

Revista del CSN / Año II / Número 5  
IV Trimestre 1997

# Seguridad Nuclear



**Principios de la seguridad nuclear  
y vocablos para su definición**

**Ética de la investigación  
y el desarrollo**

**La Agencia de Energía Nuclear  
de la OCDE**

**El futuro energético  
en la Unión Europea**

**ENSA, una empresa nuclear  
en un mercado cambiante**

**Seguridad Nuclear**

Revista del CSN  
Año II / Número 5  
IV Trimestre 1997

**Director**

Rafael Caro

**Comité de redacción**

Agustín Alonso, José A. Azuara, Aníbal Martín, Juan M. Kindelán, Carmen Martínez Ten, Luis del Val

**Secretaria de redacción**

Fátima Rojas

**Noticias**

**Directora**

Matilde Ropero

**Comité**

A. Esteban Naudín, G. López Ortíz, Javier Reig, M. Rodríguez Martí, M. F. Sánchez Ojanguren, M. A. Villar Castejón.

**Consejo de Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11  
28040 Madrid  
Tf. 346 02 00  
Fax. 346 06 66

**Diseño y maquetación**

ACK Comunicación  
Avenida de Burgos, 48. 3ºE  
28036 Madrid  
Tf. 383 28 33  
Fax. 383 29 01

**Impresión**

Gráficas Caro  
Gamonal, 2  
28031 Madrid

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M. 31.281-1996

Portada: Composición#0997.  
José María Cerezo / ACK Comunicación

Los autores asumen la total responsabilidad de los trabajos que firman. El CSN al publicarlos no pretende expresar su acuerdo con ellos.

1 Editorial

2 Principios de la seguridad nuclear y vocablos para su definición  
● Agustín Alonso

9 Ética de la investigación y el desarrollo  
● Emilio Muñoz

16 La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE: pasado, presente y futuro  
● José E. de Carlos

24 El futuro energético en la Unión Europea  
● Carlos Robles

31 Equipos Nucleares S.A., una empresa nuclear en un mercado cambiante  
● Juan Luis Ruiz

38 Noticias

38 Consejo de Seguridad Nuclear / 40 Información general / 41 Centrales nucleares / 42 Ciclo del combustible y gestión de residuos / 42 Protección radiológica y medio ambiente / 42 Tecnología / 43 Cursos y seminarios / 44 Publicaciones

45 Resúmenes

# Editorial

**U**na de las prioridades del Consejo de Seguridad Nuclear es el incremento de las actividades de investigación y desarrollo que el organismo fomenta, relacionadas con la seguridad nuclear y la protección frente a las radiaciones.

En línea con esa preocupación, a finales del pasado mes de septiembre el Consejo firmó un acuerdo de investigación con Unesa, la asociación de las principales empresas eléctricas españolas, para el desarrollo de proyectos que permitan tanto ampliar conocimientos como acceder a métodos y herramientas que conduzcan a la máxima reducción de riesgos y que optimicen las funciones de control y los índices de seguridad de las instalaciones.

El desarrollo tecnológico, que resulta esencial en sectores estratégicos como el de la energía, es un factor clave en un campo como el nuclear si se pretende mantener la calidad y la seguridad en el nuevo contexto liberalizador. Nos asomamos a un cambio importante que, de alguna manera, determinará el futuro energético en Europa. Reflexiones sobre ese futuro nos las proporciona en este número de la revista el europarlamentario Carlos Robles Piquer, quien ofrece su perspectiva sobre la política energética de la Unión en los años venideros.

Dentro del contexto internacional, publicamos un artículo sobre la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, con motivo del nombramiento de un español, Luis Echávarri, antiguo consejero del CSN, como su director general; este organismo, en sus 40 años de historia, ha representado un papel fundamental en el ámbito nucleoelectrónico mundial.

La importancia de las palabras y de su significado para comprender los principios básicos de la seguridad nuclear, la figura de los científicos en una sociedad en permanente cambio y las actividades de la empresa Ensa, completan el contenido de *Seguridad Nuclear*, que entra con este número en su segundo año de existencia.

# Principios de la seguridad nuclear y vocablos para su definición

Los principios en los que se basa la seguridad nuclear pueden ser formulados con precisión y, sin embargo, los vocablos y expresiones utilizados determinan a menudo la percepción pública de lo que

se quiere comunicar. El autor de este artículo reflexiona sobre el significado de las palabras, que deben ser explicadas adecuadamente para lograr eficacia y claridad en la transmisión del mensaje.

## 1. Proemio

Cada arte e industria dispone de vocablos, locuciones y expresiones propias; incluso en actividades modernas los vocablos y frases utilizados son con frecuencia antiguos, aunque las acepciones de las palabras puedan ser novedosas; en otras ocasiones se prefieren neologismos y barbarismos no siempre justificados. Existen ciencias muy precisas, tales como la matemática, donde el lector interpreta el texto como el autor, mientras que en otras actividades, tales como la jurisprudencia, la interpretación del código es motivo de discusión. En poesía o música las sensaciones y percepciones que experimenta cada lector u oyente son probablemente distintas entre sí y diferentes de la intención del autor.

La seguridad nuclear se ha venido desarrollando a lo largo del siglo XX en paralelo con el conocimiento del núcleo atómico y la

puesta en práctica de las aplicaciones que se basan en sus peculiaridades. En el momento actual la seguridad nuclear se ha consolidado en unos cuantos principios básicos que pueden definirse con precisión<sup>1</sup>. Sin embargo, al formular tales definiciones se han de utilizar vocablos y expresiones cuyas acepciones o significados han de ser previamente explicados con el objetivo de no inducir a la confusión. La percepción pública de lo nuclear, incluyendo la seguridad, es hoy día muy distinta de la que mantienen los expertos. A estas diferencias contribuyen de forma notable la mala utilización de las palabras o la insuficiente explicación de su significado.

El académico Fernando Lázaro Carreter, en el prólogo de un apreciado libro de publicación reciente, afirma: “*No suele tenerse en*

*cuenta que el idioma bien empleado es bien entendido y apreciado por las personas poco instruidas, mientras que las rarezas y las extravagancias, aunque no sean percibidas por esas personas, estreñecen a quien sí posee alguna instrucción*”<sup>2</sup>. En esta disertación, queremos poner de manifiesto que las expresiones orales o escritas que definen los principios de la seguridad nuclear determinan las percepciones del que lee o escucha y facilitan –o dificultan– la transmisión del entendimiento de lo que se quiere comunicar.

## 2. La relatividad del concepto ‘seguridad nuclear’

La *seguridad*, del latín *securitas*, es un concepto muy antiguo que tiene acepciones bien conocidas dentro de las finanzas, la política y la administración pública y más recientemente en la técnica. El adjetivo *nuclear* es más moderno; aun-

\* Doctor en Ciencias Físicas e Ingeniero Industrial, catedrático de Tecnología Nuclear, es Consejero del CSN desde 1994.

<sup>1</sup> El Organismo Internacional de Energía Atómica ha recopilado tales principios en el documento en revisión *Principios básicos de seguridad para centrales nucleares*, INSAG-3 (1989).

<sup>2</sup> Fernando Lázaro Carreter. *El dardo en la palabra*. Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores. Barcelona, 1997.



que pueda ser sinónimo de *central*, *básico* o *trascendente*, su acepción más genuina está ligada al núcleo de los átomos. De momento, no debería haber ambigüedad en lo que significa la expresión *seguridad nuclear*, que podría definirse como *la condición o cualidad de segura de cualquier actividad o aplicación relacionada con los núcleos de los átomos*.

El adjetivo *seguro(a)* que aparece en la definición tiene, a su vez, muchas facetas y acepciones. Deriva del latín *securus*, que significa *sin cuidado* o *sin peligro*, que a su vez procede de *cura* o *cuidado*. En su sentido más antiguo y usual, cuando se utiliza como adjetivo, el vocablo confiere la idea de certeza, estabilidad y confianza absolutas; en la mente de la mayor parte de las personas una actividad segura es aquella que se lleva a cabo sin temor de que se desvíe de lo previsto.

