y Japón ofrecerán emplazamientos para la construcción de ITER.

Estos resultados han sido alcanzados con una inversión de 660 millones de euros en investigación y desarrollo y una dedicación de 1.950 personas profesionales/año.

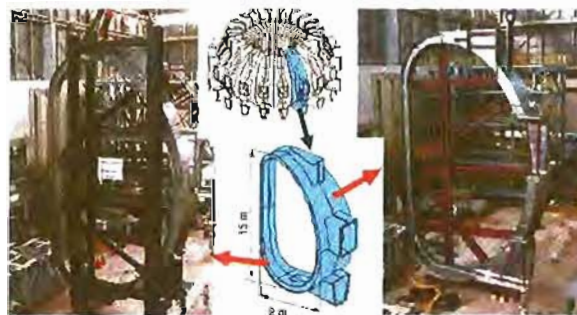
En manifestaciones recientes, el presidente de Estados Unidos ha indicado su voluntad de reincorporarse pronto al proyecto y participar en su construcción.

### 2.3. Parámetros de ITER

Las actividades de ingeniería de diseño de ITER han dado lugar a un proyecto que a grandes rasgos se



► Figura 2. Actividades de I+D ya realizadas relativas a las bobinas magnéticas del solenoide central del tokamak.



► Figura 3. Modelo a escala 1:1 de un sector de la cámara de vacío de ITER. Se ha construido con una precisión en las dimensiones de  $\pm 3$  mm.

puede definir por los parámetros que aparecen en la tabla 1.

### 2.4. Diseño y principales características

En la figura 1 de la página anterior puede apreciarse los principales elementos que constituyen el reactor. Se trata de un dispositivo de fusión por confinamiento magnético tipo tokamak. El dispositivo dispondrá de un divertor con la intención de mejorar los niveles de confinamiento. La sección del toro es elíptica, con una cierta triangularidad propia de las actuales máquinas tipo tokamak.

El divertor está constituido por una aleación de volframio, componentes de pared próximos al plasma de carbono, una aleación de cobre como sumidero de calor y acero inoxidable 316 LN como material de estructura.

El sistema de campos magnéticos está integrado por cuatro subsistemas:

— 18 bobinas de campo magnético toroidal, constituidas por Nb<sub>3</sub>Sn

como material superconductor, estas bobinas confinan y dan estabilidad al plasma termonuclear.

— 6 bobinas de campo magnético poloidal constituidas por NbTi como material superconductor, estas bobinas permiten fijar la posición y la forma del plasma.

— Solenoide central modular, constituido de Nb<sub>3</sub>Sn, que induce corriente en el plasma (figura 2).

— Bobinas correctoras, que permiten corregir los errores del campo debido a imperfecciones en la construcción y montaje.

El peso del sistema magnético es de 8.700 toneladas.

El desarrollo de los sistemas de campos magnéticos mediante materiales superconductores, es sin duda una de las aportaciones tecnológicas más importantes que se pueden derivar de este proyecto.

La figura 3 ilustra las actividades de investigación y desarrollo realizadas en torno a la cámara de vacío. En la figura se observa un modelo a escala 1:1 de un sector de la cámara de vacío fabricada con



► Figura 4. Actividades de investigación y desarrollo realizadas en torno a la envoltura de ITER: 1. Perforación en acero de canales de refrigeración del blindaje. 2. Comado de conexiones de acero. 3. Bloque de acero tras el tratamiento térmico. 4. Ensamblaje de tubos de acero y placas de cobre. 5. Ensamblaje de blindaje y primera pared. 6. Encapsulado final.

una precisión en las dimensiones de  $\pm 3$  mm, el material seleccionado para su fabricación es acero inoxidable 316 LN. La figura permite obtener un orden de magnitud de las dimensiones reales de la cámara de vacío y permite comparar las dimensiones del sector con el operativo que está en las proximidades.

El sistema criogénico se dedica a mantener los materiales superconductores de las bobinas y del divertor por debajo de las temperaturas críticas, está constituido por un sistema de refrigeración de He a 4.5 K de temperatura y con una potencia de 55 kW, y otro sistema de refrigeración a 80 K de temperatura y con una potencia de 660 kW.

El sistema de refrigeración del tokamak durante los pulsos de operación nominal se basa en un sistema de refrigeración de agua. Se considera una potencia de 750 MW, y agua a presión de 3 y 4,2 MPa, con una temperatura de unos 120°C.

Los consumos de electricidad para la operación de ITER son importantes. Debe distinguirse un consumo pulsado de electricidad de la red con una potencia activa de 500 MW y una potencia reactiva de 400 MVar, y un consumo en estado estacionario de potencia activa de 110 MW y una potencia reactiva de 78 MVar.

La envoltura de una planta de potencia de fusión tiene varias finalidades:

— Se extrae el calor generado por fusión refrigerando las paredes. posteriormente, el fluido calo-

portador será conducido al generador de vapor para finalmente generar electricidad. Por consiguiente es el elemento donde se produce la refrigeración de reactor.

— Se reproduce el tritio. En general se piensa producir tritio a partir de compuestos de litio enriquecidos en  $^6\text{Li}$ , utilizando la reacción  $^6\text{Li} (n,T) ^4\text{He}$ .

— Se multiplican los neutrones. Con el objetivo de poder ser autosuficientes en cuanto a la producción de tritio, y por tanto igualar el tritio consumido al tritio reproducido, es necesario multiplicar el número de neutrones en la envoltura.

— Se da consistencia estructural. Son necesarios materiales de baja activación con un buen comportamiento térmico y mecánico.

La figura 4 ilustra tareas de investigación y desarrollo relativas a las envolturas realizadas en la etapa de diseño de ITER.

ITER, si bien inicialmente no está diseñado para producir electricidad, y va a consumir tritio generado externamente, es un proyecto donde se va a poder realizar una importante tarea de ensayo de las envolturas. En la etapa final de operación se considera la posibilidad de producir electricidad y reproducir tritio (figura 6).

## 2.5. Costes y plazos

En las tablas 2 y 3 de la página siguiente se recogen los costes directos de construcción expresados en millones de dólares referidos a 1989.

Los costes directos ascienden a 2.755 millones de dólares (enero 89), y la parte más importante corresponde a los sistemas magnéticos (tabla 2).

Dado que se trata de un proyecto internacional será conveniente tener presente las siguientes equivalencias económicas: 1 dólar (1989) = 1,28 euros (2000).

Para la construcción de ITER será necesario la permanencia de personal del equipo ITER Internacional así como del equipo ITER de cada una de las partes, con su correspondiente personal de soporte con un importe de 477 millones de dólares. Es de esperar que durante el proceso de construcción, de unos 9 años, sea conveniente realizar algunas tareas de investigación y desarrollo que puede estimarse en unos 70 millones de dólares.

Los costes anuales de operación de ITER se han estimado en 188 millones de dólares, y tienen en consideración los gastos de personal, energía, combustible, mantenimiento y mejoras. Si se supone un período de operación de 20 años, esta partida asciende a 3.760 millones de dólares.

El coste de desmantelamiento del ITER sería de unos 335 millones de dólares, excluyendo los costes de almacenamiento de residuos y restauración.

En la figura 5 de la página siguiente se presenta un programa temporal indicativo de construcción. Se especifica el inicio, duración y finalización de las distintas

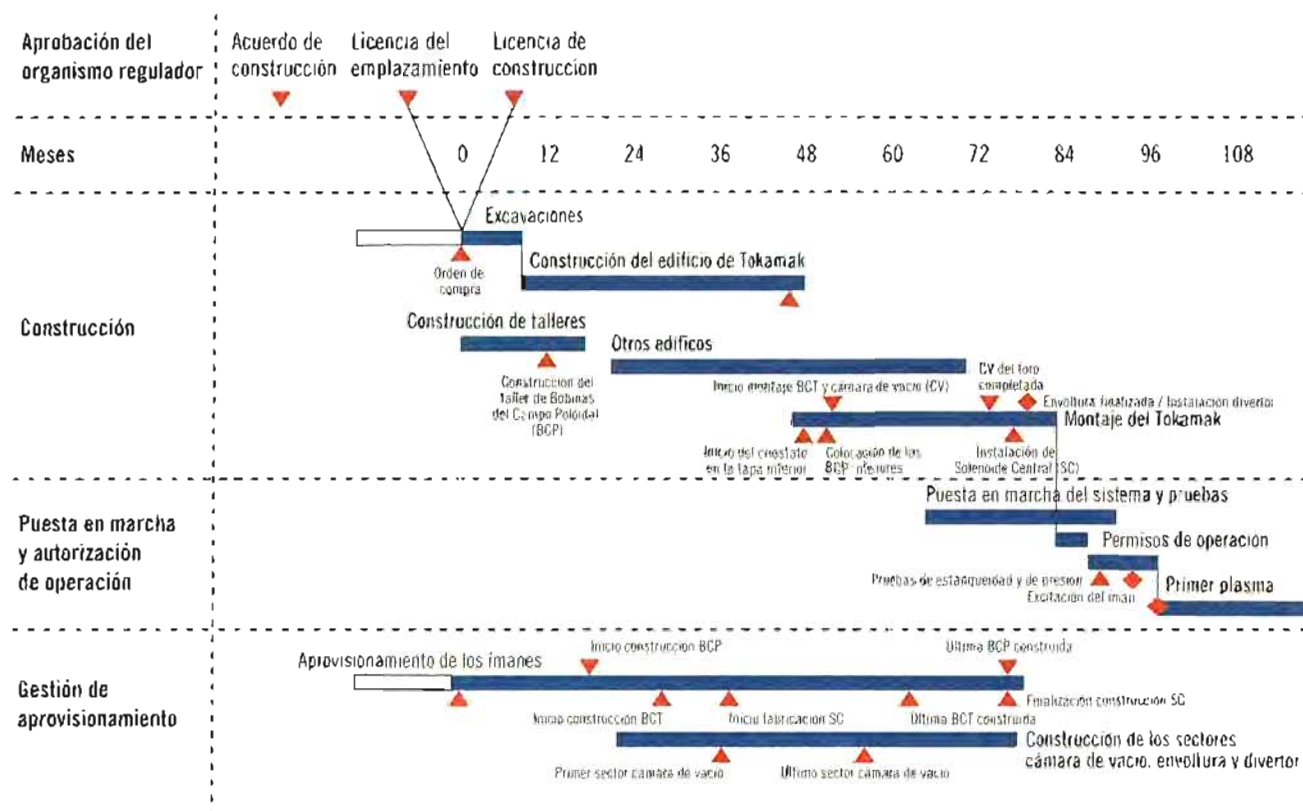


Figura 5. Programa indicativo de construcción de ITER.

tareas de licenciamiento, construcción, puesta a punto y acopio de suministros. Globalmente se ha estimado este periodo en 108 meses.

Inherentes al programa de construcción aparecen todas las actividades del organismo regulador. ITER deberá cumplir la legislación vigente relativa a las instalaciones nucleares, en particular la correspondiente al país que aloje ITER. Estas actividades serán especialmente impor-

tantes en la aprobación de la licencia de emplazamiento, la licencia de construcción y los permisos de puesta en marcha y operación.

Es conveniente resaltar que, si bien se trata de un proyecto internacional y la adjudicación de equipos y contratos se ajustará a los criterios establecidos por las partes participantes, el país que acoja la instalación estará implicado de manera muy especial en algunas

tareas que difícilmente podrán realizar otros países socios.

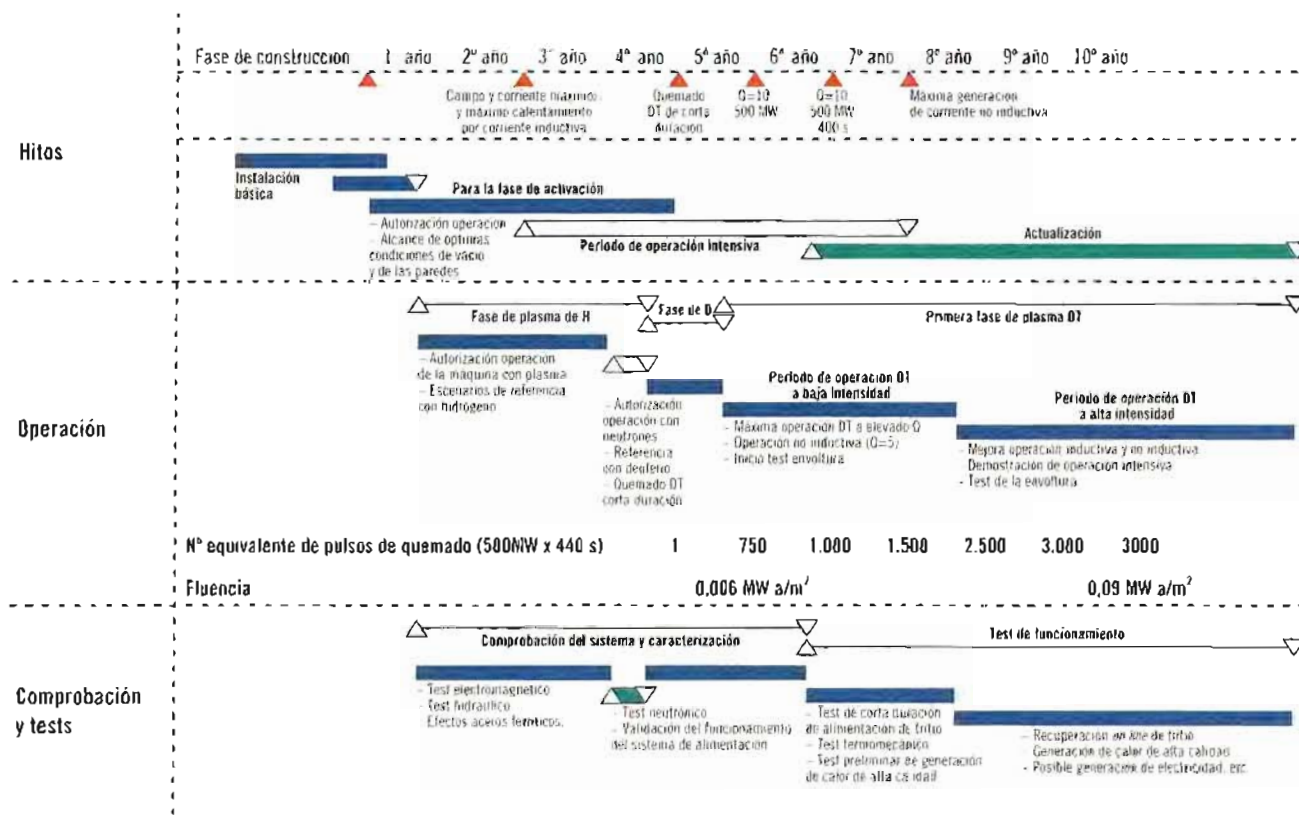
La figura 6 ilustra el programa indicativo de operación durante los diez primeros años. El periodo de operación de ITER se divide en cuatro fases:

— *Fase de hidrógeno.* Esta fase permite la puesta en servicio del tokamak como un sistema no nuclear, que no depende de la operación remota pero que permite comprobar las principales propiedades del plasma relativas a su configuración magnética, su equilibrio y las condiciones de operación.

— *Fase de deuterio.* También se la puede llamar fase de deuterio con poco tritio. En esta fase se operará con deuterio, y como consecuencia de las reacciones deuterio-deuterio se producirá tritio. El tritio generado se quemará en reacciones deuterio-tritio, por lo que se producirán neutrones. Aunque el nivel de potencia de fusión será bajo, la activación de la cámara de vacío obligará a la operación remota. Por consiguiente, para esta fase se requiere la autorización de operación con neutrones. En

Tabla 2. Costes directos de construcción del proyecto ITER.

|                                                                           | Millones de dólares<br>(enero 89) | % del<br>total |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Sistemas magnéticos                                                       | 762                               | 28             |
| Vasija, envoltura, divertor, sistemas de bombeo, alimentación combustible | 505                               | 18             |
| Sistema de refrigeración y blindaje térmico                               | 105                               | 4              |
| Montaje                                                                   | 93                                | 3              |
| Sistemas auxiliares                                                       | 586                               | 21             |
| Edificios                                                                 | 380                               | 14             |
| Sistemas de calentamiento auxiliares (73 MW)                              | 206                               | 8              |
| Diagnósticos                                                              | 118                               | 4              |
| <b>Total</b>                                                              | <b>2.755</b>                      | <b>100</b>     |



► Figura 6. Programa indicativo de operación de ITER.

esta fase se comprobará el control de partículas y la operación en estado estacionario con plena potencia de calentamiento.

— *Primera fase de plasmas de deuterio tritio.* En esta fase la potencia de fusión y la duración del pulso se incrementarán gradualmente hasta alcanzar la operación inductiva. Hacia el quinto año de operación se prevé alcanzar potencias de 500 MW, con un factor de amplificación de  $Q = 10$ . También se desarrollará la operación no inductiva en estado estacionario. Cuando el flujo de neutrones sea significativo se podrán ensayar los módulos de la envoltura.

— *Segunda fase de plasmas de deuterio tritio.* Esta fase tiene como objeto mejorar el funcionamiento global de ITER, prestando mayor atención a los componentes y materiales sujetos a altos flujos de neutrones, a la mejora de los modos de operación del plasma. El desarrollo de esta fase dependerá de los resultados obtenidos en las fases anteriores.

El programa correspondiente a los siguientes diez años de opera-

ción, no recogidos en la figura 6, se terminará de concretar una vez revisados los resultados obtenidos en los primeros diez años. Por ejemplo, podría considerarse la posibilidad de incorporar el sistema de producción de tritio y generación de electricidad.