Pero *seguro* es también un nombre que comienza a utilizarse a mediados del siglo XVIII con carácter comercial con el significado de contrato, por el que una

parte resarce a la otra de los daños o perjuicios que se hubieran podido producir en una actividad dada. El que resarce obtiene el beneficio de la prima, que cobra en todo caso. De esta forma el vocablo seguro comienza a perder su significado absoluto y se hace relativo, en el sentido de que se reconoce que no se puede garantizar siempre la ausencia de daño. Más tardíamente, posiblemente con la aparición de las armas de fuego y su utilización en cacerías y duelos, aparece la acepción tecnológica y recibe el nombre de seguro *todo mecanismo que impide el funcionamiento indeseado de cualquier aparato*, al mismo tiempo que se reconoce que *el seguro* puede a veces fallar y producirse el daño. Esta evolución histórica y gramatical del concepto *seguro* repercute igualmente en el término *seguridad*, en el sentido de que ésta no tiene por qué ser sólo absoluta, puede ser elevada o pequeña, mayor o menor que una referencia previamente fijada o comparada de forma favorable o

desfavorable con la seguridad de otra actividad o industria.

### 3. El concepto e importancia del riesgo

Las consideraciones anteriores han llevado a los expertos a tratar de cuantificar la seguridad, en lo que han encontrado serias dificultades, que finalmente han resuelto utilizando el concepto de *riesgo*, complementario de *seguridad*, que suele definirse como *la cualidad de lo incierto* y también como *la proximidad de un daño*. Esta definición da las bases para *medir* o estimar el riesgo. *Riesgo* es un vocablo de origen incierto, que aparece en la Edad Media y podría derivar del latín *re-secare*, cortar, y de aquí lugar cortado o *riesco* (risco) y por tanto peligroso. El caso es que modernamente los matemáticos han creído intuir un procedimiento para cuantificar la proximidad del daño, es decir el *riesgo*; ello requiere la estimación, para cada situación o escenario accidental, de la *probabilidad* de la situación anormal con capacidad de producir daño y el *daño* realmente

producido. Estas parejas de valores son manipulados como se explicará posteriormente.

La manipulación más sencilla, aunque la menos valiosa, consiste en multiplicar probabilidades y daños de cada escenario, medidos éstos en unidades coherentes, y sumar los resultados, que normalmente estarán afectados por una banda de incertidumbre. Si se aceptase tal medida y fuese realmente posible cuantificar el riesgo con respecto a un tipo dado de daños, se podría establecer una escala de riesgos y separar los aceptables de los inaceptables, como de hecho hacen los actuarios de seguros para circunstancias limitadas y bien conocidas. Se han hecho esfuerzos muy significativos en este sentido, destacando las actividades de la Sociedad Europea de los *Cindyniques* de origen francés. La sociedad, según explican sus creadores, toma su nombre del vocablo griego κινδυνωσ, que significa *peligro*.

#### 4. Los componentes del riesgo

El concepto cuantitativo de riesgo incluye tres componentes —*escenario, probabilidad y daño*—. La utilización del vocablo *escenario*, tomado como sinónimo de descripción y peculiaridades de una situación accidental, podría engendrar rechazo en quien lo escucha, probablemente más acostumbrado a asimilar escenario con el lugar de la representación, más que con la propia tragedia, que formalmente, en sentido figurado, puede también denominarse *escenario*.

El concepto *daño*, del latín *damnum*, posee muchas acepciones, algunas de naturaleza física y otras jurídicas. En el entorno de la *seguridad nuclear* se utilizan expresiones tales como *daño al núcleo del reactor y daño a las personas*, que no incluyen dificultades especiales. El daño a las personas, a causa de la naturaleza de la radiación, puede ser *inmediato, diferido o hereditario* dependiendo de que

el síndrome radiactivo aparezca pronto (unas cuantas semanas después de la irradiación), que el carcinoma aparezca después del periodo de latencia (unos cuantos años después del accidente) o que la tara genética aparezca en los descendientes (por lo general la primera generación). Pero los daños pueden ser también *catastróficos o individuales* dependiendo de que los efectos del accidente afecten a muchos o sólo a unos pocos individuos de la población. En el caso de catástrofes —reales o supuestas— se desencadena una aversión o temor excesivo que origina problemas de naturaleza psicológica, como ha ocurrido entre la población afectada por el accidente de Chernóbil-4. La naturaleza y cuantificación de los *daños nucleares*, o causados por la radiación, deben ser bien explicados a fin de evitar errores de percepción, tanto entre expertos como comunes.

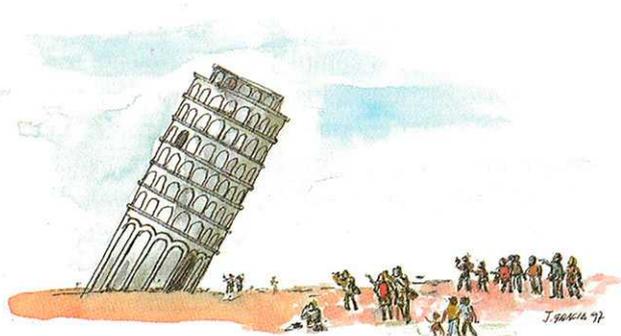
El vocablo *probabilidad* —o su derivada temporal: la frecuencia esperada de un suceso— tiene dificultades de entendimiento y percepción. El vocablo deriva del latín *probabilitas*, pero sólo adquiere sus significados modernos a través de los escritos de Blaise Pascal (1623-1662); si bien algunos conceptos básicos eran bien conocidos por los antiguos a través de los juegos con monedas, dados y tabas. Además, el concepto ha ocupado a los filósofos, quienes discuten sus variados aspectos, en especial su carácter dual, ya que incluye un aspecto estadístico, relacionado con los juegos de azar, que confiere la idea de lo que puede suceder, y otro inductivo, más sutil, ligado con la verosimilitud, apariencia de la verdad o grado de conocimiento de alguna cosa<sup>3</sup>. En este último caso, cuando se hace referencia a las probabilidades de los accidentes, que

<sup>3</sup> La aparición del concepto probabilidad ha sido expuesto con carácter filosófico por Ian Hacking en *The Emergence of Probability*, Cambridge University Press (1995).

es lo que nos concierne, el valor numérico es sólo una entelequia matemática, que tiene pleno significado para el especialista, pero muy poco para el ciudadano común, sólo interesado en que los accidentes no ocurran. Además, el adjetivo *probable*, del latín *probabilis*, confiere con preferencia la idea de posible; su antónimo *improbable* se acerca así a *seguro*.

La disertación precedente revela que la simple definición de *seguridad nuclear* con la que se introducía el segundo apartado: *condición o cualidad de segura de cualquier actividad relacionada con los núcleos de los átomos*, se complica conceptualmente de forma considerable, de modo que la percepción que de ella obtiene un especialista puede llegar a ser completamente distinta de la percepción del no educado en tales materias. El especialista estará dispuesto a admitir que la seguridad no puede ser absoluta y que es, en principio, aunque con dificultades, cuantificable y por ende comparable con valores de referencia o entre distintas actividades; admitirá también que el valor de la probabilidad —o la frecuencia esperada de una situación accidental— aleja o aproxima el daño y, por tanto, la seguridad aumenta o disminuye acercándose o separándose de lo aceptable. Por otro lado, el no especialista sólo entenderá bien, y aceptará sin reparos, la seguridad absoluta; cuando se vea confrontado con la probabilidad o frecuencia de una situación accidental dará por hecho que ésta ocurrirá con independencia del valor que se le asigne. El primero basará sus decisiones en el *riesgo estimado*, el segundo en el *riesgo percibido*<sup>4</sup>, que podría ser mucho mayor —o mucho menor— que el primero al influir en él circunstancias externas de naturaleza psicológica, social o política.

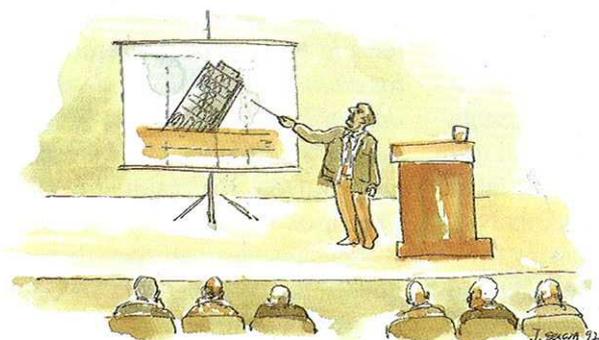
<sup>4</sup> La percepción del riesgo radiológico en España ha sido glosada por R. Solá *et al.* en *Seguridad Nuclear*, nº 3, pp: 28-34 (1997).