En la figura 6 también se observa la programación correspondiente a los ensayos de la envoltura, como sistema responsable de la refrigera-

ción y como sistema responsable de la producción de tritio.

### 3. ITER-Vandellós

Actualmente, la fase de diseño del proyecto ITER ha finalizado. En estos momentos la comunidad internacional debe elegir un emplazamiento para su construcción de entre las cuatro candidaturas que se han presentado: Canadá, España, Francia y Japón.

► Tabla 3. Costes globales del proyecto ITER.

|                                                    | Millones de dólares<br>(enero 89) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Costes de construcción</b>                      | <b>3.302</b>                      |
| Costes directos de construcción                    | 2.755                             |
| Personal de dirección y personal de soporte        | 477                               |
| Investigación y desarrollo durante la construcción | ≈70                               |
| <b>Costes anuales de operación</b>                 | <b>188</b>                        |
| Personal permanente                                | 60                                |
| Energía                                            | ≈30                               |
| Combustible                                        | ≈8                                |
| Mantenimiento y mejoras                            | ≈90                               |
| <b>Desmantelamiento</b>                            | <b>335</b>                        |

La Comunidad Europea, que tiene un papel destacado en el campo de la fusión y en particular en el proyecto ITER, ha manifestado especial interés en que el emplazamiento finalmente elegido para ITER sea en Europa. En este sentido, la UE está dispuesta a cofinanciar con presupuestos comunitarios la aportación correspondiente a un país anfitrión europeo.

Dentro de Europa hay dos candidaturas. Francia ha propuesto el Centro de Investigación Nuclear de Cadarache, cerca de Aix en Provence, y España ha propuesto oficialmente el emplazamiento de Vandellós (Tarragona), próximo a la central nuclear Vandellós I, actualmente en fase avanzada de desmantelamiento, y próximo a la central nuclear Vandellós II, actualmente en operación.

El equipo internacional de diseño de ITER ha definido las especificaciones técnicas que debe cumplir el emplazamiento. Para cada una de las especificaciones se indica cómo el emplazamiento de Vandellós la satisface:

— *Superficie de terreno.* Se necesita un mínimo de 40 hectáreas de terreno cercadas; el área dentro de este perímetro debe estar disponible para uso de ITER durante al menos 30 años. Serán necesarias 30 hectáreas más de terreno, cerca de las anteriores, para uso temporal durante la construcción. El emplazamiento de Vandellós dispone de 70 hectáreas cercadas (figura 7).

— *Características geotécnicas y sísmicas.* Debe tener suelos con capacidad de soportar cargas de edificios de por lo menos 25 Tm/m<sup>2</sup> y 65 Tm/m<sup>2</sup> a 25 metros de profundidad para albergar el edificio del tokamak. La actividad sísmica debe ser baja. El emplazamiento de Vandellós satisface las características geotécnicas y sísmicas. Tiene una sismicidad SL-2 (aceleración horizontal y vertical por debajo de 0,2 g).

— *Aprovisionamiento de agua y servicios.* Suministro continuo me-



Figura 7. Emplazamiento del ITER en Vandellós (Tarragona). Distribución virtual sobre el terreno de los edificios que constituyen el proyecto ITER.

dio de agua fresca de 0,2 m<sup>3</sup>/min, con consumos de punta máximos de 3 m<sup>3</sup>/min. Consumo medio diario de agua unos 200 m<sup>3</sup>. Capacidad de alcantarillado industrial para un valor medio de 200 m<sup>3</sup>/día. El emplazamiento de Vandellós dispone de unas redes locales que cumplen estas solicitudes. Para el alcantarillado será necesario una prolongación de la red existente.

— *Refrigeración.* El emplazamiento debe tener la capacidad de disipar al medio ambiente en valor medio 450 MW de energía térmica. El emplazamiento de Vandellós, por su proximidad al mar, ofrece gran flexibilidad en la selección del concepto de agua de refrigeración, circuito abierto o circuito cerrado (figura 7).

— *Requisitos eléctricos.* Los consumos de electricidad se han mencionado al hablar del diseño en el apartado 2.4. Debe distinguirse un consumo pulsado de electricidad de la red con una potencia activa de 500 MW y una potencia reactiva de 400 MVar, y un consumo en estado estacionario de potencia activa de 120 MW y una potencia reactiva de 78 MVar. El emplazamiento de Vandellós tiene en su proximidad tres centrales nucleares: Vandellós II (1.087 MWe), Ascó I (1.028 MWe), Ascó II (1.027 MWe) y cuatro centrales hidroeléctricas (4 x 66 MWe). Además dispone ya de una subes-

tación eléctrica de 400 kV a 500 metros de distancia del emplazamiento propuesto.

— *Transporte y aprovisionamiento.* Capacidad de recibir componentes muy grandes y pesados. Las dimensiones máximas son: anchura 9 metros, altura 8 metros y longitud 15 metros. El emplazamiento de Vandellós, como se ve en la figura 7, está bien comunicado por tren, autopista, y mar. Al estar situado en la costa mediterránea puede utilizarse el puerto de la central nuclear Vandellós II, ya existente, o construirse otro.

— *Licenciamiento y desmantelamiento.* El país que acoge a ITER debe tener un sistema regulador que permita un marco practicable para la autorización de construcción y operación del proyecto. Estas autorizaciones deben incluir tareas tales como el transporte de tritio durante la operación de ITER, el almacenamiento y gestión de materiales activados en la operación, y el desmantelamiento. Con respecto al emplazamiento de Vandellós, España dispone de un sistema regulador nuclear que suministra un marco adecuado para licenciar ITER —Ley sobre Energía Nuclear de 29 de abril de 1964, (Ley 25/1964), Ley de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear de 22 de abril de 1980 (Ley 15/1980)—, además de existir en España una empresa especializada

en la gestión de residuos radiactivos —Enresa—. Asimismo, el emplazamiento de Vandellós ya ha sido previamente licenciado como zona nuclear y, por tanto, existe extensa documentación y estudios sobre el emplazamiento, que pueden permitir agilizar el proceso.

— *Infraestructura socioeconómica en el entorno de 50 kilómetros de distancia o a una hora de viaje.* Alojamiento, industria, comercio, buenos accesos, educación, asistencia sanitaria, ocio. El emplazamiento de Vandellós está situado en una zona altamente turística, con industrias intensivas en tecnología, que cumple ampliamente esta especificación.

El Laboratorio Nacional de Fusión del Ciemat, en colaboración con varias empresas e instituciones del país ha realizado los estudios técnicos correspondientes al emplazamiento de Vandellós [5].

El CIDEM de la Generalitat de Cataluña ha realizado los estudios socioeconómicos de la zona [6].

Las actividades de diseño, construcción, operación, y explotación científica [4] de los dispositivos de fusión TJ-I, TJ-IU, y TJ-II (figura 8), realizadas durante estos años por el equipo de investigación del Laboratorio Nacional de Fusión del Ciemat, han permitido a los representantes españoles posicionarse muy bien en la mayor parte de los comités y organismos internacionales ligados a la fusión nuclear. Este hecho ha posibilitado presentar y defender la candidatura española para ITER, logrando que actualmente goce de una gran aceptación por parte de la comunidad científica internacional de fusión.



► Figura 8. Aspecto del TJ-II rodeado de sistemas de diagnóstico. Sobresalen las torres del sistema Thomson Scattering (derecha) y HIBP (izquierda). Laboratorio Nacional de Fusión, Ciemat.

La industria nuclear existente es otro punto positivo para la candidatura española. Permite operar nueve centrales nucleares con una potencia instalada total de 7.815.8 MWe, y genera el 28% de la electricidad que consume el país. En Cataluña, el 75% de la electricidad es de origen nuclear.

La existencia del Consejo de Seguridad Nuclear como organismo regulador es garante de la seguridad de estas actividades. Enresa, que dispone del centro de almacenamiento de residuos radiactivos de media y baja actividad en El Cabril en operación. La experiencia adquirida de Enresa en el desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I.

Las universidades españolas con una tradición en la investigación en fusión nuclear, física y plasmas e ingeniería nuclear. Actividades de investigación que podrían incrementarse con las nuevas tecnologías de participación remota para la explotación científica de ITER [7].

#### 4. Conclusiones

De los estudios realizados se concluye que el emplazamiento de

Vandellós cumple con todas las características técnicas requeridas por el equipo internacional de diseño del ITER y que la candidatura española es altamente competitiva frente a las otras propuestas internacionales.

El proyecto ITER seguramente será uno de los proyectos de investigación y desarrollo más grandes del mundo.

España, aportando una cantidad de unos 40 millones de euros/año durante diez años, puede acoger este gran centro tecnológico que implica una inversión de 4.000 millones de euros.

El proyecto ITER aportará beneficios para la economía nacional y local. La creación de empleo durante los treinta años de existencia. Además, la zona se beneficiará de la presencia de entre 1.000 y 2.000 científicos durante un periodo de investigación de 20 años.

Este proyecto debe entenderse como un gran parque tecnológico, donde se van a desarrollar los aspectos novedosos relativos a nuevos materiales, robótica, cálculo numérico, termotecnia, ingeniería nuclear, ingeniería eléctrica y electrónica, computación, control remoto, etcétera.

Por todo ello, debe concluirse que estamos ante una gran ocasión para impulsar el desarrollo tecnológico de España, y es conveniente que desde las distintas instituciones públicas y empresas privadas se apoye esta iniciativa, que va a redundar en un impulso para la investigación, para las universidades tecnológicas, para la industria, para la energía y para la economía en general. ■

#### Bibliografía

[1] R. Aymer, ITER International Team Leader, 10th International Conference on Fusion Reactor Materials, Baden-Baden, October 14-19, 2001.  
[2] W. Spears, ITER Garching JWS, Socio-Economics for the European ITER Site Study (EISS), 5-february-2001.

[3] ITER International Team, ITER Overview, I+D Oriented, 2001.  
[4] C. Alcázar et al. Plasma Physics and Controlled Fusion, 41 A539-A548.  
[5] Laboratorio Nacional de Fusión, Ciemat, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Estudio técnico del emplazamiento Vandellós, 2002.

[6] CIDEM, Dirección General de Industria, Generalitat de Catalunya, Estudio Socioeconómico de ITER-Vandellós, Barcelona, 2002.  
[7] J. Dies et al. 29th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, Montreux, Switzerland, June 2002

✶ A. Hernández, M. Brincones, J.F. Calvo y J.L. Butragueño\*

# VI Programa Marco de Investigación y Formación de Euratom

El desarrollo de las actividades de investigación previstas por el Tratado Euratom se lleva a cabo en la UE a través de programas de investigación plurianuales denominados Programas Marco. El pasado junio el Consejo Europeo aprobó el VI Programa Marco de Euratom (2002-2006),

en cuya elaboración, con carácter consultivo, han participado expertos del Consejo de Seguridad Nuclear. El nuevo programa introduce importantes novedades y tiene como principal objetivo contribuir a la creación del Espacio Europeo de la Investigación.

## 1. Estructura de la Unión Europea

A continuación se resumen brevemente las principales características de las instituciones de la Unión Europea implicadas en la investigación y el desarrollo.

— *Parlamento Europeo*: elegido por los ciudadanos de los Estados miembros. Comparte la función legislativa y presupuestaria.

— *Consejo de la Unión Europea*: constituye la principal instancia de decisión de la Unión Europea. Es el órgano legislativo de la Unión y ejerce su poder en codecisión con el Parlamento. El Consejo es el responsable de la aprobación de las propuestas de decisión elaboradas por la Comisión en relación con los programas de investigación.

— *Comisión Europea*: el presidente y los miembros de la Comisión son nombrados por los Esta-

dos miembros previa aprobación del Parlamento Europeo. Propone los textos de ley que se presentan al Parlamento y al Consejo y garantiza la ejecución de las leyes europeas. La Comisión es responsable de la elaboración y ejecución de los programas de investigación.

— *Comité Científico y Técnico*: de carácter consultivo, está adjunto a la Comisión. Este Comité debe ser preceptivamente consultado por la Comisión en temas relacionados con el establecimiento de los programas de investigación.

— *Comité Consultivo de Energía Nuclear (Fisión)*: tiene como misión asesorar a la Comisión en lo referente a los problemas científicos y técnicos en el ámbito de su competencia, concretamente realizar periódicamente la confrontación de los programas nacionales de investigación científica y de desarrollo tecnológico en los sectores de interés e informar a la Comisión al respecto. Ayudar a la Comisión en la determinación y selección de

los temas o acciones objeto de investigación, así como en la definición y selección de proyectos y evaluación de resultados.

— *Centro Común de Investigación-CCI (Joint Research Centre-JRC)*: es el laboratorio de investigación científica y tecnológica de la Unión Europea. Está integrado dentro de la Comisión Europea y su principal misión es proporcionar asesoramiento científico y conocimientos técnicos que apoyen la política de la Unión. Su carácter de entidad al servicio de la Comisión garantiza la independencia de intereses privados o nacionales.

## 2. Investigación y desarrollo en la UE

En el Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea se establece la implantación por parte del Consejo de un *programa marco plurianual* donde se incluye el conjunto de las acciones de la Comunidad en materia de investigación. Dicho programa debe:

\* Los autores del artículo pertenecen a la Oficina de Investigación y Desarrollo.

— Fijar los objetivos científicos y tecnológicos que deban alcanzarse, así como las prioridades correspondientes.

— Indicar las grandes líneas de investigación.

— Fijar el importe global máximo y la participación financiera de la Comunidad en el propio programa marco, así como la proporción representada por cada una de las acciones previstas.

En la ejecución de este programa, según lo establecido en el Tratado, la Comunidad podrá prever:

— La participación, de acuerdo con los estados miembros interesados, en programas de investigación y desarrollo emprendidos por varios estados miembros, incluida la participación en las estructuras creadas para la ejecución de dichos programas (artículo 169).

— La cooperación con terceros países o con organizaciones internacionales.

— La creación de empresas comunes o cualquier otra estructura que se considere necesaria para la correcta ejecución de los programas de investigación, desarrollo tecnológico y demostración comunitarios.

En cualquier caso, el Programa Marco es el principal instrumento para financiar la investigación en Europa. La Comisión Europea presenta una propuesta de Programa Marco, que ha de ser posteriormente aprobada por el Consejo y el Parlamento Europeo mediante un procedimiento de codecisión. Los programas cubren un periodo de cinco años, superponiéndose el último año de un programa con el primero del siguiente, y han venido aplicándose desde 1984.

### 3. El VI Programa Marco de Investigación

El VI Programa Marco se ha fijado como objetivo contribuir a la creación de un auténtico "Espacio Europeo de Investigación". Este espacio es un proyecto de futuro para la investigación en Europa, un mer-

cado interior de la ciencia y la tecnología, que fomenta la calidad científica, la competitividad y la innovación mediante una mejor cooperación y coordinación entre los interesados a todos los niveles.

El crecimiento económico depende cada vez más de la investigación que, como muchos de los problemas a los que se enfrenta la industria y la sociedad, ya no puede plantearse exclusivamente a nivel nacional. En consecuencia, en la cumbre de Lisboa de marzo de 2000, los jefes de Estado y de Gobierno pidieron un mejor aprovechamiento del esfuerzo europeo de investigación mediante la creación del Espacio Europeo de Investigación. El VI Programa Marco es el instrumento financiero que ayudará a convertirlo en una realidad.

En este contexto, en junio del presente año se adoptó el documento *Decisión del Consejo y Parlamento Europeo en relación con el Sexto Programa Marco de la Comunidad Europea de acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración, destinado a facilitar la creación del Espacio Europeo de Investigación e Innovación (2002-2006)*.

De acuerdo con el artículo 5º de la citada decisión, el VI Programa Marco deberá implantarse a través de programas específicos, uno de los cuales es el Programa específico 2002-2006 (Euratom) de investigación y formación sobre energía nuclear.

En cuanto a las principales diferencias entre el VI Programa Marco y los programas marco anteriores, cabe destacar que, si bien estos últimos han ayudado a crear una cultura de cooperación científica y tecnológica entre diferentes países comunitarios y han servido para lograr muy buenos resultados, sin embargo no ha conseguido un efecto duradero en cuanto a una mayor coherencia a nivel europeo. Por eso, el VI Programa Marco ha sido replanteado y simplificado de cara a los siguientes objetivos:

— Concentrar los esfuerzos europeos en un número menor de prioridades, especialmente en campos donde la cooperación a nivel europeo ofrece un valor añadido evidente.

— Avanzar hacia la integración gradual de las actividades de todos los participantes que trabajan a diferentes niveles en un mismo.

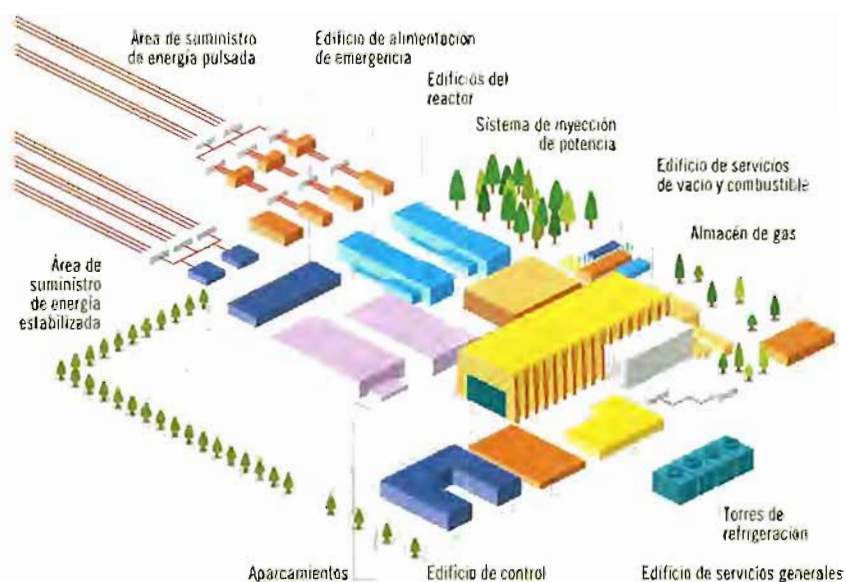


Figura 1. El VI Programa Marco dedica importantes recursos a la fusión nuclear. En la imagen, esquema del emplazamiento de la futura instalación ITER.