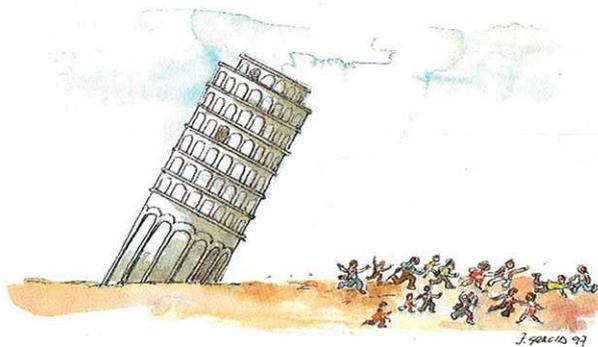
I.- RIESGO PERCIBIDO



II.- RIESGO CALCULADO



III.- RIESGO ACEPTADO



IV.- GESTION DEL RIESGO

La educación y el conocimiento, o la confianza en los expertos, resultan ser las soluciones a tal discrepancia.

### 5. La imprecisión de los textos legales

La tecnología nuclear se encuentra, por su naturaleza, bien regulada en todo el mundo. Los aspectos de seguridad reciben un tratamiento singularizado, aunque ambiguo. En los textos legales es frecuente que la seguridad nuclear se asimile a la explotación de las instalaciones nucleares sin *riesgo indebido* para la salud y seguridad de las personas. Más recientemente, a causa de la presión ecologista, se suele incluir el medio ambiente entre los valores a proteger. Sin embargo, no se define con precisión qué se entiende por *riesgo indebido*, que allí se utiliza con el significado de *riesgo inaceptable*. *Indebido* transfiere la idea de lo que no es obligatorio, y también de ilícito o injusto y no es sinónimo de inaceptable. Por ello *riesgo inde-*

*bido* es un anglicismo solapado que ha servido para traducir la expresión inglesa *undue risk*.

Con independencia de la disgresión gramatical anterior, se reconoce que la expresión *riesgo (in) aceptable* introduce muchas dificultades en el lenguaje y que su definición y valor numérico preciso sólo puede ser el resultado de una decisión democrática que contemple en paralelo a todos los actores involucrados: la administración, la industria, la sociedad y los expertos, sin dejar de reconocer que en tal proceso de decisión los medios de expresión política y social habrán de tener una relevancia reconocida<sup>5</sup>. Es precisamente en estas actividades donde la precisión del lenguaje resultará más útil. La autoridad reguladora de los Estados Unidos ha establecido que el riesgo

<sup>5</sup> Un interesante ensayo sobre la aceptabilidad del riesgo se puede encontrar en Mary Douglas, *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*, Paidós, Barcelona (1996).

de la explotación de una central nuclear no puede ser superior a *uno por mil* del riesgo conjunto de otras actividades. Otra cuestión es la verificación práctica de tal criterio.

### 6. El determinismo y el análisis probabilista

Se ha dicho antes que no siempre es posible estimar las frecuencias y los daños esperados de un determinado escenario accidental. Aunque ello fuese posible, todavía sería necesario conocer la incertidumbre asociada a los valores obtenidos, lo que añade una dificultad adicional. Esta situación es particularmente aguda para cualquier actividad o tecnología nueva, como la nuclear. A medida que se adquiere experiencia y se recogen datos estadísticos sobre fallos de componentes o errores humanos, se facilitan y precisan tales cálculos. Pero, ¿cómo es posible resolver el problema al principio? Para estos casos los tecnólogos han inventado el llamado método o aproximación *deter-*

*minista*. El *determinismo* es un sistema filosófico, muy en auge en la Antigüedad y en la Edad Media, según el cual todos los actos reputados como libres están determinados por motivos a veces conscientes, otras inconscientes, con frecuencia divinos. Los oráculos griegos y romanos pretendían leer lo que los dioses dictaban; el desarrollo de la epistemología de la ciencia encontraba en el *poder del hacedor supremo* la explicación de los hechos físicos. La expresión *estaba escrito*, tan frecuente en el pensamiento árabe, constituye el mejor paradigma de lo que se quiere expresar.

Escribir fue exactamente lo que hicieron los pioneros de la tecnología nuclear y continúan sus seguidores. Se escriben y revisan leyes, reglamentos, órdenes y normas que pretenden formar conjuntos coherentes y completos de preceptos, de distinto valor legal, que han venido recibiendo el nombre de *pirámides normativas*<sup>6</sup>. La confección de tales documentos requiere la introducción y aceptación de conceptos o principios básicos, tales como la *seguridad a ultranza*, la *responsabilidad*, el deber de *informar al público*; más modernamente, se ha creado un verdadero sistema filosófico que ha recibido el nombre de *cultura de la seguridad*. El conocimiento para poder redactar tal conjunto impresionante de documentos, y definir los principios básicos correspondientes, procede de otras tecnologías más antiguas y de la experimentación específica que condujo al desarrollo de la tecnología nuclear y se perfecciona y modula observando y reconociendo la realidad y los resultados de la investigación que continúa. En otro apartado se analizarán los conceptos o principios básicos que se han señalado.

El método determinista ha demostrado ser, hasta el presente, muy

satisfactorio. Con frecuencia se reconoce que a través de la *pirámide normativa* parte del diseño va más allá de lo estrictamente necesario; en otros casos ocurre lo contrario. El método probabilista, basado en la estimación del riesgo, corrige con éxito estos defectos o define los puntos vulnerables. En su aspecto más formal, el análisis de los riesgos asociados a las centrales nucleares se inicia con el llamado *Reactor Safety Study* promovido por la autoridad reguladora de los Estados Unidos. Los *escenarios*, desencadenados por un suceso iniciador, interno o externo a la central, se definen con la ayuda de una herramienta conocida con el nombre de *diagrama de sucesos*, que permite deducir qué funciones de seguridad han de fallar de forma simultánea o sucesiva para que se produzca la situación accidental. La *frecuencia* de cada uno de tales escenarios se estima a partir de la frecuencia esperada del suceso iniciador y de la fiabilidad de los componentes, sistemas y estructuras que se han incorporado a la instalación con el fin de satisfacer las funciones de seguridad requeridas. Los daños se determinan a través de una descripción mecanicista del escenario, que permite estimar el escape de radiactividad al exterior, el llamado *término fuente* al exterior, y de las dosis de radiación recibidas por la población potencialmente afectada.

Los pares de valores frecuencia-daño pueden multiplicarse y sumar los resultados, como ya se ha explicado, y obtener un índice del riesgo asociado. De esta forma se pierde información sobre la magnitud de los daños y las frecuencias, por lo que se prefiere manipularlos de forma distinta. Los pares de valores obtenidos se ordenan por orden creciente de los daños y de aquí se deducen las curvas complementarias de la función de distribución de los daños, también llamadas *funciones de superación* (figura 1), que son finalmente comparadas con los valores aceptables, de existir éstos.

El tratamiento de las incertidumbres requiere el uso de técnicas estadísticas complejas, difícilmente asequibles a los no especialistas. Lo que importa al interesado reside en que es posible conocer la frecuencia esperada, o su inversa el *tiempo de retorno*, de un escenario accidental que produzca daños iguales o superiores a un valor determinado.

La realización de análisis probabilistas es hoy día un requisito del organismo regulador en la mayoría de los países. El Consejo de Seguridad Nuclear lo viene exigiendo desde 1986 a través del *Plan integrado para la realización y utilización de los análisis probabilistas de seguridad en España*. Sin embargo, aunque la metodología puede darse por consolidada, los resultados están plagados de incertidumbres no completamente conocidas, de modo que, en la mayor parte de los casos, los estudios finalizan cuantificando sólo la *frecuencia esperada de deterioro del núcleo* del reactor por cualquier causa y, como máximo, la frecuencia esperada de escapes significativos de radiactividad al exterior. Aun así, este objetivo limitado está rindiendo frutos significativos.

A causa de tales limitaciones y a pesar de los progresos realizados, ningún *organismo regulador* se ha atrevido aún a sustituir de forma completa el *determinismo* por el *probabilismo*, ni siquiera para los proyectos del futuro. Por el momento, se prefiere utilizar con ventaja la sinergia de los dos métodos, si bien se aprecia que en las pirámides normativas nacionales se introducen paulatinamente conceptos probabilistas.

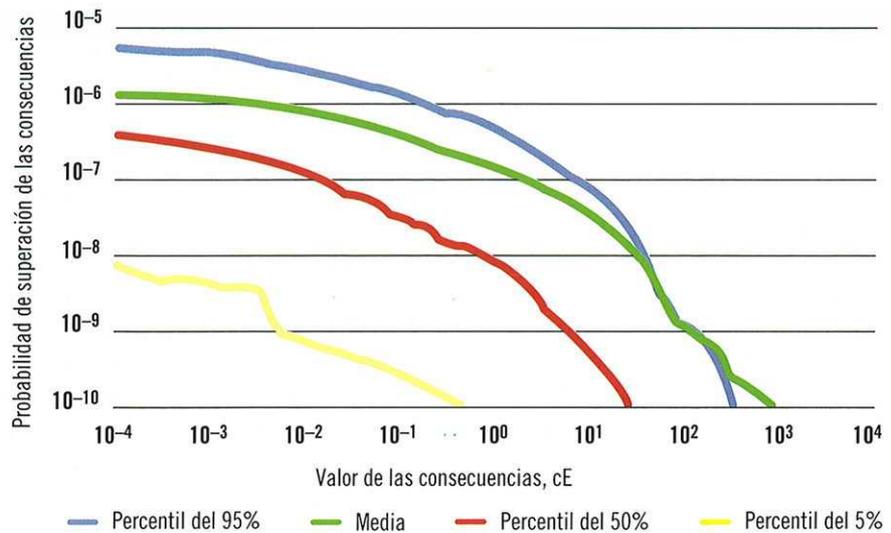
## 7. Los principios fundamentales del determinismo

En el apartado anterior se han enunciado los principios fundamentales de seguridad que han surgido de la aproximación determinista: la *seguridad a ultranza*, la *responsabilidad*, el *derecho del público a la información* y la *cultura de la seguridad*.

<sup>6</sup> La evolución de la regulación nuclear ha sido glosada por A. Martín en Seguridad Nuclear, nº 3, pp: 2-10 (1997).

La *seguridad a ultranza*, o por encima de todo lo demás, es un concepto pionero introducido en los Estados Unidos con la expresión *defense-in-depth*, que se ha traducido con frecuencia por *defensa en profundidad*. El concepto hace referencia a las múltiples medidas técnicas, administrativas y legales que se incorporan a la instalación para limitar y hacer frente a los potenciales escenarios accidentales. En esta presentación se ha preferido la expresión *seguridad a ultranza*. El vocablo *ultra* es un adverbio que confiere la idea de exceso, en este caso exceso de seguridad, que es lo que se quiere comunicar. Además, *a ultranza* es una locución adverbial, que no existe en inglés, que confiere la idea de *a todo trance* o *resueltamente* y también *por encima de todo*, expresiones que se ajustan bien al deseo de seguridad.

La *responsabilidad* en materia de seguridad nuclear debe estar definida con precisión, ya que se trata de un concepto básico en el funcionamiento de las modernas democracias, que tiene como objetivo establecer y distribuir con precisión la autoridad y responsabilidad de los actores: proyectistas, suministradores, constructores, explotadores/propietarios y organismos reguladores. Se trata también de un concepto antiguo. Responsable deriva de *responsum*. El término *responsable* tiene muchas acepciones, pero en este caso conviene destacar que responsable es aquél que está obligado a responder por algo y es culpable en caso de no satisfacer tal obligación. Las leyes suelen asignar a los explotadores/propietarios la responsabilidad última sobre la seguridad nuclear, sin perjuicio de las atribuciones que corresponden a los organismos reguladores, que se concretan fundamentalmente en el establecimiento y ratificación del conjunto de documentos reguladores, la verificación de su cumplimiento y la corrección en caso de desviaciones.



► **Figura 1. Función de superación.** Representación típica de la *función de superación* o *función complementaria* de la *función de distribución de las consecuencias* de los escenarios accidentales en el caso de una central nuclear. Cada valor de las consecuencias determina la probabilidad de que éstas se vean superadas. Aunque las funciones sean continuas —siempre han de ser decrecientes— proceden de manipulaciones y cálculos discretos realizados sobre cada uno de los escenarios accidentales posibles. Las curvas extremas (percentil del 95% y su complementario, percentil del 5%) constituyen una medida de la incertidumbre asociada a los cálculos. La definición previa de funciones —o valores— aceptables permite deducir la bondad o aceptabilidad de la instalación o actividad a que se refiere el cálculo.

La *información al público*, directamente y a través de sus representantes en el Parlamento nacional, usando vías formales bien establecidas, es un derecho democrático y una obligación legal del organismo regulador, sin perjuicio para la labor de información que desee llevar a cabo el explotador/propietario. En España la obligación de informar al público aparece, primero, de forma muy tímida, en el Decreto 2869/1972, por el que se aprueba el *Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas*<sup>7</sup> y, de forma más contundente y precisa, en la Ley 15/80 por la que se crea el Consejo de Seguridad Nuclear<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> El artículo noveno especifica que durante el proceso de autorización previa deberá existir un periodo de información pública.

<sup>8</sup> En el apartado j del artículo segundo se define la obligación del Consejo de Seguridad Nuclear de informar al público.

La *cultura de seguridad* es un sistema filosófico que pretende llevar la seguridad a la conciencia de todas y cada una de las personas involucradas en cualquier actividad nuclear, desde el presidente y el Consejo de Administración de la compañía propietaria, y de otras compañías de mantenimiento y servicios involucradas, hasta el más humilde de los trabajadores. Es un concepto relativamente nuevo que surge en 1986 como consecuencia del accidente de Chernóbil-4. El concepto ha sido objeto de aceptación y desarrollo fácil, incluso se ha pretendido universalizarlo<sup>9</sup>. Sin embargo, la experiencia ha mostrado las dificultades de su implantación a causa de la resistencia al cambio de instituciones y personas.

<sup>9</sup> M. Rosen, del OIEA, ha introducido recientemente el concepto *global nuclear safety culture*. Keynote Address in *Reviewing the Safety of Existing Nuclear Power Plants*, Viena 8-11 October 1996.

## 8. Los principios técnicos

De la *seguridad a ultranza* se deducen *dos* principios de naturaleza técnica: la *prevención* y la *mitigación*, que junto con la *protección* de la población en caso de emergencia y el seguro obligatorio por *responsabilidad civil* constituyen una envolvente cuyo objetivo es prevenir accidentes, mitigar sus consecuencias en caso de que ocurran, proteger a la población en el caso de que se hayan liberado tóxicos radiactivos y compensar los daños en el caso de que se hubiesen producido, todo ello a fin de satisfacer los objetivos de la seguridad.

Prevenir, del latín *proevenire*, es un verbo transitivo, una de cuyas acepciones, aplicable a este caso, es evitar, estorbar o impedir una cosa, por ejemplo un escenario accidental. La prevención de accidentes en centrales nucleares se consigue, a su vez, mediante diseños, métodos de fabricación, construcción y montaje y procedimientos de operación de eficacia comprobada a través del estudio, la investigación y la experiencia, que se recogen formalmente en criterios y normas u otros documentos que, por lo general, emanan de la propia industria o son impuestos y, en todo caso, aceptados por el organismo regulador. El sistema de protección del reactor y el sistema de refrigeración de emergencia constituyen los dispositivos de mayor significado en la prevención de accidentes. Su diseño redundante, de gran calidad y verificable garantizan su integridad.