— Fomentar actividades de investigación concebidas para conseguir un efecto estructurado y duradero.

— Apoyar actividades que fortalezcan la base científica y tecnológica general de Europa.

— Utilizar el potencial científico de los países candidatos para preparar y facilitar su adhesión a la Unión Europea en beneficio de la ciencia europea en general.

#### 4. Actividades de investigación

Uno de los grandes principios en los que se basa el VI Programa Marco es la concentración de la investigación en campos prioritarios previamente seleccionados donde la actuación de la Unión pueda aportar un valor añadido. En el caso de la energía nuclear, en el VI Programa Marco de Euratom<sup>1</sup> se establecen como campos temáticos prioritarios:

— Investigación sobre la energía de fusión.

— Tratamiento y almacenamiento de residuos.

— Protección contra las radiaciones.

Dentro del apartado *Otras actividades en el campo de tecnología y la seguridad nuclear* se citan los siguientes puntos:

— Estudios de conceptos innovadores para nuevos métodos más seguros de explotación de la energía nuclear.

— Educación y formación en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

— Seguridad de las actuales instalaciones nucleares.

##### 4.1. Investigación sobre la energía de fusión

La energía de fusión podría contribuir en la segunda mitad del siglo

a la producción de energía a gran escala y sin emisiones contaminantes. Los avances logrados en la investigación sobre la energía de fusión justifican la continuación de un trabajo intenso, teniendo como objetivo a largo plazo la construcción de una central eléctrica de fusión.

Los trabajos teóricos y los estudios experimentales realizados en todo el mundo, en especial en el JET<sup>2</sup>, ponen de manifiesto que se ha llegado a un grado de preparación científica y técnica que permite la construcción de un proyecto de la generación siguiente al JET, cuyo objetivo sería demostrar la viabilidad científica y técnica de la energía de fusión.

Dados los buenos resultados del JET, en el año 1990 se decidió continuar el programa de fusión con una instalación mayor en la que, además de probarse el reactor, se probasen sus sistemas auxiliares sin generar aún electricidad. A este fin, se creó el proyecto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) en el que participan la Unión Europea, Canadá, Japón, Rusia y Estados Unidos.

La propuesta del VI Programa Marco de Euratom incluye la continuación de las actividades del ITER, con miras a participar en la construcción del reactor en la segunda mitad del periodo de vigencia del programa (2002-2006). Así, está previsto terminar en breve los estudios realizados para preparar la posible sede o sedes europeas.

Dado que las decisiones sobre el ITER no dependen solo de las instituciones comunitarias sino también de los socios internacionales de la Unión Europea, el programa de actividades propuesto dentro del VI Programa Marco estará abierto en cuanto a la posible ubicación del ITER y al contenido del programa nacional de acompañamiento.

<sup>2</sup> Joint European Torus es un sistema de confinamiento magnético construido por la Unión Europea en el Reino Unido.

##### 4.2. Residuos radiactivos

Las prioridades dentro de este campo se dividen en dos grandes grupos: la investigación sobre depósitos geológicos y la investigación en los campos de separación y transmutación y otros conceptos para producir menos residuos en la generación de energía nuclear.

Respecto a la investigación sobre depósitos geológicos, los objetivos en este apartado son establecer una base técnica sólida para demostrar la seguridad del depósito de combustible gastado y residuos radiactivos de vida larga en formaciones geológicas y facilitar la preparación de un planteamiento europeo común sobre los principales problemas de la eliminación de residuos, lo que se traduce en:

— Mejora de conocimientos fundamentales desarrollando y probando tecnologías: investigación de procesos biológicos, químicos y físicos clave; interacción entre las diferentes barreras naturales y artificiales, estudiando su estabilidad a largo plazo; y medios para aplicar tecnologías de eliminación de residuos en laboratorios de investigación subterráneos.

— Herramientas nuevas y perfeccionadas: modelos de comportamiento; evaluación de la seguridad y metodologías para demostrar la seguridad a largo plazo, incluidos análisis de sensibilidad e incertidumbre; y mejora de los sistemas de gestión pública que afronten adecuadamente la inquietud existente sobre la gestión de residuos.

En cuanto a la separación y transmutación y otros conceptos para producir menos residuos en la generación de energía nuclear, los objetivos en este apartado son determinar formas prácticas de reducir, mediante la separación y la transmutación, la cantidad y el riesgo de los residuos generados así como estudiar las posibilidades que permitan generar energía nuclear produciendo menos residuos. Incluye:

<sup>1</sup> L 232/34 Official Journal of the European Communities (29.8.2002) Council Decision de 3 de junio de 2002 concerning the sixth framework programme of the European Atomic Energy Community (Euratom) for nuclear research and training activities, also contributing to the creation of the European Research Area (2002 to 2006).

— Separación y transmutación: evaluaciones fundamentales del concepto global; demostración a escala piloto de las tecnologías de separación más prometedoras y ulterior desarrollo de las tecnologías de transmutación; y evaluación de su viabilidad industrial.

— Metodologías para generar menos residuos: la investigación se centrará en explorar las posibilidades de un mejor aprovechamiento del material fisible en los reactores actuales y las de otras metodologías para producir menos residuos en la generación de la energía nuclear.

#### 4.3. Protección contra las radiaciones

Las prioridades de investigación en este campo se centrarán en los siguientes temas:

— *Cuantificación de los riesgos provocados por exposiciones prolongadas a bajas dosis*: la investigación se centrará en estudios epidemiológicos de poblaciones con una exposición adecuada, complementados por investigación sobre biología molecular y celular acerca de la interacción entre la radiación y el ADN, las células, los órganos y el cuerpo humano.

— *Exposición médica y fuentes naturales de radiación*: refuerzo de la seguridad y la eficacia de los usos médicos de la radiación; mejor evaluación y gestión de las fuentes naturales, en particular los materiales radiactivos naturales.

— *Protección del medio ambiente y radiocología*: base metodológica y conceptual para la protección del medio ambiente, mejor evaluación y gestión de los efectos de las fuentes naturales y artificiales de radiación en el hombre y el medio ambiente.

— *Gestión de emergencias y riesgos*: gestión de emergencias en Europa más efectiva y coherente, incluida la rehabilitación de zonas contaminadas.

— *Protección en el puesto de trabajo*: mejora del control y la ges-



► **Figura 2.** La protección en el puesto de trabajo es una de las prioridades de investigación de la UE.

tión de la exposición profesional en las industrias en las que existe riesgo de exposición a las radiaciones.

#### 4.4. Otras actividades en el ámbito de las tecnologías y la seguridad nuclear

Los objetivos que se persiguen son apoyar las políticas comunitarias en los campos de la salud, la energía y el medio ambiente para asegurar que las competencias europeas se mantienen a un alto nivel en campos importantes que no están cubiertos por los campos temáticos prioritarios. Un segundo objetivo es contribuir a la creación del Espacio Europeo de la Investigación.

Dentro de este grupo se han incluido los conceptos innovadores, la educación y la formación y la seguridad de las actuales instalaciones nucleares.

— *Conceptos innovadores*: el principal objetivo es evaluar los procesos innovadores y desarrollar procesos mejores y más seguros para la generación y explotación de la energía nuclear que se considere que ofrecen beneficios a largo plazo.

— *Educación y formación*: en este caso se trata de integrar mejor

la educación y la formación europeas sobre seguridad nuclear y protección contra las radiaciones para combatir la disminución tanto del número de estudiantes como de los centros de enseñanza. El apoyo se centrará en el desarrollo de un planteamiento común aplicable a la enseñanza de la ingeniería y las ciencias nucleares en Europa y a fomentar la integración de los recursos y capacidades nacionales. Este trabajo se complementará mediante ayudas destinadas a becas individuales, cursos de formación y becas a jóvenes investigadores de la antigua Unión Soviética.

— *Seguridad de las actuales instalaciones nucleares*: la investigación se centrará en la gestión de instalaciones, incluidos los efectos del envejecimiento y el comportamiento del combustible, la gestión de accidentes severos y especialmente el desarrollo de programas de simulación numéricos avanzados. Por otra parte, se intentará fomentar la integración a nivel europeo de los conocimientos y competencias obtenidos a partir de experiencia en la clausura de instalaciones y el desarrollo de planteamientos

comunes sobre seguridad y mejoras prácticas, tanto operativas como reguladoras.

## 5. Financiación del VI Programa Marco de Euratom

Los principios fundamentales en los que se basa la financiación son los siguientes:

- La UE solo financia proyectos en los que participen socios de diferentes países.

- Los fondos del Programa Marco se asignan mediante “convocatorias de propuestas” de carácter competitivo publicadas regularmente por la Comisión.

- Sólo se financian aquellos proyectos cuyo alcance y objetivos correspondan a las prioridades establecidas en las “convocatorias de propuestas”

- La calidad y la importancia tecnológica de los proyectos que solicitan financiación se evalúa por expertos externos independientes. Cada propuesta se evalúa como mínimo por cinco expertos.

- Los fondos del Programa Marco no son “subvenciones” a los centros de investigación o las empresas y sólo pueden dedicarse a trabajos o investigaciones claramente especificadas.

Dado que el presupuesto del Programa Marco es dinero del contribuyente, la ejecución del programa debe llevarse a cabo de manera abierta y transparente, asegurando acceso igual y tratamiento equitativo a todos los solicitantes. Por ello, se organizan “convocatorias de propuestas” que se publican en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas y en las páginas correspondientes de la Comisión en Internet. Los equipos y consorcios de investigación que deseen presentar una propuesta en respuesta a una convocatoria tienen normalmente un mínimo de tres meses para presentar y preparar su propuesta.

Tras la recepción de las propuestas, se comprueba en primer lugar que cumplen los criterios de admisión. A continuación se lleva

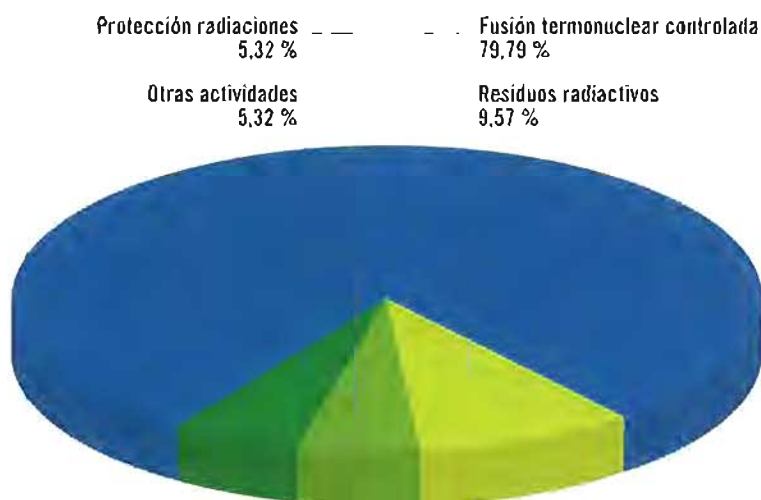


Figura 3. Distribución del presupuesto del VI Programa Marco de Euratom.

a cabo la evaluación de la calidad científica y tecnológica del proyecto propuesto, que será efectuada por expertos externos. Luego, estos expertos presentan a la Comisión una lista de los proyectos que recomiendan para financiación.

El importe asignado para la ejecución del VI Programa Marco de Euratom asciende a 940 millones de euros, distribuidos de acuerdo con lo reflejado en la figura.

## 6. Instrumentos o formas de participación

Hasta la fecha los Programas Marco se ejecutaban principalmente mediante proyectos conjuntos de investigación que, aunque fueran adecuados en el momento de su creación, tenían dos puntos débiles:

- En la mayoría de los casos la terminación de un proyecto de investigación determinado suponía también el fin del consorcio formado por los participantes en la investigación.

- En muchos casos los proyectos no alcanzaban la “masa crítica” necesaria para lograr un impacto real, ni en el plano científico ni industrial ni económico.

Para ayudar a solucionar estos problemas y para trabajar con miras a la creación del Espacio Europeo de la Investigación, se han ideado dos nuevos instrumentos que se aplicarán durante el VI Programa Marco:

las redes de excelencia y los proyectos integrados. La filosofía de ambos instrumentos es pasar de la financiación de múltiples proyectos a la de programas coherentes de actividades de investigación, dando el mayor grado posible de autonomía y flexibilidad a los consorcios europeos de investigación.

- *Redes de excelencia*: estas redes tienen por objeto reforzar la excelencia científica y tecnológica de la Comunidad mediante una integración gradual y sostenible de la capacidad de investigación real o potencial en el ámbito tanto nacional como regional. Cada red tendrá por objeto hacer avanzar los conocimientos en un campo determinado reuniendo una masa crítica de competencias. Las actividades de estas redes se orientarán generalmente a objetivos multidisciplinarios a largo plazo y no perseguirán resultados precisos definidos de antemano en cuanto a productos, procedimientos o servicios.

- *Proyectos integrados*: su objetivo es reforzar la competitividad de la Comunidad o ayudar en la resolución de problemas sociales importantes mediante la movilización de recursos y competencias de investigación y desarrollo tecnológico. Cada proyecto integrado contará con objetivos claramente definidos en cuanto a conocimientos científicos y tecnológicos y se eje-

cutará con el fin de obtener resultados científicos y tecnológicos precisos, aplicables a productos, procesos o servicios.

La Comisión publicó el 20 de marzo una "convocatoria de manifestaciones de interés" para recoger, en la medida de lo posible, las ideas de la comunidad científica e industrial sobre cuales podrían ser las investigaciones susceptibles de constituir una red de excelencia o un proyecto integrado.

Esta convocatoria de manifestaciones de interés invitaba a los equipos y consorcios de investigación a presentar a la Comisión esquemas de proyectos que podrían presentar para financiación una vez que se publiquen oficialmente las "convocatorias de propuestas". Esta iniciativa está pensada para asegurar la concordancia entre los objetivos políticos de la Comisión Europea y el compromiso de la comunidad científica e industrial.

La respuesta a la primera consulta de este tipo efectuada por la Comisión ha sido positiva si se tiene en cuenta que se han presentado más de 200 propuestas dentro de los campos temáticos prioritarios de residuos radiactivos y protección contra las radiaciones.

Por otra parte, en el VI Programa Marco se han mantenido instrumentos utilizados en anteriores programas teniendo en cuenta que no en todos los casos, por las propias características de las investigaciones o bien de las entidades participantes, será posible constituir redes de excelencia o proyectos integrados. Estos instrumentos son los que se indican a continuación:

— *Proyectos específicos focalizados de investigación y de formación*: tienen como objeto mejorar la competitividad europea. Deberán estar rigurosamente focalizados pudiendo adoptar la forma de proyecto de investigación y desarrollo o bien de proyecto de demostración.

— *Acciones de fomento y desarrollo de los recursos humanos*: están orientadas a la formación, el

desarrollo de los conocimientos y la transferencia de los mismos. Incluyen el apoyo a acciones llevadas a cabo por personas físicas, estructuras de acogida, incluidas las redes de formación y también por equipos de investigación europeos.

— *Acciones de coordinación*: tienen por objeto fomentar y apoyar iniciativas coordinadas de toda una gama de protagonistas de la investigación y la innovación con el objeto de mejorar su integración. Abarcarán actividades tales como la organización de congresos, reuniones, estudios, intercambios de personal, etcétera.

— *Acciones específicas de apoyo*: complementarán la ejecución del Programa Marco y podrán utilizarse para ayudar a la preparación de futuras actividades de la Comunidad en materia de investigación y desarrollo tecnológico, incluidas las actividades de seguimiento y evaluación.

## 7. Normas de participación de empresas, centros de investigación y universidades

En el documento *Propuesta modificada de decisión del Consejo relativa a las normas de participación de empresas, centros de investigación y universidades, en la ejecución Programa Marco de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) 2002-2006* se definen las normas de participación en el VI Programa Marco. Si bien se trata de una propuesta, no es previsible que se produzcan cambios relevantes en su contenido antes de su aprobación por el Consejo y el Parlamento.

Concebido con el objetivo de ayudar a la creación del Espacio Europeo de la Investigación, el VI Programa Marco pone en práctica los principios siguientes:

— *Apertura a priori* de los proyectos a nuevos participantes.

— *Flexibilidad intrínseca* de sus condiciones de funcionamiento, lo que puede conllevar el lanzamiento de nuevas actividades.

— *Gran autonomía* en cuanto a la ejecución, ya que los participan-

tes llevarán a cabo sus actividades en condiciones que, en gran parte, definen ellos mismos y establecen entre sí los acuerdos más convenientes para garantizar la correcta realización del proyecto.

En relación con las normas de participación y financiación, la aplicación de estos principios y la adecuación a las características y objetivos del nuevo Programa se traducen en las siguientes innovaciones:

— La igualdad completa de derechos y obligaciones entre participantes de los Estados miembros y de los Estados candidatos asociados.

— Las organizaciones europeas de cooperación científica gozan de pleno derecho de acceso al Programa exactamente en las mismas condiciones que cualquier entidad establecida en un Estado miembro, lo cual no ocurre actualmente.