Mitigar, del latín *mitigare*, es sinónimo de moderar, aplacar o suavizar lo que es áspero o rugoso. En este sentido, su acepción más prístina no sirve bien al concepto que se desea expresar. Pero mitigar puede también ser tomado como sinónimo de minorar, paliar, atemperar o templar. Algunos de estos términos –en especial *minorar*– se ajustan mejor al concepto que se desea expresar, que no es otra cosa que disminuir o reducir en cantidad

la radiactividad que se liberaría al exterior de forma incontrolada en caso de accidente con deterioro del núcleo, el llamado *término fuente* o escape de radiactividad al exterior. El recinto de contención y sus salvaguardias asociadas constituyen un conjunto muy complejo de estructuras y sistemas cuya misión fundamental es la retención y el atrapamiento de los productos radiactivos liberados del núcleo del reactor por el accidente. Su diseño a prueba de sucesos externos, la gran calidad de estructuras, sistemas y componentes, así como el mantenimiento y la vigilancia continuadas garantizan la función mitigadora en el caso de que sea necesario.

La *protección del público* en el caso improbable de una emergencia radiológica y la *compensación económica* por los daños producidos constituyen la última defensa que impone la seguridad. Las recomendaciones internacionales y las leyes nacionales establecen que no es posible comenzar la explotación de una central nuclear sin disponer de un plan de protección de la población potencialmente afectada y sin un seguro de responsabilidad civil por daños a terceros. Estos requisitos exigen de las autoridades responsables la disponibilidad de una organización administrativa competente y de los medios técnicos y humanos necesarios para la ejecución del plan de emergencia. La existencia de un plan de emergencia satisfactorio y bien comprobado debe engendrar en la población un sentimiento de confianza que podría ser modulado de acuerdo con la percepción del público sobre la bondad del plan.

## 9. Epílogo

La seguridad nuclear comenzó siendo un deseo y se ha convertido en una realidad tecnológica. Incluye conceptos muy diversos, no sólo de naturaleza técnica y científica, sino también humanos, psicológicos, sociales, éticos y políticos.

Involucra al conjunto de la sociedad y a cada una de sus partes y tiene implicaciones internacionales. Importa a la industria nuclear, a los organismos reguladores, a las asociaciones de trabajadores y a los partidos políticos. Es objeto de atención por las organizaciones científicas, industriales, ecologistas y religiosas. De su comprensión depende la viabilidad social de las actividades nucleares, en especial las centrales nucleares y su ciclo de combustible.

Los principios básicos de la seguridad nuclear se han establecido sobre bases sólidas, su incorporación a las centrales nucleares ha requerido el desarrollo de diseños, metodologías, normas y herramientas complejas que han creado una jerga específica sólo propia de especialistas. Sin embargo, los principios básicos pueden ser definidos con precisión y engendrar sentimientos comunes siempre que se explique el significado de las palabras y locuciones que se incluyen en su definición. La palabra, escrita y hablada, es el vehículo de que se dispone para que todas las partes implicadas intercambien información y opiniones y puedan llegar a un sentimiento común sólidamente fundado. Pero el significado de las palabras no es inmutable, cada palabra tiene su historia y sus acepciones que despiertan sentimientos y percepciones distintas. En el diálogo entre las partes debe prevalecer la precisión del lenguaje. En esta presentación se ha intentado destacar tal hecho. 

---

Agradecimiento. El autor agradece la colaboración del reconocido dibujante aragonés y amigo Jesús Gracia por su contribución al entendimiento del riesgo.

# Ética de la investigación y el desarrollo

Los cambios a los que se ve sometida la sociedad moderna también afectan al mundo científico, que debe adaptarse a nuevas formas de producir conocimiento. El texto de este

artículo reproduce la conferencia que el investigador Emilio Muñoz pronunció recientemente en el CSN, abogando por un modelo en el que ciencia, tecnología y sociedad actúen en armonía.

## 1. Paradigmas y mitos

Vivimos en una sociedad tecnocientífica que se ha construido de acuerdo con unos paradigmas y ha generado unos mitos que están en revisión. Los paradigmas son fundamentalmente tres: por un lado, un contrato social entre científicos, técnicos y poder público, que tiene su origen en la II Guerra Mundial, en el que el poder público financiaba la actividad de los científicos y los técnicos que producían conocimiento, y éste era libre y accesible. El segundo paradigma, en el que han intervenido más precisamente los analistas económicos al intentar comprender cómo la ciencia y la tecnología ayudan o no al desarrollo y al crecimiento, se ajusta a la linealidad o linealidad, en el sentido de que el conocimiento se producía, a partir de él se generaba aplicación y se producían nuevas tecnologías que daban lugar a desarrollo. El tercero relacionaba la incidencia de estos componentes sobre lo social,

al admitir que la tecnología produce beneficios indiscutibles.

Estos paradigmas han llevado a la generación de unos mitos. Daniel Sarewitz, consejero del congresista norteamericano George Brown, a su vez portavoz del Congreso norteamericano sobre los temas de ciencia y tecnología, plantea la existencia de cinco:

– *El beneficio infinito*: más ciencia y más tecnología conducen a mayor y mejor beneficio público.

– *La investigación sin trabas*: cualquier línea de investigación razonable en el ámbito de los procesos naturales va a generar tantos beneficios sociales como otra.

– *La responsabilidad*: la revisión por pares, los resultados reproducibles y otros controles relativos a la calidad de la investigación son la esencia de las principales responsabilidades éticas del sistema científico.

– *La autoridad*: la información científica suministra una base objetiva para resolver los debates políticos (sociopolíticos).

– *La frontera sin fin*: el conocimiento nuevo generado en las fronteras de la ciencia es autónomo de sus consecuencias morales y prácticas en el contexto social.

La sociedad tecnocientífica es, sin duda, un producto de la concepción cultural norteamericana. Consecuentemente, es en Estados Unidos donde aparecen las primeras reacciones ante estos paradigmas. En esta línea surge el campo de estudios sobre la ética y los valores en ciencia y tecnología. De hecho, la principal agencia pública financiadora de investigación en EEUU, la National Science Foundation (NSF), es pionera en estas preocupaciones.

A partir de los años 70, cuando empiezan a surgir las críticas a los valores y beneficios sociales continuos y evidentes de la tecnología, la NSF puso en marcha una oficina que en 1986 fue reubicada en la Dirección para las Coordinación de las líneas Biológicas, Comportamentales y Sociales y expandida en sus funciones para actuar de modo más horizontal, interaccionando con los programas y divisiones de la NSF.

Todo este proceso coincidía con la relocalización de los programas sobre *ética y valores e historia y filosofía de la ciencia* para agregarlos en una nueva actividad, emergente en Estados Unidos por aquellos momentos, que se englobaba

\* Doctor en Farmacia, investigador especializado en biología molecular y bioquímica, ha sido, entre otros cargos de la política científica, presidente del CSIC. Actualmente trabaja en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados.

bajo el tema *ciencia, tecnología y sociedad*. Esta nueva iniciativa trataba de integrar los apoyos establecidos en los estudios sociales de la ciencia, la ingeniería y la tecnología y de establecer puentes mayores entre las disciplinas de las humanidades y las ciencias sociales con las ciencias naturales, físicas, matemáticas y la ingeniería.

Otra importante organización norteamericana, de carácter interdisciplinar, la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia (AAAS) había establecido la Oficina o Agencia de la Libertad y la Responsabilidad Científicas (OSFR). Como lógica consecuencia, el ámbito de los estudios sobre ética y valores en ciencia y tecnología experimentó un notable desarrollo con la puesta en práctica de programas, cursos, centros o institutos, publicaciones y organizaciones profesionales.

Por ello, a finales de los 80 las organizaciones fundamentales en el lanzamiento de estas iniciativas podían plantearse una evaluación de la situación con respecto a una serie de objetivos fundamentales, que se pueden resumir del siguiente modo:

- Recoger la información sobre la situación de la investigación y la educación sobre ética y valores en ciencia y tecnología.

- Identificar los principales logros y las debilidades de las actividades sobre estos temas.

- Desarrollar una agenda para el futuro.

- Estimular la transferencia de esta investigación sobre ética y valores en los currícula académicos y profesionales e, incluso, proyectar esa información hacia la sociedad.

Esta situación contrasta claramente con el panorama en Europa, donde sólo a partir de mediados de los 80, y fundamentalmente a través de las orientaciones en ciencia, tecnología y sociedad y de la perspectiva de la evaluación social de las tecnologías, empiezan a aflorar estas preocupaciones científicas,

académicas y profesionales, principalmente en ciertos países del Norte –Holanda y Dinamarca–. En el propio ámbito de las Comunidades Europeas se empieza a oír un tímido eco de estas preocupaciones gracias a la personalidad arrolladora, pero conflictiva, de Ricardo Petrella. La situación en España es, como siempre, más crítica puesto que, sólo a través de procesos de imitación por la vía del aprendizaje de los más receptivos e innovadores, se ponen en práctica iniciativas de este tipo.