— Para la selección de propuestas, se establecen criterios generales, que tienen en cuenta los objetivos específicos de los nuevos instrumentos.

— La contribución financiera de la Comunidad adopta formas nuevas: una "subvención a la integración" en el caso de las redes de excelencia, y una "subvención al presupuesto" en el de los proyectos integrados. Estas modalidades permiten una importante flexibilidad e implican sistemas de control menos engorrosos y más eficaces, especialmente *a posteriori*.

— Se da a los consorcios encargados de gestionar las redes de excelencia y los proyectos integrados la posibilidad de modificar la asociación, entre otros medios, lanzando concursos en condiciones bien definidas y basándose en el consentimiento de la Comisión en forma simplificada.

— Se han definido normas específicas de participación en las actividades de investigación y formación del campo temático prioritario *Investigación sobre la energía de fusión* especialmente adaptadas a las características de este campo.

Las normas están elaboradas de manera que garanticen la bue-

● Tabla 1. Resumen de normas de participación en el VI Programa Marco de la Comunidad Europea.

| Forma participación (instrumentos) | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Aspectos de interés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redes de excelencia                | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Reforzar la excelencia científica y tecnológica de la Comunidad mediante la integración gradual y permanente de la capacidad de investigación y formación real o potencial, tanto a nivel nacional como regional.</li> <li>— Hacer avanzar los conocimientos en un campo determinado reuniendo una masa crítica de competencias</li> <li>— Objetivos orientados a largo plazo y multidisciplinarios, y no perseguirán resultados precisos definidos de antemano en cuanto a productos, procedimientos o servicios.</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención a la integración: hasta el 25% de la capacidad y de los recursos propuestos por los participantes.</li> <li>— Número mínimo participantes: 3.</li> <li>— Mínimo 2 Estados miembros o candidatos asociados.</li> <li>— Disponer de conocimientos y competencias técnicas.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul>                                                             |
| Proyectos integrados               | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Reforzar la competitividad de la Comunidad o ayudar en la resolución de problemas sociales importantes mediante la movilización de una masa crítica de recursos, competencias de investigación, desarrollo tecnológico y formación.</li> <li>— Cada proyecto integrado contará con objetivos claramente definidos en cuanto a conocimientos científicos y tecnológicos.</li> <li>— Se ejecuta con el fin de obtener unos resultados concretos y aplicables a productos, procesos y servicios.</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención al presupuesto hasta el 50% para investigación, 35% para demostración y 100% para otras actividades como la formación de investigadores y la gestión del consorcio.</li> <li>— Número mínimo participantes: 3.</li> <li>— Mínimo 2 Estados miembros o candidatos asociados.</li> <li>— Mínimo 1 Estado miembro o candidato asociado.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul> |
| Proyectos específicos focalizados  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— En materia de investigación:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, destinados a la adquisición de nuevos conocimientos.</li> <li>▪ Proyectos de demostración, destinados a probar la viabilidad de nuevas tecnologías.</li> </ul> </li> <li>— En materia de formación:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Destinados a facilitar la difusión temprana de conocimientos a escala europea y a integrar las actividades nacionales</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención al presupuesto hasta el 50%.</li> <li>— Número mínimo participantes: 2.</li> <li>— Mínimo 1 Estado miembro o candidato asociado.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |

na marcha de los proyectos en los que podrá intervenir un número elevado de participantes y que serán realizados por asociaciones que podrán evolucionar. Otro aspecto importante es que se han definido consultando con los usuarios, la comunidad científica y la industria.

De acuerdo con uno de los principios clave del VI Programa Marco, el modelo de contrato y los programas de trabajo se elaborarán de acuerdo con los mismos objetivos que la reformulación de las normas actuales, es decir, tratando de simplificar y aligerar el proceso. Así, las disposiciones financieras actuales quedarán simplificadas en el

modelo de contrato y los modelos de solicitud de subvención.

## 8. Comentario final

El VI Programa Marco de la Unión Europea es, sin duda, una oportunidad para conseguir fuentes de financiación de programas de investigación y desarrollo en el campo de la energía nuclear, aunque este aspecto no sea el más destacado dentro de los objetivos del mismo. De hecho, la característica más importante a tener en cuenta es el fuerte impulso que se da a la colaboración entre los centros de investigación de los Estados miembros.

En el caso de España es una oportunidad extraordinaria para in-

corporar nuestros centros de investigación a las líneas y programas de trabajo de los centros europeos de vanguardia, es decir, para colaborar y a su vez presentar nuestras propias capacidades y logros en los programas de investigación más ambiciosos y de mayor calidad científica.

Por otra parte, como es típico de la gestión de las actividades de la Unión Europea, se interpone una barrera de burocracia que sólo con una cierta paciencia es posible superar. El afán profesional de nuestros investigadores y la posibilidad, como se ha dicho anteriormente, de ofrecer la mejor calidad en nuestros trabajos y de co-

(Tabla 1. Continuación).

| Forma participación (instrumentos)             | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Aspectos de interés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Iniciativas integradas Infraestructuras</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Agrupación de una combinación de actividades esenciales de cara al fortalecimiento y desarrollo de infraestructuras de investigación a escala europea.</li> <li>— Combinación de actividades de conexión en red con una actividad de apoyo o con actividades de investigación necesarias para la mejora del rendimiento de las infraestructuras.</li> <li>— Difusión de conocimientos a posibles usuarios (industria, pymes, etcétera).</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención al presupuesto entre 50 y 100%.</li> <li>— Número mínimo participantes: 2.</li> <li>— Mínimo 1 Estado miembro o candidato asociado.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul> |
| <b>Fomento recursos humanos y movilidad</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Fines de formación, desarrollo de competencias o transferencia de conocimientos.</li> <li>— Apoyo a actividades realizadas por personas físicas, estructuras de acogida, incluidas redes de formación y equipos de excelencia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención al presupuesto hasta el 100%.</li> <li>— Número mínimo participantes: 1 (excepto redes de formación).</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul>                               |
| <b>Acciones de coordinación</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Estimular y sostener iniciativas coordinadas de diferentes agentes de la investigación, la formación y la innovación.</li> <li>— Conjunto de actividades como la organización de congresos, reuniones y cursos de formación, realización de estudios, intercambio de personal, intercambio y difusión de buenas prácticas, etcétera.</li> <li>— Podrán incluir un apoyo a la definición, organización y gestión de iniciativas conjuntas o comunes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención al presupuesto hasta el 100%.</li> <li>— Número mínimo participantes: 2.</li> <li>— Mínimo 1 Estado miembro o candidato asociado.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul>   |
| <b>Acciones específicas de apoyo</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Alcanzar objetivos marcados en el VI Programa Marco.</li> <li>— Preparar actividades futuras de investigación y formación.</li> <li>— Actividades de seguimiento y evaluación.</li> <li>— Conferencias, seminarios, estudios y análisis, premios y concursos científicos de alto nivel, grupos de trabajo y de expertos, apoyo operativo, y actividades de difusión, información y comunicación.</li> </ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Convocatoria publicada en Diario Oficial CE.</li> <li>— Subvención presupuesto hasta el 100%.</li> <li>— Número mínimo participantes: 1.</li> <li>— Disponer de recursos humanos, económicos, infraestructuras, etcétera.</li> </ul>                                                               |

laborar codo a codo con los mejores centros de investigación europeo y, a veces, mundiales son una

motivación suficiente para sobrepasar esta barrera y conseguir situar a nuestro país en los lugares

que corresponde de acuerdo con el nivel científico y tecnológico conseguido hasta la fecha. 

#### Referencias

— L 232/34 Official Journal of the European Communities (29.8.2002) Council Decision de 3 de junio de 2002 concerning the sixth framework programme of the European Atomic Energy Community (Euratom) for nuclear research and training activities, also contributing to the creation of the European Research Area (2002 to 2006).

— 2001/0053 LEX 364 PE-CONS 3635/02 RECH 105 CODEC 757: Decision No 2002/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Sixth Framework Programme of the European Community for

Research, Technological Development and Demonstration Activities, Contributing to the Creation of The European Research Area and to Innovation (2002-2006). Luxemburgo, 27 de junio de 2002.

— 11382/02 RECH 136 ATO 103: Council Decision adopting a specific programme (Euratom) for research and training on nuclear energy (2002-2006). Bruselas, 7 de agosto de 2002. Consejo de la Unión Europea.

— COM (2001) 823 final/2-CNS 2001/0327: Propuesta modificada de Decisión del Consejo relativa a las normas de

participación de empresas, centros de investigación y universidades en la ejecución del Programa Marco de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) 2002-2006. Diario Oficial n° C 103 E de 30/04/2002.

— Documento 384DO338: 84/338/Euratom, CECA, CEE: Decisión del Consejo, de 29 de junio de 1984, relativa a las estructuras y procedimientos de gestión y de coordinación de las actividades comunitarias de investigación, de desarrollo y de demostración.

# Las actividades del OIEA en las áreas de seguridad radiológica y de residuos radiactivos

El director de la División de Seguridad Radiológica y de Residuos Radiactivos del OIEA, doctor Abel González, visitó la sede del Consejo de Seguridad Nuclear el pasado 13 de junio. Durante su estancia se entrevistó con su presidenta y consejeros y mantuvo una reunión técnica con los directivos de la organización.

Dentro del ciclo anual de conferencias organizadas por el CSN, impartió una conferencia sobre las actividades del OIEA en las áreas de seguridad radiológica y de residuos radiactivos dirigida a los funcionarios de la casa y al público en general. A continuación se ofrece un resumen de su intervención.

Julio Barceló, consejero del CSN, destacó en su presentación los aspectos más relevantes de la vida profesional de Abel González. De origen bonaerense, se formó en su país natal donde llegó a ocupar cargos de alta responsabilidad en el sector nuclear argentino. Ha cultivado de forma constante los aspectos científicos de la protección radiológica y la gestión de los residuos radiactivos, ha dirigido numerosos cursos universitarios, es socio fundador la Sociedad Argentina de Protección Radiológica y ha publicado más de 100 trabajos internacionales en estas disciplinas. En el área internacional es miembro activo del Comité Científico de Naciones Unidas para los Efectos de las Radiaciones (UNSCEAR) y de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP). Su carrera en el OIEA es brillante, ha sido gobernador por Ar-

gentina en la junta de gobierno y actualmente es director en el citado organismo. Esta labor le ha hecho merecedor de la distinción especial del OIEA al mérito en el trabajo. Su labor internacional ha sido reconocida recientemente con la concesión de la condecoración Morgan de la Health Physics Society de Estados Unidos de América por sus contribuciones a la protección radiológica.

El doctor González ofreció una conferencia variada en temas y rica en anécdotas basadas en su quehacer diario como director del OIEA. Después de ofrecer una breve introducción sobre el OIEA se centró en explicar la situación y desarrollos actuales en lo que se refiere a las bases de la seguridad radiológica, protección ocupacional, seguridad de residuos, control de descargas de material radiactivo al medio ambiente, terminación de actividades y desmantelamiento, seguridad en el transporte, seguridad del paciente y seguridad

radiológica y física de las fuentes radioactivas en desuso.

Abel González explicó que 134 países forman parte del OIEA y que trabajan en el organismo alrededor de 2.000 personas. La principal misión de esta institución es el desarrollo de normas internacionales y de establecer los mecanismos necesarios para su aplicación, siendo también importante su papel en las convenciones internacionales. El ponente destacó la tendencia internacional actual de caminar hacia un régimen internacional de seguridad nuclear y radiológica. En su opinión existe un cambio de política a este respecto de un sector cada vez más numeroso de países miembros del OIEA, de tal manera que espera que esta tendencia se consolide en los próximos años. Esto se traducirá en una mayor importancia relativa de las normas internacionales sobre las nacionales. También explicó que los mecanismos en los que trabaja el OIEA para su aplicación consisten

Resumen elaborado por Carlos Torres, asesor del consejero del CSN Julio Barceló.

en el fomento de la cooperación técnica internacional, el entrenamiento y la formación académica, la ejecución de programas coordinados de investigación y la oferta y ejecución, por parte del OIEA, de servicios de seguridad que a su juicio vienen a ser verdaderas inspecciones.

Los efectos en la célula humana constituyen la base para el desarrollo de las normas para la seguridad radiológica. La posición internacional con respecto a los efectos de las radiaciones ionizantes está definida por el UNSCEAR, y representa la opinión compartida de los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La teoría aceptada por la comunidad científica internacional consiste en admitir que, por encima de las dosis de fondo, un incremento de éstas produce un incremento proporcional de la probabilidad de sufrir un efecto estocástico (mutación). La constante de proporcionalidad es muy baja, del orden de 0,005% de probabilidad por cada milisievert (mSv) de dosis recibido. Esto convierte, según González, en irrelevante la discusión sobre los efectos producidos por dosis bajas, ya que sus riesgos asociados son tremendamente bajos y, además, la capacidad de detectarlos en caso de que ocurrieran es también muy limitada. Citó como ejemplo que se necesitarían del orden de mil millones de personas para detectar las consecuencias radiológicas en una población que haya recibido una dosis uniforme de 1 mSv. Éste fue el caso de Chernóbil, donde no se ha detectado ningún cáncer que pueda ser directamente atribuible a la radiación, aparte de los aparecidos en el tiroides, problema de diferente índole. El dilema, según el doctor González, es el siguiente: ¿son los efectos de la radiación a muy bajas dosis indetectables pero reales? Según su opinión el problema es insoluble. A pesar de las dificultades para detectar las consecuencias de los efectos estocásticos producidos por bajas dosis, el regulador tiene la obligación de regularlos y controlarlos, a



► Figura 1. Abel González y Julio Barceló, en el CSN.

pesar de que no puedan ser detectados. La conferencia de Sevilla, organizada por el OIEA sobre este tema, puso el punto final a este dilema, estableciendo los mecanismos para regular riesgos muy bajos. El UNSCEAR ha confirmado las conclusiones de la conferencia de Sevilla.

Seguidamente Abel González habló del sistema de protección radiológica de la ICRP, sus recomendaciones y su gran influencia en el sistema de estándares de seguridad del OIEA, ya que la junta de gobierno del organismo obliga al secretario a seguir estas recomendaciones. Concluyó esta parte de la conferencia explicando que el UNSCEAR recopila y analiza los datos científicos, el ICRP emite recomendaciones basadas en estos datos y que ambos confluyen en el OIEA para la elaboración de la normativa internacional.

En el área de protección ocupacional destacó el hecho de que los límites reconocidos en el ámbito internacional por el OIEA son diferentes a los establecidos por la Unión Europea. La tendencia internacional de las dosis recibidas por los trabajadores es a la baja, excepto en la industria nuclear rusa. Destacó que en esta área existen varios temas abiertos en discusión como son las exposiciones de los trabajadores en industrias con procesos en los que se maneja material que con-

tenga radiactividad natural, la responsabilidad legal de los empleadores y los problemas legales asociados al reconocimiento de la exposición laboral a las radiaciones ionizantes como causa de determinadas enfermedades laborales. Invitó a la audiencia a participar en la próxima reunión internacional organizada por el OIEA sobre protección ocupacional.

El doctor González explicó que la Conferencia del OIEA sobre Gestión Segura de Residuos Radiactivos, organizada en Córdoba en el año 2000, significó un cambio cualitativo en la posición internacional con respecto a este problema. De esta conferencia se extrajeron conclusiones muy concretas que fueron elevadas a la Conferencia General del OIEA, la cual aprobó un plan de acción internacional que ofrece un marco común para abordar desde el punto de vista técnico y regulador el almacenamiento de los residuos radiactivos, su transferencia de control, su eliminación final en formaciones geológicas profundas, la normativa internacional, la transferencia de información entre diferentes generaciones y los aspectos socioeconómicos. Mencionó la invitación realizada a la presidenta del CSN para participar en la conferencia internacional que sobre este tema tendrá lugar en Viena en diciembre

de este año, y cuyo objetivo es avanzar hacia la consolidación de un régimen internacional que permita la gestión segura de los residuos radiactivos. Además mencionó el grado de madurez alcanzado por la convención internacional conjunta para la gestión segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos. Ésta comenzará a aplicarse de forma efectiva a partir del año que viene. También mencionó que el OIEA ha comenzado a poner en marcha un régimen internacional de inspecciones, citando como ejemplo la revisión realizada a la evaluación de seguridad del proyecto Yucca Mountain en sus aspectos de impacto a la biosfera y al medio ambiente.

La historia del OIEA en el área de control de descargas de material radiactivo al medio ambiente es brillante, según explicó Abel González. La comunidad internacional está bien dotada en lo que se refiere a principios, criterios y guías de seguridad de aplicación práctica. El problema en esta área consiste en que el sistema de control se ha diseñado para proteger al hombre y no al medio ambiente. Este hecho ha sido aceptado durante largo tiempo. Actualmente hay una gran revolución en torno a este tema. Se comienza a hablar de la protección de las especies en el hábitat humano o bien de las especies en el medio ambiente. La comunidad internacional se reunirá este mes de julio en Darwin (Australia), reunión preparatoria de la conferencia internacional organizada por el OIEA en el próximo año en Estocolmo. Se espera que éste sea el punto inicial de una nueva aproximación al problema.

La terminación de actividades nucleares y radiactivas y el desmantelamiento de sus instalaciones son áreas con poca normativa. Durante mucho tiempo se ha pensado, indicó González, en cómo iniciarlas pero no en cómo cerrarlas. La primera actividad internacional del OIEA fue el simposio de Arlington (EEUU), celebrado en el año 2000. La conferencia de Berlín permitirá vislum-

brar el camino a seguir en este tema del desmantelamiento.

A continuación el doctor González ofreció una descripción detallada de las actividades del OIEA en las zonas contaminadas con material radiactivo durante la Guerra Fría. Habló de los proyectos en Bikini, Kazajstán, Mururoa y Fangataufa, Mar de Kara y Argelia.

En el caso del uranio empobrecido señaló que, a pesar de que inicialmente se dijo de manera oficial que el material incluido en el anamamiento sólo contenía uranio, posteriormente se demostró que además existían isótopos del plutonio. Se trivializó al explicar los efectos radiológicos de este material, insistiendo en que eran inexistentes, ya que existe en la Naturaleza con con-

todas ellas, la radiactiva es la mejor regulada. Estas normas son preparadas por el OIEA e incorporadas por la ONU en su código de materias peligrosas. El OIEA tiene en marcha un programa internacional para la inspección de estas actividades. En estas fechas un equipo de expertos internacionales está revisando las normas nacionales de transporte del Reino Unido. Además, el OIEA ha realizado estudios analíticos de seguridad en el transporte marítimo, habiendo evaluado diversos escenarios accidentales, incluyendo la colisión entre barcos. Los aspectos legales en esta área de actividad del OIEA son muy importantes, existiendo actualmente dos convenciones internacionales en vigor, la de Viena y la de París. Ambas están



► **Figura 2.** La evaluación internacional del OIEA a los trabajos realizados por el Departamento de Energía de Estados Unidos para evaluar el posible impacto radiológico en la biosfera del almacenamiento geológico profundo para residuos de alta actividad en Yucca Mountain (Nevada) ha sentado un precedente importante en las actividades del Organismo relacionadas con el seguimiento de la aplicación de los estándares internacionales en el ámbito nacional. El documento del OIEA ha formado parte de la documentación empleada por la presidencia de los Estados Unidos para autorizar el licenciamiento de Yucca Mountain.

secuencias radiológicas nulas para los individuos y el medio ambiente. Lo que no se explicó es que en la Naturaleza se encuentra disperso, y en el material militar, concentrado, pudiendo tener algunos efectos radiológicos. Estos hechos, al ser descubiertos, alimentaron y justificaron las protestas de la población y de los gobiernos afectados. Existe actualmente gran cantidad de material contaminado producto de las guerras del Golfo y de los Balcanes.

En lo que se refiere a la seguridad del transporte de material radiactivo, el doctor González señaló que actualmente éste es un tema con un alto perfil político. Puso en perspectiva su importancia mencionando que el transporte de material radiactivo representa el 1% del total. De entre

vinculadas mediante un protocolo común. A pesar de su importancia todavía existen países importantes en el contexto internacional como Estados Unidos y Japón que no han suscrito ninguna de ellas. Para finalizar, Abel González invitó a la audiencia a participar en la reunión internacional que sobre el tema organizará el OIEA en Viena en 2003.

España ha contribuido a la promoción y mejora de la protección radiológica de los pacientes con la organización de una conferencia internacional celebrada en Málaga. Esta reunión ofreció resultados concretos que fueron asumidos por la junta de gobierno del OIEA y trasladados a un plan de acción internacional aprobado por la conferencia general del organismo. La situación interna-

cional en esta área de la protección radiológica obliga a iniciar acciones concretas y efectivas que mejoren la protección del paciente frente a las radiaciones ionizantes. Los accidentes en radioterapia como los de Costa Rica y Panamá, en los que murieron decenas de personas, ponen de manifiesto la gravedad de la situación. Las prácticas pediátricas y la protección durante el embarazo requieren una mayor atención. En prácticas nuevas, como la tomografía computerizada, que se realizan cada vez con mayor frecuencia, los pacientes reciben dosis altas. La radiología intervencionista representa un gran avance de la ciencia pero expone tanto al médico como al paciente a nuevos riesgos radiológicos que han de ser evaluados y controla-

dos. Este problema ha alcanzado una gran dimensión política y social, generando gran preocupación en el ámbito internacional debido a los actos terroristas del 11 de septiembre en Estados Unidos. El OIEA posee una larga experiencia en el tema de la seguridad radiológica y física de las fuentes y material radiactivo fuera de control. En los años setenta publicó un estándar de seguridad y ha analizado todos los accidentes ocurridos con fuentes radiactivas, comenzando con el de Goiania (Brasil). La preparación de un plan internacional de acción comenzó con la conferencia de Dijon (Francia), donde se preparó una clasificación internacional de estas fuentes y un código de conducta. Posteriormente, la conferencia de Buenos Aires (Argentina) modificó

emergencias del OIEA. Cabe preguntarse si éstos son casos aislados o realmente son la punta del iceberg. Según González, y de acuerdo con la experiencia del OIEA, todo indica que estamos frente a un problema de grandes magnitudes que pone en entredicho la seguridad en el ámbito internacional. Las más peligrosas de las encontradas hasta ahora son fuentes de cloruro de cesio ( $\text{Cs-137}$ ), altamente volátil y fácilmente dispersable. Fueron usadas con fines agrícolas y están montadas en camiones que actualmente están abandonados y en situación precaria. En Moldavia, por ejemplo, los camiones han desaparecido y las fuentes se han encontrado abandonadas, algunas de ellas con una actividad de 15.000 Ci. La situación se agrava cuando algunos de los Estados en los que se encuentran no son miembros del OIEA. El futuro en esta área pasa por la aplicación del nuevo plan de acción, la ejecución de acciones suplementarias aprobadas por la junta de gobierno y la puesta en marcha del acuerdo tripartito ya firmado entre el OIEA, Estados Unidos y Rusia. Lógicamente, la cooperación técnica del organismo, a través de su proyecto modelo, tendrá también un papel relevante en la localización, recogida y control de las fuentes radiactivas huérfanas, y en la creación de infraestructuras de seguridad radiológica en los países en vías de desarrollo.

Para finalizar, el doctor González destacó el papel internacional relevante de España durante los últimos años en los temas relacionados con los efectos de las dosis bajas, la protección del paciente y la gestión segura de los residuos radiactivos. Las conferencias organizadas en nuestro país (Sevilla, Málaga y Córdoba) han permitido al OIEA desarrollar planes internacionales de acción, aprobados por la junta de gobierno y la conferencia general del organismo, que están permitiendo avanzar en el ámbito internacional en los aspectos de protección, seguridad y reguladores de estos problemas. ☞



► **Figura 3.** El OIEA participa directamente en la localización, recogida y control de las fuentes radiactivas huérfanas dispersas por todos los continentes.

el plan de acción que se aprobó por la junta de gobierno del OIEA el 10 de septiembre del 2001. Los atentados del 11 de septiembre obligaron a modificar el plan de acción, ya que la actitud suicida en el uso ilegal no se había tenido en cuenta. Las fuentes sin control, huérfanas, representan una seria amenaza a la seguridad nacional e internacional. Abel González explicó que recientemente el OIEA ha firmado un acuerdo con los gobiernos de Estados Unidos y Rusia para retirar las fuentes radiactivas del territorio soviético. Algunas de estas fuentes llegan a alcanzar los 40.000 Ci y se usaban como generadores de calor. También se refirió a las encontradas en la República de Georgia y a la operación de recuperación organizada y coordinada por el centro de

La seguridad de las fuentes radiactivas ocupó parte de su conferencia. El concepto de seguridad abarca los aspectos radiológicos más los relacionados con la seguridad física del material radiactivo, tráfico ilegal, robo, actos de terrorismo, etcétera. El problema que presentan estas fuentes o material radiactivo es que se encuentran fuera de control, están abandonadas y por tanto "huérfa-

dos. Todo esto aconseja incrementar los recursos y actividades relacionadas con la formación científica y académica, así como de entrenamiento de todo el personal relacionado con estas prácticas médicas. Concluyó el doctor González resaltando el gran papel que puede jugar España en Latinoamérica en esta área de la protección radiológica.

## Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

## Albert Einstein (1879-1955)

Einstein es uno de los científicos más conocidos de la historia, y clave en el ámbito nuclear. Albert Einstein nació el 14 de marzo de 1879 en Ulm (Alemania) de

padres judíos. En 1921 se le concedió el premio Nobel de Física, no por las teorías de la relatividad sino por sus trabajos sobre el efecto fotoeléctrico.

La famosa fórmula de Einstein sobre la equivalencia entre masa y energía —base de la energía nuclear—  $E=mc^2$ , que relaciona la masa ( $m$ ) y la energía ( $E$ ) con el cuadrado de la velocidad de la luz, fue formulada en 1905 dentro de la Teoría Restringida o Especial de la Relatividad. Diez años más tarde, Einstein anunció la Teoría General de la Relatividad, que se publicó en 1916.

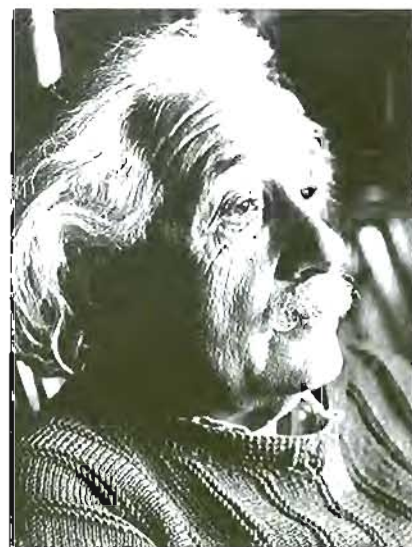
En 1905, Einstein era un empleado desconocido de la Oficina Suiza de Patentes de Berna, cuando publicó tres artículos suyos en la revista alemana *Annalen der Physik*. Los tres fueron de capital importancia en la historia de la física.

Uno de ellos puso orden en la confusión que reinaba en torno al mecanismo del movimiento browniano e, incidentalmente, estableció por encima de cualquier duda razonable la existencia real de las moléculas. El segundo artículo aplicaba la nueva teoría cuántica al efecto fotoeléctrico, revolucionando el estudio de la óptica física. Este trabajo le valió a su autor el Premio Nobel de Física en 1921. El tercer artículo versaba sobre el tema de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, un campo que, según había señalado Poincaré, podría revelar nuevas e importantes leyes. Fue en este artículo donde Albert Einstein esbozó las líneas genera-

les de la Teoría Especial de la Relatividad.

Uno de los postulados de Einstein dice que la velocidad de la luz es constante. Aunque recientemente unos científicos australianos han cuestionado este principio clave de la Teoría General de la Relatividad, señalando que en el curso de miles de millones de años pasados, la velocidad de la luz se ha ido ralentizando y antes era mucho mayor, hay confirmaciones en ambos sentidos y la ciencia futura determinará los valores actuales.

Las dos revoluciones de la física del siglo XX han sido la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica.



► Figuras 1 y 2. Arriba, Albert Einstein en Estados Unidos. A la izquierda, con Marie Curie, cerca del lago de Ginebra.



● Figuras 3, 4 y 5. Albert Einstein con diferentes científicos. Arriba, a la izquierda, con Nernst, Planck, Millikan y von Laue. A la izquierda, con Leo Szilard. Sobre estas líneas, con Paul Langevin.

La explicación del fracaso de los experimentos físicos conducentes a poner de manifiesto el movimiento absoluto de la Tierra (respecto al éter) la dio Einstein formulando su postulado de la relatividad restringida, unido a la consideración de que las ecuaciones de transformación de Lorentz debían sustituir a las de Galileo-Newton. Y la interpretación por Einstein de las ecuaciones de Lorentz, condujo a la nueva concepción del tiempo y la derogación del concepto clásico de indeformabilidad del sólido rígido en movimiento, dando origen a la relatividad restringida, cuyas principales conquistas han sido: el teorema de la composición de velocidades de Einstein; el invariante denominado intervalo de universo o espacio-tiempo; la universalización de la fórmula de Lorentz que da la masa de un corpúsculo en

función de su velocidad; la ecuación de la dinámica relativista restringida de Einstein, y su famosa fórmula que relaciona la masa y la energía, con las trascendentales consecuencias que de ella se derivan.

Todos los grandes físicos y matemáticos posteriores a Newton, aceptaron con reservas la teoría de la gravitación de éste, por no haber podido explicar satisfactoriamente el fenómeno de la atracción a distancia entre los astros. Pues bien, esta dificultad ha desaparecido con la originalísima concepción de Einstein, según la cual el espacio-tiempo posee una curvatura, susceptible de modificarse localmente por la materia y la energía, y que es la causa de la gravitación. De este modo el problema de la gravitación ha quedado reducido a un simple problema geométrico: un cuerpo móvil en el

universo real se limita a describir una línea geodésica de éste. Por otra parte, la identificación de la materia y la energía, condujo a Einstein a la idea de la pesantez de ésta y, por consiguiente, a que la luz que recibimos de las estrellas y que pasa junto al Sol, debe desviarse de su trayectoria recta.

En diciembre de 1932, Einstein abandonó Alemania y se instaló en los Estados Unidos. Recibió innumerables ofertas para integrarse en las más famosas universidades, especialmente de las de Jerusalén, Leiden, Oxford, Madrid y París. En 1940 obtuvo la ciudadanía americana pero mantuvo su nacionalidad suiza.

Recibió innumerables honores, premios y dictó conferencias en casi todas las universidades importantes del mundo.

Murió en Princeton, New Jersey, USA el 18 de abril de 1955. ☐

# Actualidad

- Centrales nucleares ● Actuaciones en emergencias ● Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento
- Otros acuerdos del Pleno del CSN ● Instalaciones radiactivas ●

## ● CENTRALES NUCLEARES

### José Cabrera

El CSN informó favorablemente las revisiones 38 y 39 de las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF) de la central, los días 24 de abril y 12 de junio respectivamente. La revisión 39 de las ETF llevaba asociado el informe favorable de un apartado del Estudio de Seguridad.

El 28 de mayo, la central tuvo que bajar carga porque la temperatura del agua de aspiración desde el río Tajo excedía la considerada en las bases de diseño. Al bajar carga disminuía el impacto térmico del agua de circulación de la central en el río y, de ese modo, la temperatura de aspiración volvía a estar dentro de la admitida por las bases de diseño.

El 29 de mayo, el CSN propuso la apertura de un expediente sancionador porque la intrusión de Greenpeace en el emplazamiento reveló incumplimientos de la autorización sobre protección física de materiales nucleares en vigor. La cuantía de la sanción propuesta es de 600.000 euros.

El 12 de junio, el CSN informó favorablemente la revisión de un apartado del Estudio de Seguridad, a fin de aumentar de 18°C a 21°C la temperatura máxima del río Tajo a que la central puede operar a potencia.

El 22 de junio se desarrolló el simulacro anual de emergencia.

El 22 de agosto la central inició su 25ª parada de recarga, en la cual se planea terminar de implantar todas las modificaciones requeridas por el CSN al concederse el permiso de explotación en vigor, que vence en octubre de 2002. Las principales actividades previstas para esta parada consisten en cambiar el combustible, inspeccionar los tubos del generador de vapor —y repararlos en su caso—, inspeccionar la vasija y todos sus elementos internos, realizar modificaciones a las bombas y, en general, al sistema de agua de servicios esenciales y terminar la implantación de modificaciones del programa de mejora de seguridad asociado al permiso de explotación en vigor.

El 13 de septiembre se informó favorablemente la renovación de la autorización de explotación hasta el 30 de abril de 2006, en que deberá producirse el cese definitivo de la operación de la central.

El Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 40 de las ETF de la central el día 26 de septiembre. El objeto de esta revisión es incorporar la nueva instrumentación sísmica y nuevas restricciones a las fugas del circuito primario.

También el 26 de septiembre, el Consejo de Seguridad Nuclear propuso la apertura de un expediente sancionador por los incumplimientos de ETF de caudal del sistema de los sistemas de rociado de contención y unidades enfriadoras de la atmósfera de contención detectados a principios de 2002.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado 19 inspecciones durante este periodo.

### Santa María de Garoña

La central ha operado durante estos meses sin incidencias destacables.

El Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 47 de las ETF el día 24 de abril.

El 8 de mayo, el CSN apreció favorablemente la exención de aplicación de la acción de una ETF, a fin de que el explotador pudiera realizar las maniobras necesarias para recuperar el alineamiento de una barra de control que había quedado desacoplada durante una prueba.

El 14 de mayo, el CSN informó favorablemente la revisión 16 del Reglamento de Funcionamiento, que recoge modificaciones menores de la organización.

El 12 de junio y el 19 de septiembre, respectivamente, el CSN acordó los servicios mínimos a cumplir por el personal con licencia de operación, ante una convocatoria de huelga de este personal.

Del 23 al 26 de septiembre tuvo lugar una huelga de personal con licencia de operación. Adicionalmente, durante su desarrollo, el Consejo envió a un inspector al emplazamiento para apoyar a la inspección residente en su seguimiento detallado del desarrollo de la huelga.

El 30 de julio, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas. Éstas consisten en unas especificaciones de nuevo tipo en las que se mejora el formato para hacerlo más claro, se amplían las bases para hacer más comprensible el fundamento de cada especificación y se migra hacia otros documentos parte del contenido, todo ello siguiendo las pautas de un programa de carácter voluntario, impulsado en

EEUU por la Nuclear Regulatory Commission para las centrales nucleares de aquel país.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones a la central durante este periodo.

### Almaraz

Las dos unidades han funcionado durante estos meses sin incidencias, salvo una parada automática no programada de la unidad I el día 9 de septiembre. La parada se debió a bajo nivel en un generador de vapor por problemas en el obturador de una válvula de control de agua de alimentación.

Durante este periodo no se ha aprobado ninguna propuesta de modificación de documentos oficiales de explotación y se han realizado seis inspecciones.