## 2. Los desafíos científicos y técnicos

En este contexto parece lógico plantear que haya un conjunto de desafíos que se presentan a los expertos. Uno de ellos, que estimo fundamental, es el modo de producir conocimiento, línea en la que se viene trabajando en estos últimos años, siendo de destacar a este respecto el libro de Gibbons y colaboradores titulado *The New Production of Knowledge* (Sage, 1994).

### 2.1. La nueva producción de conocimiento

En este libro se desgranar los resultados de explorar los cambios que se están produciendo en la génesis del conocimiento:

- El nuevo modo opera en un contexto de aplicación en el que los problemas no se establecen dentro de un marco disciplinar. Se lleva a cabo de forma no jerarquizada, organizada de manera heterogénea y de modo transitorio. No está institucionalizado en las estructuras de las universidades. Es transdisciplinar más que monodisciplinar o incluso multidisciplinar.

- El nuevo modo emerge a partir del modo tradicional o disciplinar. No hay suplantación de uno por otro, sino suplementación. No se puede hablar de superioridad o inferioridad de uno con respecto a otro.

- El nuevo modo impone para explotar el conocimiento haber participado en su generación. La

producción de conocimiento está socialmente distribuida, por lo que la organización de esa participación es un factor decisivo. La noción de beneficio económico se extiende hacia ideas o conceptos que se aplican al beneficio ambiental o al beneficio social. Tiene sentido hablar de que el nuevo modo tiene efectos co-evolutivos en otras áreas, como la economía, la división del trabajo y el sentido de comunidad.

- Este nuevo modo plantea nuevos desafíos a los gobiernos, que deben ser capaces de participar en la producción de conocimiento, pero actuar también con ingenio para apropiarse ese conocimiento en sus sistemas de innovación. La inventiva y el ingenio son necesarios porque, tarde o temprano, la colaboración se va a convertir en competitividad. La importancia de las instituciones supranacionales crece en este contexto. Argumentos claves surgen del papel de apoyo de las instituciones supranacionales en estos procesos y sobre la forma en la que las naciones se posicionan en estos sistemas más complejos.

- Las instituciones que en su día sirvieron para desarrollar y mantener la capacidad científica y tecnológica requieren un replanteamiento como consecuencia de la aparición y el desarrollo de este nuevo modo de producir conocimiento.

### 2.2. Competitividad, colaboración y globalización

La corriente expansiva de la industrialización y el capitalismo industrial ha supuesto que la ventaja comparativa sobre la que se apoyan las economías avanzadas dependa principalmente de la capacidad para remodelar el conocimiento. Las tecnologías manufactureras son transferidas a países con salarios bajos y las naciones industriales avanzadas mantienen su ventaja competitiva por el uso de recursos y capacidades que no pueden imitarse fácilmente. Para

ser competitivas internacionalmente, las firmas maduras o las que se mueven en la frontera deben mantenerse al día en lo que concierne al conocimiento y en su acceso al mismo. Una de las razones por las que se hace muy costoso el mantenimiento de la capacidad interna en investigación radica en la incertidumbre respecto al tipo específico de conocimiento que se necesita. Otro importante requisito deriva del acceso a ese conocimiento, de forma que las empresas lo puedan reconfigurar y ofrecerlo como producto.

En lo que respecta a la relevancia y sentido de la globalización de la economía, se detectan algunas consecuencias paradójicas y contingencias nuevas. A pesar del afloramiento de una nueva división intelectual del trabajo como consecuencia de la creciente capacidad de utilizar el conocimiento científico y la investigación desarrolladas en el exterior, la capacidad de implicarse en la investigación y de utilizarla está distribuida muy desigualmente a nivel mundial.

El crecimiento de las desigualdades se puede atribuir a la combinación de dos tendencias incorporadas: una hacia la estandarización, la otra hacia la diversificación.

Otras paradójicas consecuencias de la globalización se centran en la discusión sobre los efectos capacitadores o discapacitadores de las nuevas tecnologías. Sin embargo, la tecnología no requiere por sí misma más o menos capacidades, ya que se puede adaptar a niveles diferentes. No se puede ignorar que la nueva división del trabajo tiene lugar entre los países de alta tecnología y el resto del mundo, avanzando hacia una división basada en el nivel tecnológico.

### 2.3. La reconfiguración de las instituciones

Las universidades están en el centro de las modificaciones y tensiones que estamos viviendo, ya que

son las principales responsables de la formación de especialistas.

La flexibilidad afecta a las estructuras y procedimientos institucionales, entre los que cabe incluir el mantenimiento y cambio del control de la calidad, cómo afrontar las tensiones de la multifuncionalidad, lo que está vinculado a lo que se define como la pluralización de la función de élite y, por último, la apariencia del paisaje institucional en lo que se refiere a la producción de conocimiento.

Las instituciones implicadas en la producción, mediación y difusión del conocimiento han prolife-

El paisaje resultante en lo que se refiere a la institucionalización de la producción del conocimiento está marcado por disciplinas académicas que muestran límites cada vez más difusos. En muchas áreas y programas, tales como el Proyecto Genoma Humano, el trabajo transdisciplinar se ha convertido en la regla, y la misma tendencia se detecta en las ciencias sociales. Hay abundantes ejemplos de *problemas del mundo real* que desafían cualquier intento de aproximación desde una sola disciplina. Las interacciones entre ciencia y tecnología y cuestiones sociales se han intensifi-



► Figura 1. Emilio Muñoz, durante su conferencia en el CSN.

rado desde 1945. Sin embargo, las modificaciones más significativas no se relacionan con el tamaño, sino con la función.

En atención a las crecientes constricciones y limitaciones presupuestarias, ni siquiera las mejores instituciones pueden afrontar el ejecutar todo lo que les parezca lo mejor para ellas. Ante la necesidad de reorganizar la división internacional del trabajo, los flujos de conocimiento, los productos, las personas y las ideas parecen más importantes que las estructuras.

En algunas áreas se han llegado a articular las demandas por una ciencia participativa, de forma que el objetivo no es la verdad por sí misma, sino la toma de decisiones de modo responsable, teniendo en cuenta las incertidumbres inherentes al quehacer científico.

Las dificultades para establecer estructuras institucionales transdisciplinares son bien conocidas. Se estima que la opción disciplinar de la organización cognitiva y social es un requisito básico para suministrar una base formativa estable y para incorporar en los individuos el

sentido de una identidad disciplinar. Por otro lado, la capacidad de cooperar con expertos de otros campos y de considerar los problemas desde una visión complementaria descansa en la potencialidad de asumir identidades múltiples tanto cognitivas como sociales. De ahí que se haga preciso encontrar el equilibrio para promover y gestionar las dos orientaciones.

#### 2.4. Una valoración ante esta situación

Nos encontramos en un periodo de profundo cambio. La importancia de los procesos interactivos y de los fenómenos de cooperación, la relevancia de la acción colectiva, el valor de ciertos intangibles como el conocimiento y la cultura, son actos cada día más significativos.

Toda esta relevancia de los procesos dinámicos no lineales choca, sin embargo, con las ideas y las actitudes de los especialistas que, en cada sector de actividad, siguen aplicando principios de optimización individual como clave fundamental para la supervivencia y el éxito. Este es el presupuesto que domina en la estrategia económica encaminada a la consecución de la competitividad como gran objetivo u objetivo casi exclusivo.

Los científicos parecen haber ajustado, con notable éxito, su comportamiento a estos patrones a lo largo del desarrollo del contrato social entre poderes públicos y comunidad científica que a partir del informe de Vannevar Bush *Science: the Endless Frontier* siguió a la II Guerra Mundial y que ha constituido la base de la política científica (política para la ciencia) durante los últimos cincuenta años. Este contrato se puede resumir muy brevemente en la asunción por parte del poder político de la financiación de la actividad científica, con el compromiso por parte de los científicos de producir conocimiento y de promover su difusión generalizada.