Central nuclear de Almaraz.

### Ascó

Del 2 al 14 de junio tuvo lugar una huelga de personal con licencia de operación. El 14 de mayo el Consejo de Seguridad Nuclear estableció los servicios mínimos de dicho personal durante el desarrollo de la huelga. Adicionalmente, durante su desarrollo, el Consejo envió a un inspector al emplazamiento para apoyar a la inspección residente en su seguimiento detallado del desarrollo de la huelga.

El 5 de junio, el CSN informó favorablemente las revisiones 66 y 65, de las unidades I y 2 respectivamente, de las ETF de la central, cuyo objetivo era modificar aspectos puntuales de la instrumentación de protección del reactor.

El 25 de junio, estando la unidad I a plena potencia, se produjo una parada automática causada por la actuación del transformador principal, debido a un error humano durante unas intervenciones dedicadas a efectuar comprobaciones en dicho transformador. La unidad se conectó de nuevo a la red durante el mismo día 25.

El 2 de julio, estando la unidad II a plena potencia, se produjo una parada automática del reactor causada por pérdida de vacío en el condensador. El vacío se había perdido por disparo de bombas de circulación debi-

do a una avalancha de algas en el río Ebro que estaban taponando la estructura de toma. La causa original de las avalanchas de algas, un fenómeno reciente en el río Ebro, se debe a la colonización del río por el mejillón cebrá, una nueva especie en la cuenca hidrográfica. El mejillón filtra el agua del río y se ha multiplicado de tal manera que el agua está ahora mucho más limpia, deja pasar más luz, hay más fotosíntesis y por lo tanto más algas que nunca. Las crecidas de caudal del río arrancan algas y esas avalanchas son las que atascan las rejillas de aspiración de las bombas de circulación con la central que disparan por bajo nivel.

El 10 de julio, estando ambas unidades a plena potencia, el explotador notificó que había descubierto que la cantidad de fosfato trisódico colocado dentro de la contención es insuficiente para garantizar el pH que figura en las bases de diseño en caso de accidente LOCA. La solución consiste en colocar una cantidad adicional, lo que se ha programado para la siguiente parada de recarga de cada unidad.

El 14 de agosto, estando la unidad II a plena potencia, se produjo una parada automática del reactor por pérdida de vacío en el condensador. El vacío se había perdido por disparo de bombas de circulación debido a una nueva avalancha de algas en el río Ebro que estaban taponando la estructura de toma.

El día 7 de septiembre la unidad II se paró para iniciar su parada de recarga. El día 29 del mismo mes se sincronizó de nuevo a la red eléctrica una vez concluidos los trabajos de recarga.

El CSN informó favorablemente, el día 13 de septiembre, las revisiones 66 de las ETF, 34 del Estudio de Seguridad y una modificación de diseño, cuyo objetivo era sustituir elementos del sistema de vigilancia de la radiación por otros de tecnología más moderna. Adicionalmente, el cambio de ETF se refería al cambio de pruebas de las baterías de corriente continua, sustitución de instrumentación sísmica, parámetros del sistema de agua de servicios de salvaguardias y control de pH en el recinto de contención en caso de accidente.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado 12 inspecciones durante este periodo.

### Cofrentes

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

Durante este periodo no se ha aprobado ninguna propuesta de modificación de documentos oficiales de explotación y se han realizado cuatro inspecciones.

### Vandellós II

La central ha operado estos meses a potencia.

El día 10 de julio, estando la planta a plena potencia, el explotador notificó haber descubierto que la cantidad de fosfato trisódico colocado dentro de la contención es insuficiente para garantizar el pH que figura en las bases de diseño en caso de accidente LOCA. La solución

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

### Incidencias

Durante este periodo se notificaron a la Sala de Emergencias los siguientes incidentes, que por su naturaleza o consecuencias no pueden ser calificados de accidentes nucleares o emergencias radiológicas:

— El 26 de abril la empresa Menarini Diagnósticos, de San Agustín de Guadalix (Madrid) notificó el extravío de una fuente encapsulada de I-125, con una actividad inicial inferior a 14,8  $\mu$ Ci. El extravío tuvo lugar durante el transporte de la fuente por la empresa de transportes Integra 2, hacia el Instituto Portugués de Oncología en Lisboa.

— El 7 de mayo se recibió notificación de Acerinox, comunicando que a las 6.35 horas se había producido un rebose de acero en la línea de colada continua de Palanquillas, afectando a dos de las cuerdas de la misma. La fuente de Co-60 de 3,5 mCi instalada en la línea 4 no fue afectada por el rebose, mientras que otra fuente idéntica, instalada en la cuerda 5, quedó atrapada por el acero en la propia lingotera. La tasa de dosis media permaneció en el valor de fondo de la zona y no fue afectada persona alguna en el accidente.

— El 8 de mayo se recibió notificación del Ministerio de Fomento, por parte de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, comunicando la inundación de una instalación radiactiva donde se guar-

dan las sondas nucleares. Se realizaron medidas de tasa de dosis gamma en los alrededores que en ningún caso superaron el valor de 1  $\mu$ Sv/h. Se adoptó la medida de bombear el agua lo antes posible.

— El 9 de mayo, la empresa Tratament i Selecció de Residus, S.A. comunicó, mediante fax, que sobre las 14.50 horas del 8 de mayo, se produjo la caída accidental de una de las fuentes existentes en la instalación radiactiva correspondiente, comprobando, tanto el SCAR como el TERSA, que la radiación emitida no comportaba ningún riesgo para el personal ni para la instalación. La información sobre el incidente y la actuación llevada a cabo por el titular fue ampliada el día de mayo.

— El 6 de junio, el Hospital Universitario de Salamanca notificó la irradiación sin dosímetro de dos personas, al encontrarse de forma inadvertida en el interior de la sala de tratamiento del acelerador lineal Saturno-42, mientras el operador realizaba la comprobación diaria. El 25 de junio, llegó un informe complementario en el que se estimaban unas dosis recibidas menores de 1,9 mSv.

— El 4 de junio se recibió fax de la empresa Ciments Molins notificando la activación del plan de emergencia de una instalación radiactiva por alarma en el detector de zona, indicando una tasa de exposición superior al nivel de alarma establecido

consiste en colocar una cantidad adicional, lo que se programa para la siguiente parada de recarga.

El Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente, el día 3 de abril, la modificación de la condición 2.2 de la autorización de explotación en vigor, por la que se autoriza aumentar la potencia nuclear en el 1,4 % de la nominal. Asociada a esta autorización, el mismo día el Consejo también informó favorablemente la revisión 41 de las ETF asociadas al aumento de potencia y el nuevo ciclo de operación.

Del 2 al 14 de junio tuvo lugar una huelga de personal con licencia de operación. El 14 de mayo el Consejo de Seguridad Nuclear estableció los servicios mínimos de personal durante el desarrollo de la huelga. Adicionalmente, durante su desarrollo, el Consejo envió a un inspector al emplazamiento para apoyar a la inspección residente en su seguimiento detallado del desarrollo de la huelga.

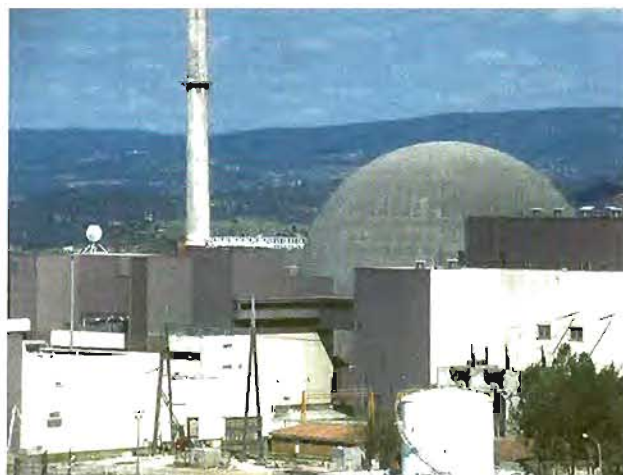
El Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 42 de las ETF el 30 de julio.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado 16 inspecciones durante este periodo.

### Trillo

La central funcionó durante estos meses sin incidencias destacables.

Durante este periodo no se ha aprobado ninguna propuesta de modificación de documentos oficiales de explotación y se han realizado siete inspecciones.



Central nuclear de Trillo.

(2 mR/h). Después de efectuar varias comprobaciones se concluyó que se había producido un fallo en el detector de zona.

— El 12 de junio, Siderúrgica Sevillana informó de una señal de alarma en el detector instalado en el camino de evacuación de polvo de acería del horno 1. Se efectuaron mediciones con equipos diferentes obteniéndose valores de fondo. El incidente provocó el desplazamiento de un inspector del CSN a la instalación.

— El 25 de junio, la empresa Barneda 2000 (Ripollet, Barcelona) envió un informe describiendo lo ocurrido con una fuente de kriptón 85, de 500 mCi de actividad, que la policía acabó recogiendo de la fábrica y llevándosela a la comisaría. No resultó ninguna persona irradiada o contaminada.

— El 5 de julio se recibió un informe preliminar sobre exposición accidental de una trabajadora en el Hospital Central de Asturias. El suceso tuvo lugar cuando estando en la sala de tratamiento realizando unos preparativos, la trabajadora se apercibió de la puesta en marcha de la unidad, procediendo inmediatamente a detener su funcionamiento.

— El 26 de julio se recibió notificación del Hospital J. R. Jiménez, de Huelva, informando de un incidente ocurrido en el búnker de tratamiento de radioterapia. El piloto indicativo de fuente en tránsito

permaneció encendido y la pantalla de la consola mostró un posible problema de retroceso de la fuente. Se clausuró el búnker para impedir el acceso hasta la revisión y reparación del equipo.

— El 29 de agosto se recibió notificación del Hospital General de Burgos, indicando un fallo en un irradiador que contenía una fuente de cobalto. Al día siguiente se recibió fax notificando con más detalle el incidente.

— El 18 de septiembre se notificó a la Salem la avería de un detector del sistema contra incendios de la Planta Quercus. El detector se halla situado en la sección de reextracción, en la que permanece en funcionamiento el otro detector ubicado en el mismo sedimentador. De acuerdo con la acción correctora asociada a la condición límite de funcionamiento referente a esta situación, se establecieron rondas de vigilancia adicionales para cubrir el área afectada cada cuatro horas hasta subsanar el problema.

— El día 30 de septiembre se recibió fax del Complejo Hospitalario Materno Insular de Las Palmas de Gran Canaria, en el que se informaba de una intrusión no controlada en la instalación del servicio de medicina nuclear, sin que en ningún momento se accediera a las zonas de cámara caliente, ni de almacenamiento y manipulación de radioisótopos.

*[continúa en la página siguiente]*

## ► INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

### Fábrica de combustible de Juzbado

La instalación ha funcionado durante estos meses sin incidencias operativas.

El Consejo ha aprobado durante este periodo las siguientes propuestas:

— Modificación de los límites y condiciones asociados al permiso de explotación provisional y a la autorización de fabricación, para recoger los requisitos del vigente Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas e incorporar la experiencia operativa.

— Reducción de la capacidad máxima de producción de 500 a 400 toneladas por año, para hacerla más realista y ajustada a las cantidades fabricadas en los últimos años y a las previstas para el futuro.

— Modificación para ampliar el almacén de material nuclear recuperable de la línea de gadolinio y revisión 15 del Estudio de Seguridad.

— Revisión 0 del Plan de Gestión de Residuos Radiactivos, para su adaptación al Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

— Exención temporal del cumplimiento de la acción 5.8.3.1 de las Especificaciones de Funcionamiento, sobre operabilidad de los elementos resistentes al fuego.

— Revisión 11 del Manual de Protección Radiológica.

Durante este periodo no se ha producido ningún apercibimiento ni propuesta de sanción y se han realizado seis inspecciones, tres de las cuales pertenecen al Programa Base de Inspección.

### Ciemat

Las instalaciones radiactivas operativas han funcionado sin incidentes. En las instalaciones paradas se han efectuado las operaciones de control y mantenimiento programadas.

El CSN apreció favorablemente la revisión 2 del Plan Director del Plan Integrado de Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC), presentado como con-

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS (continuación)

[viene de la página anterior]

### Sucesos notificables

Durante el periodo de abril a septiembre del año 2002 se notificaron a la Sala de Emergencias 10 sucesos notificables en una hora, y 36 sucesos notificables en 24 horas, correspondientes a la explotación de centrales nucleares, de acuerdo con el detalle que aparece en la tabla adjunta.

### Ejercicios y simulacros

Durante el periodo de abril a septiembre, el CSN ha participado en los siguientes ejercicios y simulacros de emergencia:

— El 9 de mayo se llevó a cabo el simulacro inte-

rior de emergencia en el almacenamiento de residuos de baja y media actividad de Enresa, en El Cabril.

— El 23 de mayo tuvo lugar el simulacro interior de emergencia anual de la central nuclear Santa María de Garoña, entre las 22.00 horas y las 1.20 horas del día 24.

— El 22 de junio se realizó el simulacro interior de emergencia anual de la central nuclear José Cabrera entre las 9.00 y las 15.00 horas.

— El 19 de septiembre tuvo lugar el simulacro interior de emergencia de la central nuclear de Cofrentes correspondiente a 2002. El simulacro se inició a las 10.10, finalizando a las 14.10.

— El mismo día 19, a las 10.14 horas, se recibió una notificación Ecurie de nivel 2. Se trataba de un ejercicio que suele realizarse periódicamente con el fin de evaluar el tiempo de respuesta de las organizaciones de emergencias nucleares europeas ante la comunicación de accidentes o incidentes en otros países.

Salem: sucesos notificables en el segundo y tercer trimestres de 2002

|                 | Abril |      | Mayo |      | Junio |      | Julio |      | Agosto |      | Septiembre |      |
|-----------------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|--------|------|------------|------|
|                 | 1 h   | 24 h | 1 h  | 24 h | 1 h   | 24 h | 1 h   | 24 h | 1 h    | 24 h | 1 h        | 24 h |
| Almaraz I       |       |      | 1    | 1    |       |      | 2     |      |        |      | 2          | 2    |
| Almaraz II      |       |      |      |      |       |      | 2     |      |        |      |            |      |
| Ascó I          |       |      |      |      | 1     | 3    | 1     |      | 1      |      |            |      |
| Ascó II         |       | 1    |      |      |       |      | 1     | 2    | 1      | 1    |            | 1    |
| Cofrentes       | 1     | 1    |      |      | 1     | 2    |       |      |        |      |            |      |
| José Cabrera    | 1     | 2    | 1    |      | 1     |      |       |      | 1      |      |            | 1    |
| Santa Mª Garoña |       |      | 2    |      |       |      |       |      |        |      | 1          | 1    |
| Trillo          |       |      | 2    |      |       |      |       |      |        |      |            |      |
| Vandellós I     |       |      |      |      |       |      |       |      |        |      |            |      |
| Vandellós II    |       | 3    |      |      | 1     |      |       |      | 1      |      |            |      |

secuencia de modificaciones en el alcance de la revisión anterior.

El Consejo apreció favorablemente los criterios radiológicos y metodología aplicables al PIMIC.

El CSN apreció favorablemente el reinicio de las actividades de desmantelamiento de la instalación nuclear IN-03, adaptadas a los requisitos del PIMIC. La instalación ya disponía de una apreciación favorable del CSN de 30 de junio de 1994, para su desmantelamiento.

Durante este periodo se han realizado 13 inspecciones de control a las instalaciones radiactivas en funcionamiento, así como a las paradas a la espera de su desmantelamiento y clausura, sin detectarse desviaciones significativas.

### Reactores Argos y Arbi

El Ministerio de Economía ha concedido la autorización de desmantelamiento del reactor Arbi con fecha 14 de mayo de 2002. En el mes de julio se mantuvo una reunión con los titulares del reactor para aclarar la estrategia del desmantelamiento.

Se está a la espera de que la Universidad Politécnica de Cataluña, titular del reactor Argos, presente la solicitud para la clausura.

### Planta Lobo-G

Durante este periodo ha continuado el programa de vigilancia y control aprobado, una vez finalizado el plan de desmantelamiento.

El titular solicitó, con fecha 30 de abril, la declaración de clausura de la instalación, encontrándose dicho programa en periodo de evaluación.

Durante estos meses se han realizado tres inspecciones de control a la instalación.

### Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)

Una vez finalizado el plan de desmantelamiento, se mantiene el control sobre el periodo de cumplimiento de la instalación. Continúa la evaluación de la revisión 2 del Plan de Vigilancia y Mantenimiento.

Durante estos meses se han realizado tres inspecciones de control a la instalación.

Durante el desarrollo de estos simulacros, atendiendo a las necesidades de respuesta planteadas por sus respectivos escenarios, se procedió a la activación de la organización de respuesta a emergencias del CSN, así como a los servicios externos de apoyo a la respuesta incluyendo los siguientes servicios: servicio de intervención urgente, servicio de gestión de residuos, unidad móvil de dosimetría interna y unidad móvil de vigilancia radiológica.

Adicionalmente, durante los meses de abril, mayo y junio se realizaron dos ejercicios de nivel I de la red de intercambio urgente de información radiológica en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica de la Unión Europea.

### Actividades más relevantes de seguridad física

Durante este periodo se ha intensificado el refuerzo dedicado a la seguridad física de las instalaciones, actividades y materiales nucleares, al control y regulación, y a la participando en diferentes foros internacionales dedicados a este asunto.

En junio, las compañías eléctricas presentaron al CSN el Modelo Integrado de Seguridad Física, que adaptaba los sistemas de protección física de las centrales nucleares a los nuevos requisitos estableci-

dos tras los atentados ocurridos en el 11 de septiembre en Estados Unidos. El CSN aprobó el nuevo modelo y emitió una instrucción técnica a cada central para que adaptase su plan de protección física a éste antes del diciembre de 2002.

El nuevo modelo incluye tres aspectos diferenciados pero integrados entre sí: la seguridad interior, los refuerzos externos y un plan de información preventiva. En su implantación están colaborando estrechamente el Ministerio de Economía, la Secretaría de Estado de Seguridad, el CSN y los titulares de las instalaciones actividades y materiales nucleares.

El modelo se está extrapolando al resto de las instalaciones nucleares y radiactivas con mayor riesgo, definiendo de forma específica las líneas de trabajo necesarias para garantizar que los sistemas de protección son adecuados para hacer frente a las amenazas que pudieran sufrir estas instalaciones y actividades.

El pasado mes de septiembre, técnicos de la Subdirección General de Emergencias participaron en el Congreso Internacional de Protección Física, organizado por la Universidad de Salzburgo, y en la reunión programada de revisión de la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares.

### Centro Minero de Saelices el Chico

La planta Quercus de fabricación de concentrado de uranio, emplazada en este centro, ha continuado sus actividades de explotación sin incidentes destacables.

El CSN informó favorablemente la revisión 5 del reglamento de funcionamiento, la revisión 4 del plan de emergencia, la revisión 4 del manual de protección radiológica, la revisión 4 de las especificaciones técnicas y una nueva exención de las especificaciones de funcionamiento del sistema de protección contra incendios.

Durante estos meses se ha realizado una inspección de control a la instalación.

La planta Elefante de fabricación de concentrado de uranio, emplazada en este centro, continúa sus actividades de desmantelamiento.

Durante estos meses se ha mantenido la colocación de las capas de protección contra la emisión radón en las eras de lixiviación extendidas. Se ha iniciado la colocación de la capa de protección contra la erosión.

El CSN informó favorablemente la revisión 1 del manual de protección radiológica, la revisión 2 del re-



Evolución de los trabajos de restauración de las eras de la planta Elefante en 2002. Arriba, en febrero, y abajo, en agosto.

## OTROS ACUERDOS DEL PLENO DEL CSN

### Estación sísmica en la Mina Beta

El Consejo ha acordado, en su reunión del 26 de septiembre, informar favorablemente la instalación de una estación sísmica en la Mina Beta, situada en el emplazamiento de la instalación nuclear de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de El Cabril, en la Sierra Albarrana (Córdoba). El Instituto Geográfico Nacional instalará esta estación dentro de la nueva red de vigilancia sísmica que se compone de 54 estaciones.

### Metodología para la desclasificación de materiales en Vandellós I

El Consejo ha acordado, el día 3 de julio, informar favorablemente la metodología de desclasificación de materiales de la estructura interna y del bardado de la nave del reactor y del edificio de combustible irradiado de la central nuclear de Vandellós I.

### Operaciones de desmantelamiento en el Ciemat

En su reunión del 26 de septiembre, el Consejo ha acordado apreciar favorablemente el reinicio de las operaciones de desmantelamiento de la instalación IN-03, Planta de desarrollo de elementos combustibles para reactores de investigación del Centro de

Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat). Esta actuación se encuadra dentro del denominado PIMIC (Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat).

### Normalización de la acería de Siderúrgica Sevillana

El Consejo, en su reunión del 17 de julio, ha acordado informar favorablemente la realización del Plan de Actuación impuesto para la recuperación de la acería de Siderúrgica Sevillana, en Alcalá de Guadaira (Sevilla), y declarar su normalización radiológica tras el incidente de fusión de una fuente de Cs-137, ocurrido el día 7 de diciembre de 2001.

### Proyecto de restauración y abandono de las minas de Saelices el Chico

El Consejo, el día 3 de julio, ha acordado informar de forma desfavorable sobre el proyecto de restauración y abandono de las explotaciones mineras de ENUSA Industrias Avanzadas en Saelices el Chico, como plan de restauración definitivo y de abandono de las explotaciones, pero de manera favorable como suspensión temporal de las labores mineras.

glamento de funcionamiento y la revisión 1 del plan de clausura.

Durante estos meses se ha realizado una inspección de control a la instalación.

Las minas de uranio emplazadas en este centro se encuentran paradas desde finales del año 1999.

En el mes de julio de 2002 el CSN informó favorablemente a la Junta de Castilla y León sobre el proyecto de restauración de estas minas de uranio, de acuerdo con la disposición transitoria primera del Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

### Central nuclear Vandellós I

El Plan de Desmantelamiento y Clausura de la Central Nuclear Vandellós I sigue su curso sin retrasos significativos de la programación inicialmente prevista. El grado de avance del proyecto ya es superior al 85 %, lo que permitirá finalizar la actual fase del programa de desmantelamiento de la instalación en la primera mitad del próximo año.

Durante estos meses ha finalizado el desmantelamiento de la estructura de la nave del reactor, dejando al descubierto la nueva protección de intemperie del

cajón del reactor, que será la parte visible desde el exterior de la instalación durante los próximos 25 años, periodo de latencia de la misma.

El Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 3 del estudio de seguridad y la revisión 2 e) de las especificaciones técnicas. Asimismo, el CSN apreció favorablemente la prueba de la metodología de desclasificación de los materiales de la estructura interna y del bardado de la nave del reactor y del edificio del combustible irradiado.

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

## ● INSTALACIONES RADIATIVAS

### Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas

En las reuniones celebradas entre el 1 de marzo y el 31 de agosto de 2002, el CSN ha adoptado las siguientes resoluciones relativas a instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas: 33 informes para au-

### **Transferencia a Enresa de polvo de humo de Acerinox**

En su reunión del 26 de junio, el Consejo ha acordado informar favorablemente la retirada, por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), de los materiales con actividad de Cs-137 por unidad de masa superior a 10 Bq/g, almacenados en la planta de la empresa Acerinox, en Los Barrios (Cádiz).

### **Proyecto de desclasificación de resinas y carbón activo**

El Consejo ha acordado, el 19 de junio, apreciar favorablemente los siguientes proyectos comunes CSN-Unesa: desclasificación de resinas de intercambio iónico gastadas y desclasificación de carbón activo, de aplicación a todas las centrales nucleares españolas.

### **Refuerzo de las inspecciones de los rayos X médicos**

El Consejo, en su reunión del día 12 de junio, ha acordado un plan de acción para el refuerzo de la inspección y control de las instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico que se incluirá en el Nuevo Plan de Acción de la Función Inspectora del CSN.

torizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones; 123 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas; 18 informes para declaración de clausura; 3 informes para la autorización de retirada de material radiactivo; 16 informes para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico; 3 informes de autorizaciones de servicios y unidades técnicas de protección radiológica; 4 informes relativos a aprobación de tipo de aparatos radiactivos; y 3 homologaciones de cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal.

### **Acciones coercitivas adoptadas sobre instalaciones radiactivas**

En el periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 31 de agosto de 2002, el CSN ha remitido apercibimientos a instalaciones radiactivas, con la siguiente distribución: 7 a instalaciones médicas, 11 a instalaciones industriales, 14 a instalaciones de investigación y docencia, 2 a instalaciones comercializadas, 4 a instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico, 2 a servicios de dosimetría personal

externa y 3 a servicios o unidades técnicas de protección radiológica.

Adicionalmente se ha remitido apercibimiento a 49 servicios y 41 unidades de protección radiológica autorizados, por no haber procedido a la revisión de sus manuales de protección radiológica para adaptarlos al Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, de acuerdo con lo requerido en la disposición transitoria segunda del Real Decreto 783/2001, por el que se aprobó dicho reglamento.

El CSN ha impuesto multas coercitivas a dos instalaciones radiactivas, una de uso industrial y otra dedicada a la investigación, por no realizar en el plazo establecido las acciones correctoras requeridas en sendos apercibimientos.

Asimismo, el CSN ha propuesto la apertura de 7 expedientes sancionadores a instalaciones radiactivas de uso industrial, seis de ellas dedicadas al campo de aplicación de medida de densidad y humedad de suelos y una dedicada al campo de la gammagrafía industrial. En uno de los casos la propuesta fue acompañada de suspensión temporal de funcionamiento por razones de seguridad.

También se ha propuesto la apertura de un expediente sancionador a una entidad que estaba prestando servicio de dosimetría personal externa sin contar con la correspondiente autorización del CSN. Simultáneamente se propuso al Ejecutivo el precintado del equipo de lectura utilizado por esa entidad.

### **Inspección de instalaciones de rayos X para radiodiagnóstico médico**

El CSN ha aprobado para su ejecución un plan para el refuerzo de su actuación inspectora en el ámbito de las instalaciones de rayos X con fines de radiodiagnóstico médico. Estas instalaciones, aunque entran dentro de la definición de instalaciones radiactivas, se regulan específicamente mediante el Real Decreto 1891/1991, sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

En el proceso de declaración y en las previsiones para el control del funcionamiento de estas instalaciones, tienen un importante papel las entidades que les prestan servicio en materia de protección radiológica.

El plan, que prevé un importante aumento de las inspecciones realizadas por el CSN a las instalaciones de radiodiagnóstico médico, tiene el doble objetivo de comprobar que éstas operan adecuadamente, de acuerdo con la normativa vigente, y de verificar que las entidades que les prestan servicio lo hacen de forma consistente con el papel que tienen asignado para garantizar el funcionamiento seguro de las instalaciones. En relación con ese segundo objetivo, las actuaciones previstas en el plan vienen a complementar las actuaciones de control e inspección que el CSN realiza directamente sobre las entidades de servicios.

# Noticias breves

● Consejo de Seguridad Nuclear ● Internacional ●

## ► CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

### Curso sobre gestión de instalaciones radiactivas médicas e industriales



María-Teresa Estevan, en el curso de El Escorial.

Del 26 al 30 de agosto, por iniciativa del Consejo de Seguridad Nuclear, se celebró el curso *Gestión de instalaciones radiactivas médicas e industriales*, dentro del programa de cursos de verano organizados por la Universidad Complutense de Madrid en El Escorial. El objetivo del curso era el fomento de la cultura de seguridad en las instalaciones radiactivas y la protección radiológica, un aspecto estratégico para el Consejo.

En España, a finales del año 2001, había 1.308 instalaciones radiactivas de uso médico y 20.208 instalaciones con equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico, en las que trabajaban más de 77.000 personas, controladas dosimétricamente. Otros aspectos característicos de estas instalaciones son su gran dispersión por todo el territorio nacional, la proximidad a la población y el incremento que estas actividades están experimentando, gracias a los nuevos desarrollos tecnológicos.

Sin embargo, el uso de estos materiales radiactivos conlleva un riesgo que debe ser controlado para evitar daños a la población y al medio ambiente. Por ello, en el curso se pasó revista a todos los aspectos relacionados con su gestión, desde las últimas tecnológicas aplicables al radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear e industria, hasta la protección radiológica de los trabajadores, pacientes y público en general, además de otros aspectos relevantes.

### Mejora de la protección física del material nuclear

La protección física del material nuclear y las instalaciones nucleares es imprescindible para limitar los riesgos de robo, movimiento no autorizado de material nuclear o daños intencionados a instalaciones nucleares. Se trata de una cuestión que presenta implicaciones tanto nacionales como internacionales, y aunque la responsabilidad de establecer y mantener operativa una organización de protección física nacional recae exclusivamente en cada Estado, es evidente la necesidad de cooperación internacional, especialmente en situaciones en las que la efectividad está directamente relacionada con las medidas de protección adoptadas por otros países.

La implementación de un sistema nacional de protección física comprende aspectos legales, organizativos y técnicos que en cada país puede tener como base diversas regulaciones. En el caso de España, el texto base que define el marco legislativo es el Real Decreto 158/95, que a su vez se basa en la Convención de Protección Física de los Materiales Nucleares, que fue ratificada por España en septiembre de 1991.

El CSN ha asistido al proceso iniciado en noviembre de 1999, cuando el OIEA convocó una serie de reuniones de expertos en las que se debía dilucidar sobre la necesidad de revisar la Convención de Protección Física de Materiales Nucleares. En mayo de 2001, el grupo de expertos concluyó que existía una clara necesidad de revisar el régimen internacional de protección física y que, para ello, entre otras acciones, habría que elaborar una enmienda de Convención bien definida que fortaleciese la Convención ya existente y por tanto la protección física de los materiales nucleares.

En base a esta premisa, el OIEA ha convocado a un nuevo grupo de expertos para que lleve a cabo la elaboración de un proyecto de enmienda de la Convención. Hasta el momento se han celebrado cuatro reuniones en Viena, las últimas de las cuales han tenido lugar en los meses de junio y septiembre. El objetivo es alcanzar una enmienda equilibrada que, por una parte, refuerce el régimen de protección física internacional y, por otra, reciba el mayor apoyo posible.

También en el mes de septiembre, y como se reseñó en la sección de Actualidad, el CSN participó en la Conferencia Internacional sobre Protección Física, llevada a cabo en Salzburgo (Austria), organizada por la Universidad de Salzburgo en colaboración con la Comisión Europea, el Lawrence Livermore National Laboratory

(EEUU), el European Forum de la Universidad de Stanford (EEUU) y el Instituto Austríaco de Seguridad.

Por otro lado, el CSN participa en las reuniones periódicas del Grupo de los siete países nucleares europeos (Alemania, Bélgica, España, Francia, Suecia, Suiza y Reino Unido), en los que se ponen en común aspectos organizativos y técnicos de la protección física del material nuclear.

### Gestión del carbón activo desechado en plantas nucleares

El Consejo de Seguridad Nuclear ha apreciado favorablemente un proyecto de desclasificación de carbón activo que se genera en las centrales nucleares, como residuo con muy débil actividad radiactiva, fijando límites de actividad para dicha desclasificación como residuos radiactivos.

La ventilación de los diversos recintos en las centrales nucleares del tipo PWR y BWR puede contener elementos radiactivos como yodo gaseoso en forma elemental o formando compuestos orgánicos, gases nobles y trazas de partículas en suspensión. Para mantener los niveles de estos gases dentro de los límites establecidos en los efluentes gaseosos que se vierten al exterior, se usan filtros de carbón activo vegetal de gran pureza, con un impregnante que retiene estos radionucleidos.

Los filtros de carbón activo se sitúan en la cadena de filtración, tras los filtros de alta eficacia, en las zonas de la central donde se generan mayores aportes gaseosos. Con el tiempo estos filtros de carbón activo pierden eficacia y deben ser reemplazados, extrayendo el carbón activo de los equipos, que se almacena sin inmovilizar en bidones de 220 litros. Según la información suministrada por Unesa, hay en la actualidad 76 toneladas (108,84 m<sup>3</sup>) de carbón activo de muy baja actividad almacenado en las centrales nucleares españolas, y la tasa de generación anual entre todas las plantas se cifra entre 7 y 9 toneladas.

Según las características y tipo de estos residuos pueden tratarse de cuatro formas: como residuo peligroso con destino a un depósito de seguridad; como residuo inerte con destino a un vertedero controlado de residuos inertes; como residuo valorizable, siendo quemado en una planta cementera u otra instalación semejante e incorporando las cenizas y escorias al proceso de fabricación del clinker; y como residuo valorizable, siendo quemado en una central térmica de carbón con la incorporación de las cenizas volantes al proceso de fabricación del clinker en una cementera y depositando las escorias en un depósito de seguridad. Estos son los criterios que se siguen en los países de la Unión Europea.

### Informe sobre estrategia del CSN en materia de I+D

El CSN ha redactado un nuevo Informe sobre la Estrategia de Investigación y Desarrollo, que orientará las actividades de este organismo en la materia

para el periodo 2002 a 2006. El informe parte de la consideración de la I+D como un elemento esencial para apoyar la independencia y calidad técnica del organismo, y establece 10 programas de I+D correspondientes al combustible, la barrera de presión del primario, la contención y accidentes severos, los análisis probabilísticos de seguridad, la protección radiológica de las personas y del medio ambiente, el combustible gastado, los estudios sociológicos relacionados con la energía nuclear y los proyectos de centrales avanzadas.

### Proyectos de I+D del CSN finalizados en el 2001

Durante este año 2001 se han llevado a cabo los siguientes proyectos de I+D por parte del CSN:

- Mejora de las herramientas de simulación para apoyo a la gestión de accidentes severos.

- Fallo del fondo de la vasija de presión de un reactor nuclear.

- Obtención de una metodología para la aplicación de la instrumentación digital en centrales nucleares.

- Desarrollo y aplicación de técnicas de juicio de expertos al análisis de ubicación de recombinadores de hidrógeno.

- Metodología de evaluación del fallo de la contención en centrales PWR por combustión de hidrógeno, aplicada al estudio del APS-Nivel II.

- Análisis y modelado de errores humanos de comisión en los APS de las centrales nucleares

- Realización de análisis coste-beneficio en APS.

- Aplicación de APS a otras fuentes de riesgo en centrales nucleares.

- Modelización de procesos de transporte reactivo de radionucleidos en medios naturales (proyecto PETRA).

- Evaluación de la seguridad del almacenamiento en superficie de residuos radiactivos de media y baja actividad (COND 17).

- Caracterización de materiales metálicos de desecho con actividad despreciable, susceptibles de desclasificación.

- Evaluación de las dosis de radiación natural recibidas por la población en el entorno de las centrales nucleares españolas. Estudio específico de Campo Arañuelo (Cáceres).

- Estudio de la transferencia de radiactividad a hongos. Interacciones y consecuencias / 2ª fase.