A lo largo de este periodo, la contribución al progreso científico ha sido impresionante. Esta formulación de la política de apoyo a la ciencia ha supuesto que los científicos más cualificados hayan buscado la excelencia, imponiendo para ello prácticas de evaluación muy exigentes, tanto para la consecución de los recursos económicos como para la difusión del conocimiento producido.

La situación ha evolucionado a lo largo de todo este periodo. La ciencia ha dejado de ser un bien exclusivo de esta comunidad; interviene de modo creciente en nuestra vida y, en combinación con la tecnología, forma un sistema de poderosas influencias para el desarrollo económico de las sociedades modernas.

Esta comunión de intereses entre ciencia y tecnología, que ha rendido resultados indudablemente positivos, no ha dejado de generar conflictos. Los patrones de actuación de los científicos no se ajustan a las conductas de quienes se dedican al desarrollo tecnológico y a la aplicación del conocimiento científico con fines determinados: crecimiento económico, desarrollo industrial, mejora en la prestación de servicios, solución de problemas sanitarios o de quiebras en la calidad del medio ambiente. Los mecanismos de recompensa son diferentes; los paradigmas disciplinares son distintos; la relación con la naturaleza es opuesta —en lugar de perseguirla y tratar de comprenderla, se persigue amaestrarla—.

Como consecuencia de todo ello, el desarrollo científico se enfrenta a unas nuevas paradojas. Por un lado, constituye el dominio de profesionales con un creciente grado de profesionalización, con lo que se aleja de la cultura social; pero es, al mismo tiempo, un instrumento necesario para enfrentar los problemas económicos y sociales. En segundo lugar, este desarrollo interno de la ciencia ha generado unas pautas de actuación aceptadas en su mayoría por la comunidad

científica, aunque, al mismo tiempo, estas pautas tienden a aumentar los desequilibrios con los intereses reales, regionales y locales; las disciplinas desarrolladas a lo largo de este impresionante ciclo se empiezan a difuminar buscando aproximaciones multidisciplinarias o interdisciplinarias a la solución de las cuestiones técnicas. Por último, y no menos importante, la ética del comportamiento científico, fundamentalmente basada en el altruismo, tropieza con dificultades cuando ha tenido que encarar el contacto con la productividad, con la competencia, con la exaltación de la competitividad, lo que conduce a una nueva visión en lo que debe ser la responsabilidad de los expertos ante los riesgos de diversa naturaleza que pueden generar los desarrollos científicos y tecnológicos y los problemas éticos, sociales y legales que los mismos acarrear.

#### 2.5. Nuevas demandas para la comunidad científica

En este contexto, parece lógico plantear nuevas demandas a la comunidad científica. Estas demandas son, al menos, de tres tipos: científicas, políticas y sociales. En el orden científico, debe reclamarse un mayor esfuerzo de interdisciplinariedad para abordar la solución de problemas incluso —valga la paradoja— de corte disciplinar. La interdisciplinariedad es una necesidad creciente a medida que aumenta la complejidad de los problemas que se intentan resolver o de las preguntas que se pretenden contestar.

En el ámbito político, los científicos deben implicarse de modo más evidente en abordar los aspectos relativos a la responsabilidad y a la regulación, acción que deben realizar desde una posición dual: como expertos y como ciudadanos. Los científicos que ejercen un papel preponderante en la evaluación de las carreras y de los productos científicos deben incorporar entre sus valores las actividades de este tipo sin entrar en dialécticas de

descalificación o desprecio sobre las mismas.

En el orden social, los científicos deben asumir una cierta responsabilidad como actores socioeconómicos, ya que sus destrezas y su capacidad para transferirlas socialmente son factores decisivos para alcanzar la competitividad, contribuir a corregir las crisis de empleo o ayudar a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

**2.6. El desafío institucional**

La retirada de los modelos lineales suscita dudas acerca del manteni-

cos de carácter económico, sanitario o ambiental constituirían una forma de investigación orientada a medio plazo; mientras que la investigación encaminada a afrontar los grandes problemas –cambio global, cáncer, identificación de recursos naturales– sería casi forzosamente de naturaleza interdisciplinar y con proyección a largo plazo. La *investigación no orientada* respondería a la curiosidad intelectual y contribuiría al acervo disciplinar, bien de las disciplinas establecidas, bien favoreciendo el desarrollo de nuevas disciplinas.

establezca un gradiente de la capacidad investigadora de las universidades, una estrategia de carácter nacional o regional, que debería estar fundamentada en unos ejercicios de evaluación bien contrastados, y ejecutada de acuerdo con políticas de concertación entre las autoridades que posean responsabilidad sobre las universidades.

**3. Nuevos valores y confrontación de los expertos**

**3.1. El ambientalismo o ecologismo**

La crisis social de la ciencia y la tecnología, que ha conducido a la revisión de los paradigmas y mitos, tiene que ver con la emergencia de planteamientos más *holísticos*, como la preocupación ambiental y la indagación acerca de la relación fronteriza entre ciencia, cultura y poder. En resumen, el ecologismo y la cooperación son las banderas ideológicas que presiden la crítica social de la ciencia y la tecnología en este periodo desideologizado.

Pero no es ocioso recordar que estas banderas han sido enarboladas por expertos, aunque se trate de expertos que han buscado una legitimación social con igual o mayor fuerza que la legitimación de la propia comunidad científica. Tras las primeras advertencias de Malthus en 1798 sobre el crecimiento de la población, varios biólogos empezaron a lo largo de los años 30 de este siglo a alertar sobre los problemas relacionados con la población, el crecimiento, la contaminación, la deforestación y la erosión del suelo. Estas voces no recibieron mucha atención por parte de la comunidad científica –véase la introducción del libro *Ecofacts & Ecofictions* de W. H. Baarschers (1996, Routledge)–, quizá condicionada por el peso de la física y de la concepción mecanicista que dominaban en aquellos momentos en el ámbito científico y tecnológico. A finales de los cincuenta y a lo largo de los sesenta se focaliza la atención sobre las grandes cuestiones relacionadas con el planeta. El



**Figura 2.** Los experimentos genéticos constituyen una de las fronteras morales de la ciencia. En la imagen, fragmento de una secuencia nucleotídica de ADN humano.

miento de los conceptos de investigación básica y aplicada. Quizás sea más lógico hablar de *investigación orientada* por objetivos, que abarcaría la mayoría de la actividad científica en los centros de investigación, tanto públicos como privados, y una parte importante de la investigación en las universidades. Esta investigación orientada, que se puede asimilar a la llamada investigación estratégica, se subdividirá en función del horizonte temporal del objetivo que se pretende alcanzar: el desarrollo de una técnica o la determinación de una serie de datos serían investigación orientada a corto plazo; los intentos de resolver problemas específi-

El papel de las instituciones productoras de conocimiento necesita una cierta revisión, particularmente en lo que concierne a las universidades y a la relación entre enseñanza superior e investigación. La asunción de que la investigación debe estar asociada a la enseñanza, que ha sido fruto del contrato social entre ciencia y política ya comentado, empieza a ser cuestionada en el marco de la rentabilidad que preside en la actualidad los debates políticos y la toma de decisiones. El avance de esta opción sería contraproducente ya que es negativa la disociación entre ambas funciones. Sin embargo, cabe contemplar la posibilidad de que se

movimiento ambientalista empieza a desarrollarse y a alcanzar velocidad a partir de la publicación de *Silent Spring*, de Rachel Carson, de la obra de P. Ehrlich *The Population Bomb* y de *The Closing Circle*, de Barry Commoner.

Los tres autores contribuyeron a denunciar la situación en el mundo y establecieron las bases para el desarrollo organizativo de grupos como Greenpeace y Amigos de la Tierra (1969). Los tres presentan además notables semejanzas: eran biólogos, científicos convertidos en autores que no se dirigían a sus compañeros científicos, sino al público en general. Ese esfuerzo de proyección social constituía una novedad en el comportamiento de la comunidad científica, que se centraba en el diálogo interno como si la sociedad no contara. Los tres asumieron una tarea arriesgada, pues utilizaron sus capacidades y su conocimiento para lanzar mensajes sociales y políticos que les iban a acarrear elogios y críticas, todos ellos apasionados.