- Cuantificación de efectos biológicos producidos por radiaciones ionizantes (estandarización de la técnica FISH para su aplicación en dosimetría biológica retrospectiva).

- Desarrollo de una nueva técnica para la detección y evaluación *in situ* de roturas radioinducidas a nivel de secuencias específicas del ADN.

- Desarrollo y adaptación del nuevo modelo gastrointestinal para la determinación de dosis internas.

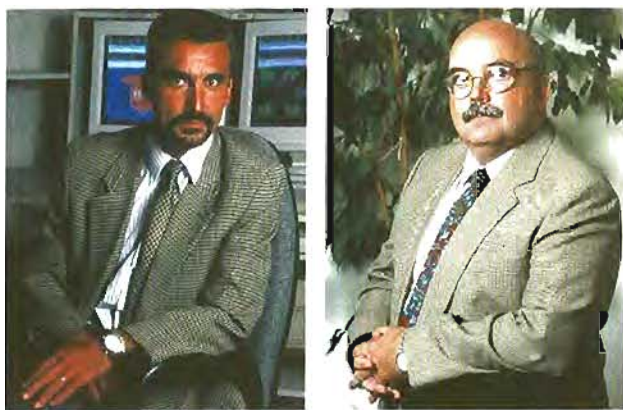
## Desclasificación de residuos en plantas nucleares

El Consejo de Seguridad Nuclear ha apreciado favorablemente un proyecto de desclasificación de resinas de intercambio iónico procedentes de centrales nucleares en el que se fijan los niveles de actividad para su desclasificación. Se trata de resinas de intercambio iónico gastadas, con bajos niveles de actividad, que se originan principalmente en las centrales con reactores del tipo PWR, aunque una pequeña parte se genera también en las del tipo BWR. Según la información suministrada por Unesa existe en la actualidad un volumen de 18,65 m<sup>3</sup> de resinas de muy baja actividad almacenadas en las centrales nucleares españolas y la tasa de generación anual es de unos 2,22 m<sup>3</sup>.

Según las características y tipificación de los residuos, las alternativas de gestión consideradas son: como residuo peligroso, con evacuación directa en depósitos de seguridad; como residuo no peligroso, si superan las pruebas y, una vez superadas, tratamiento como un residuo inerte, enviándolo a un vertedero controlado de inertes; y la incineración en una planta de tratamiento de residuos peligrosos y envío posterior de las escorias y cenizas resultantes a un depósito de seguridad.

La tercera posibilidad ha sido adoptada, considerando que en Cataluña la práctica habitual es la incineración de las resinas y el envío posterior de las escorias y cenizas a un depósito controlado de residuos procedentes de plantas de incineración.

## Nombramientos en el CSN



Juan Carlos Lentijo y Eugenio Gil.

El Consejo, en su reunión del 17 de julio, acordó nombrar a Juan Carlos Lentijo subdirector general de Protección Radiológica Ambiental y a Eugenio Gil subdirector general de Emergencias.

Juan Carlos Lentijo es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Tras una etapa profesional en Empresarios Agrupados, ingresó en 1984 en CSN como funcionario de carrera del Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica. En el CSN ha ocupado, entre otros cargos, los de inspector residente en la central de Cofrentes, jefe del Grupo Ra-

diológico del Plan Provincial de Emergencia Nuclear de Valencia. En el momento de su nombramiento ocupaba la subdirección general de Emergencias.

Eugenio Gil es doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid y diplomado en Ingeniería Nuclear por el Instituto de Estudios Nucleares de la JEN, organismo donde inició su actividad profesional. En el CSN ha ocupado varios cargos de responsabilidad relacionados con la protección radiológica ocupacional y ambiental, la puesta en marcha de las centrales nucleares, la gestión de los residuos radiactivos, la planificación y respuesta ante emergencias y, recientemente, la protección física. En el momento de su nombramiento ocupaba la subdirección general de Protección Radiológica Ambiental.

## Acuerdo de cooperación entre el CSN y el NRPB

El día 22 de marzo tuvo lugar en Harwell, Reino Unido, una reunión entre representantes del Consejo de Seguridad Nuclear y del National Radiation Protection Board (NRPB) en la que se trataron temas técnicos sobre protección radiológica de interés para ambos organismos.

En el transcurso de la reunión se acordó la renovación por un periodo de cinco años del acuerdo existente entre ambas instituciones para intercambio de información y colaboración en materia de protección radiológica.

## INTERNACIONAL

### 46ª Conferencia General del OIEA

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) es el principal foro gubernamental internacional del mundo para la cooperación técnica y científica en la utilización de la tecnología nuclear con fines pacíficos. Establecido como organización autónoma de las Naciones Unidas en 1957, el OIEA representa la culminación de los esfuerzos internacionales en el control y desarrollo de la energía atómica de uso pacífico, abarcando una amplia gama de servicios, programas y actividades basados en las necesidades de sus, hoy día, 133 Estados miembros.

La Conferencia General del OIEA, en la que participan por todos sus Estados miembros, se reúne una vez al año para examinar, entre otros asuntos, el informe de la Junta de Gobernadores correspondiente al año anterior, aprobar las cuentas del ejercicio anterior, el programa de trabajo y el presupuesto del ejercicio siguiente y aprobar las eventuales solicitudes de ingreso. Está facultada para solicitar informes de la junta sobre todo tipo de asuntos relacionados con las funciones del organismo. Durante esta su 46ª reunión ordinaria anual, que en esta ocasión ha tenido lugar del 16 al 20 de septiembre de 2002, la Conferencia reali-



De izquierda a derecha, Lucila Izquierdo, Carmen Becerril y María-Teresa Estevan, en la Conferencia General del OIEA.

zó un extenso debate general sobre el programa y las políticas del OIEA y examinó una diversidad de temas que la junta, el director general o algún Estado miembro eleven a su consideración.

La delegación española, presidida por el embajador representante permanente ante los Organismos Internacionales, Antonio Núñez García-Saúco, y de la que formaban parte María Teresa Estevan, presidenta CSN, Carmen Becerril, directora general de Política Energética y Minas, Lucila Izquierdo, secretaria general de Relaciones Externas e Institucionales del Ciemat, y un nutrido grupo de altos funcionarios de los tres organismos citados, presentó su informe anual. En dicho informe se resaltaban, entre otras muchos temas, el apoyo nacional a las propuestas de directivas de la Comisión Europa sobre Seguridad Nuclear en la Unión Europea ampliada y a la colaboración mutua entre el OIEA y la Comisión en este importante tema, el apoyo a las medidas internacionales contra el terrorismo y la presentación de la oferta española para acoger el Proyecto Internacional de Reactor de Fusión, ITER.

### Estados Unidos aprueba el proyecto de Yucca Mountain

En los últimos años, Estados Unidos ha invertido unos 5.000 millones de euros en el proyecto de construcción de un almacenamiento geológico profundo (AGP) para los residuos nucleares de alta actividad. La mayor parte de esa inversión corresponde a las investigaciones necesarias para la instalación de Yucca Mountain, una instalación a 300 metros de profundidad, con capacidad para 77.000 toneladas de combustible gastado, ampliables hasta 120.000.

El presidente Bush aceptó el proyecto y lo remitió al Congreso para su aprobación. Después de ser aceptado por la Cámara de Representantes, en mayo de este año, el proyecto pasó al Senado, donde el pasado 9 de julio fue aprobado sin necesidad de llegar a una votación final. Los trabajos durante los próximos dos años se centrarán en la preparación de la solicitud de licencia que debe aprobar la Nuclear Regulatory Commission (NRC).

### Finlandia ya tiene emplazamiento

El Parlamento finlandés aprobó, el 24 de mayo por 107 votos favorables de un total de 199 posibles, la construcción de un centro de almacenamiento de residuos nucleares de alta actividad, convirtiéndose en el primer país europeo que autoriza el enterramiento permanente de su combustible nuclear usado. Los trabajos comenzarán en 2010, y el centro, situado a 200 kilómetros de Helsinki, estará operativo en 2020.

La situación del sector nuclear de Finlandia no es diferente a la de otros países de la Unión Europea. Sí lo es, en cambio, la noción de riesgo de la población que, tras sucesivas campañas de información por parte del Gobierno, ha adquirido los conocimientos suficientes para obtener una visión más objetiva de lo nuclear y se muestra más propicia al debate público. El país es completamente plano, por lo que no dispone, como sus vecinos suecos o noruegos, de energía hidráulica. Dispone de dos centrales nucleares con dos reactores cada una, que generan el 27% de la electricidad del país. Sin embargo, este porcentaje se verá modificado por la construcción de una nueva central.

### Suecia, camino del AGP

El proceso de búsqueda de una ubicación para el almacenamiento geológico profundo (AGP) del combustible nuclear gastado en Suecia, que no será definitivo hasta el año 2007, se inició en los años setenta y ochenta con la recopilación de la información de antecedentes sobre perforaciones en suelos de diferente lecho, estudios regionales, etcétera. Tras estos estudios, se confeccionó un mapa que mostraba las áreas apropiadas para un estudio adicional. Llegando a la conclusión de que más del 80% de los municipios tenían un suelo adecuado para esta finalidad.

SKB, la empresa sueca encargada del tratamiento de residuos nucleares, estableció a continuación los principios en los que se basaría el proceso de búsqueda. Por un lado, el de implementación paso a paso, lo que significa que los pasos hacia una decisión final sobre la ubicación se definirían bien, no emprendiendo más de una actividad a la vez (estudio de viabilidad, investigaciones sobre el terreno, investigaciones en profundidad en localizaciones concretas). Por otro, el principio de participación voluntaria, que recoge la necesidad de establecer la voluntariedad de los municipios en la participación en el proceso. Este principio, ampliamente aceptado por todas las partes involucradas en el proceso (municipios, Gobierno, autoridades, población), se ha ejercido un par de veces durante el estudio de viabilidad, por ejemplo en Malå y Storuman, en la parte norte del país, donde se decidió retirarse del proceso de selección mediante referéndum.

Entre 1992 y 1990 se llevó a cabo el estudio de viabilidad, que consistió principalmente en estudios del material existente (planimetría geológica, infraestructura, aspectos sociales, etcétera), sin realizar per-

foraciones. En esta fase participaron ocho municipios, dos de los cuales, Malå y Storuman, como se ha señalado, decidieron retirarse de forma temprana, y en diciembre de 2000, SKB sugirió tres localizaciones posibles, Osthämmar, Oskarshamn y Tierp, para realizar un estudio adicional sobre el terreno. Los dos primeros municipios ya han dado su visto bueno, mientras que el tercero, Tierp, tomará una decisión a finales de abril.

La tercera fase, de investigación sobre el terreno, consiste en la realización de perforaciones profundas y otras actividades, y comenzarán ahora para continuar durante los próximos cinco o seis años. Después, se hará la selección del lugar adecuado hacia 2007, a partir de los datos obtenidos durante la investigación sobre el terreno, y el gobierno podría tomar su decisión definitiva alrededor de 2009.

SKB basará sus trabajos en la investigación científica dentro de las muchas áreas de interés: la prueba y desarrollo adicional del concepto KBS-3, la prueba científica geoextensiva y los nuevos desafíos tecnológicos que se vinculan al proceso, como la soldadura de los contenedores de cobre en los que se almacenará el combustible gastado. Para este fin la SKB tiene dos laboratorios, ambos ubicados en la ciudad de Oskarshamn, el Laboratorio de Contenedores, donde se lleva a cabo la prueba del futuro proceso de manejo de los mismos, y el Laboratorio de Roca Dura, con una extensión de 3.6 kilómetros de largo y 460 de profundidad, donde se llevarán a cabo las pruebas del método KBS-3.

En lo que concierne a requerimientos sobre el lugar a seleccionar, se han establecido tres de aspectos a considerar. Por una parte, la calidad y requerimientos de seguridad del suelo, establecidos por el regulador sueco SKI y la autoridad sueca de protección radiológica, el SSI. Por otro, los aspectos de infraestructura, como la proximidad de establecimientos industriales o la disponibilidad de personal competente. Y por último, los aspectos sociales, ya que el proyecto debe tener apoyo desde la comunidad local.

## 20 Aniversario del Programa Tacis

Del 10 al 12 de julio tuvo lugar en Kiev, Ucrania, la celebración del Programa de Asistencia de la Unión Europea a los Nuevos Estados Independientes (países de la antigua Unión Soviética). Tacis. Acudieron a la reunión 230 participantes de 13 países.

Los representantes de los países beneficiarios (Federación Rusa, Ucrania, Kazajistán y Armenia) realizaron presentaciones sobre los programas de ayuda que se han materializado en sus países y las actividades propuestas para el futuro. Las sesiones se dividieron en tres grandes grupos: asistencia al organismo regulador, mejoras en las instalaciones nucleares y gestión de residuos y desmantelamiento.

El presidente del organismo regulador ucraniano manifestó su satisfacción por la ayuda recibida desde

España, en concreto por parte de las empresas de ingeniería en los planes de mejora de sus instalaciones, y el apoyo del CSN para llevar a cabo distintos planes de mejora en los procedimientos y en el marco legal del organismo regulador ucraniano.

## Reunión del comité internacional para la mejora del sarcófago de Chernóbil

Anualmente se celebra en Kiev la reunión del Comité Asesor Internacional de Organismos Reguladores para la Mejora del Sarcófago de Chernóbil (ICCRB), cuyo objetivo es asesorar al organismo regulador ucraniano (SNRCU) para el licenciamiento de todas las actividades relacionadas con la construcción del sarcófago para la unidad 4 de la central nuclear de Chernóbil.

El comité, que está compuesto por representantes de los organismos reguladores de Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Finlandia, Italia, Reino Unido, Suecia y España, se reúne con todas las instituciones y grupos involucrados en el proceso de licenciamiento, proyecto, financiación y ejecución de los trabajos para la construcción del sarcófago. La cantidad de organizaciones implicadas (organismos reguladores, asistentes a los reguladores, empresas de ingeniería, consultores, grupos financieros, etcétera) dificulta la marcha de los trabajos por la complejidad de sus relaciones y la burocracia necesaria.

El CCIR presentó un informe al SNRCU en el que se definen unas líneas para mejorar el proceso de licenciamiento y agilizar los procesos administrativos. La próxima reunión tendrá lugar en Kiev en el verano de 2003.

## Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica Ocupacional

Los días 26 a 30 de agosto de 2002 tuvo lugar en Ginebra, Suiza, la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica Ocupacional: protección de los trabajadores contra la exposición a radiaciones ionizantes. La conferencia estuvo organizada por el Organismo Internacional de la Energía Atómica de Naciones Unidas, en colaboración con la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud, la Comisión Europea y la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE.

En las conclusiones generales de la conferencia se indica que la exposición de los trabajadores en las aplicaciones médicas se encuentra, en general, bien controlada. No obstante, existen nuevas áreas, especialmente la radiología intervencionista, en las cuales se reciben exposiciones muy elevadas. El control y la reducción de estas exposiciones requiere un esfuerzo continuado en la formación e información de los profesionales médicos involucrados. La participación de los especialistas en física médica en la implantación de programas de optimización se considera muy recomendable. ☺

## Resúmenes

(Page 2)

### Nuclear fission, the energy of the future

● J.M. Martínez-Val, J.A. Fernández and P.T. León

The design of new-generation nuclear power stations incorporates approaches and control systems which significantly reduce risk and waste generation, while enhancing an installation's performance. This article reviews current programs involving the world's advanced reactors, and other future systems such as rapid reproduction reactors, or those operating in sub-critical conditions as energy amplifier.

(Page 20)

### Administrative penalty procedures

● A. Morales

Penalty law is the subject of a widespread debate as part of Spanish doctrine and, within the legal field itself, there is a conflict between two main objectives: respect for the guarantees of citizens' rights, and the effectiveness of the penalty system. The article deals in depth with these aspects, with particular reference to the fields of nuclear security and radiological protection.

(Page 30)

### The ITER-Vandellós project

● J. Dies, J.M. Fontdecaba, J. Izquierdo, G. Cortés, J. García and F. Albajar

Spain has offered Vandellós as the site of the International Thermonuclear Experimental Reactor, the world's most important R&D project in the field of fusion. Canada, France and Japan are competing with this country to attract a project which will bring investments of nearly four billion euros, in addition to the presence of nearly 2000 scientists working on the site. ITER-Vandellós is seen as an extraordinary opportunity to promote R&D in this country's nuclear sector.

(Page 38)

### Euratom VI Framework Research and Training Program

● A. Hernández, M. Brincones and J.L. Butragueño

Under the Euratom Treaty, research is implemented in the EU through multi-annual research programs called framework programs. Last June, the European Council approved the Sixth Euratom Framework Program (2002-2006), drawn up in consultation with specialists from the Nuclear Security Council. The new program

introduces important novelties, its main objective being to contribute to the creation of the European Research Space.

(Page 46)

### IAEA activities in the fields of radiological security and radioactive wastes

The Director of the IAEA's Radiological Security and Radioactive Wastes Division, Dr. Abel González, visited NSC headquarters last June 13. While there, he had discussions with the President and Directors, and held a technical meeting with the organisation's officers. As part of the annual cycle of lectures organised by the NSC, he gave an address to those working in the organisation and to the general public describing the IAEA's activities in the fields of radiological security and radioactive wastes. The following is a summary of his lecture.

(Page 50)

### Albert Einstein (1879-1955)

Einstein is among the most famed of scientists, and was a key in the nuclear field. Albert Einstein was born on March 14 1879 in Ulm (Germany) of Jewish parents. He won the Nobel Prize in 1921, though not for the relativity theories but for his work on photoelectric effect.

## 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. El responsable del tratamiento del fichero es el secretario general de este ente público. 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.