La entrada del debate ambiental en la arena política se produce a través de los posicionamientos de Ralph Nader y su grupo de defensa de los consumidores (finales de los 60); Rudolf Baahro —miembro fundador del Partido Verde alemán— y otros. Pocos expertos se pronunciaron con contrargumentos y entre ellos cabe citar al filósofo Ayn Rand, defensor del capitalismo e individualismo.

Los 70 y 80 fueron testigos, tras la estela de Carson, Commoner y Ehrlich, de una secuela de catastrofismos. Baarschers señala que los libros fueron poco leídos, aunque sus mensajes se propagaron rápidamente y en muchas direcciones. Los medios de comunicación se hicieron amplio eco de estas posiciones.

Las reacciones surgieron de los economistas y de los científicos, criticando con visión cornucopiana la literatura del miedo y del catastrofismo. Llegaba entretanto la era de la ética ambiental a cargo de los

filósofos, con la contribución pionera de Aldo Leopold con su obra, *A Sand Country Almanac* (1949), que los expertos consideran como un clásico y que dio origen a la ética de la tierra. A finales de los 70 se ponía en marcha una revista científica *Environmental Ethics* y progresivamente nuevos nombres y títulos han llegado al campo de la ética ambiental.

Este panorama nos revela el estado de la cuestión hasta los 90, con un abigarrado conjunto de temas sobre la mesa de debate y con una diversidad de aproximaciones que incluso empiezan a encontrar una ubicación en el espacio político: los catastrofistas ocuparán la izquierda del arco, los cornucopianos la derecha, con un amplio conjunto de ciudadanos aturdidos y de gobiernos acosados en medio.

El debate ambiental no está clausurado y mucho de lo que permanece como lenguaje y pensamiento está anclado en lo que se construyó en los 60 y los 70, a pesar de la ingente cantidad de literatura que se amasa sobre este tema. Parece evidente que es absolutamente necesaria la producción de *nuevo conocimiento* y que esta tendencia debe aportar nuevas ideas y argumentos al debate ambiental. Es asimismo digno de constatación que en este proceso, ideas, argumentos y palabras se han escapado prematuramente del lugar científico, han salido del laboratorio, para llegar a los medios de comunicación y a la prensa convencional. Por ello, parece oportuno reclamar que se reexamine el sentido original del lenguaje ambiental para poder alcanzar un consenso en el diálogo sobre estos temas.

Los que nos movemos en el campo de los estudios de la relación ciencia, tecnología y sociedad, nos alineamos con mayor o menor intensidad en los movimientos que propugnan la alfabetización científica y tecnológica de la sociedad para que el debate social sea posible. En esta misma línea, interesa pro-

mover la *alfabetización ambiental*. Algunos expertos apuntan críticamente que mientras las ciencias y tecnologías de la computación o las disciplinas biomédicas controlan claramente las capacidades de cada cual —la pericia del experto— para actuar con legitimación en ese terreno, el medio ambiente no es tan restrictivo para sus usos, intervenciones o aplicaciones. El único requisito *profesional* para ello es vivir en este planeta.

### 3.2. Relación entre ciencia, cultura y poder

En estas circunstancias en las que prolifera la crítica hacia la ciencia y la tecnología, surge otro movimiento que cuestiona la *occidentalización* que parece imponerse en el mundo global en que vivimos y por ello plantea la indagación sobre el poder que esa concepción occidentalizada de la ciencia y la tecnología ejerce sobre las otras ciencias, sobre la ¿otra? cultura, o sobre los ciudadanos legos en estas materias.

Aunque este movimiento es más reciente y la cantidad de literatura producida es mucho menor que en el caso del medio ambiente, se está constituyendo en otro núcleo de debate sobre las grandes asunciones respecto a las que se asienta la ciencia y la tecnología, es decir su naturaleza autónoma y limitada, su homogeneidad, su *occidentalismo*, su *espíritu mesiánico* (Laura Nader, *Anthropological Inquiry into Boundaries, Power and Knowledge*, Routledge, 1996).

Los antropólogos —de nuevo otro grupo de expertos— se han involucrado en estos debates y trataron de escribir, en analogía a lo que se ha expuesto para los iniciadores del debate ambiental, de forma que el público comprendiera la visión especular de la ciencia ofrecida desde los científicos. En una orientación más reciente, la indagación antropológica ha incorporado una posición más reflexiva y crítica teniendo en cuenta el acervo de cul-

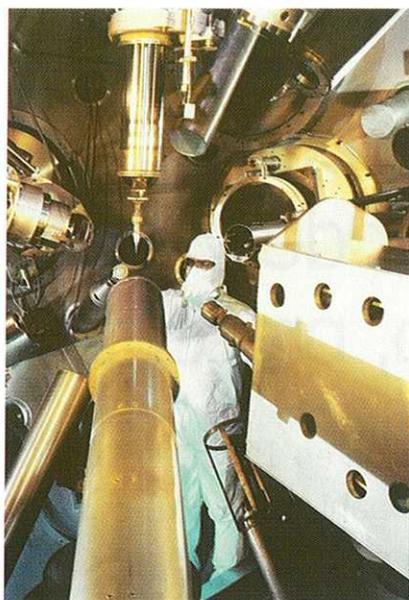
tura que hay en el interior y alrededor de la ciencia. Los antropólogos han contribuido a la demarcación de la ciencia y a su separación de otras formas de conocimiento, así como a la generación de nuevos métodos y preguntas para contribuir a la descripción del contenido actual de los sistemas de conocimiento. En esta línea se sitúan la corriente etnometodológica de la sociología de la ciencia (Latour) y la sociología de la traducción e interpretación (Callon).

Estas orientaciones encuentran su causa en la aproximación cognitiva que se agrupa bajo el epígrafe ciencia, tecnología y sociedad. Las orientaciones etnográficas utilizan la observación participativa, con y entre los científicos, para suministrar descripciones más ilustrativas y claras de la ciencia respecto a su proceso de generación. Estas orientaciones sirven para deshacer los estereotipos respecto a las ideas que la sociedad posee acerca de la relación entre ciencia y sociedad.

Por otro lado, es conveniente recalcar que la ciencia y la política no están separadas, sino que hay que aceptar que las disciplinas se desarrollan a través de la tensión y las luchas de poder, aunque estos procesos rara vez se explicitan, ya que la mayoría de los científicos e ingenieros no van a reconocer que están relacionados con las maniobras políticas. Sin embargo, es indudable que sus comportamientos están influenciados por quienes controlan la financiación y por quienes fijan la agenda del I+D.

#### 4. Diagnóstico y pautas de tratamiento

Nos encontramos ante nuevas formas de producción de conocimiento que requieren un salto hacia la interdisciplinariedad, una conexión más directa con la orientación y consecución de objetivos y un proceso de construcción mucho más interactivo, con participación de un amplio conjunto de actores. Ello significa



► **Figura 3.** Experimento de fusión nuclear por láser de alta energía.

una notable revisión en los patrones de gestión y actuación, así como en las pautas de conducta.

Las instituciones no pueden permanecer encasilladas en estructuras de corte disciplinar clásico, sino que deben adaptarse a la búsqueda de soluciones más flexibles, combinando probablemente elementos de carácter horizontal que sirven de apoyo a todas las actividades básicas con otros de carácter transversal que responden a las líneas o problemas que se estudian y que tendrán naturaleza cambiante. Esta combinación de fijeza y movilidad, de acomodación entre espacio y tiempo para la realización del I+D, constituye una de las más importantes transformaciones que los gestores de las instituciones científicas y técnicas, ya sean públicas o privadas, han de tener en cuenta.

Los actores, los expertos, han de modificar igualmente sus tradicionales modos de actuar. La ética de la responsabilidad *hacia dentro* que ha presidido el periodo de esplendor de la ciencia y la tecnología en este siglo, está superada. Esta superación ha tenido lugar por la evolución convergente de una serie de procesos: las propias quebras o déficits del sistema de control in-

terno, como ha puesto de relieve la aparición pública de casos de fraude; la emergencia de nuevas preocupaciones sociales que, a través de las organizaciones que defienden intereses más globales —medio ambiente, derechos de las sociedades y de grupos—, han lanzado a la arena del debate nuevas controversias con intervención de *nuevos* tipos de expertos enarbolando otros argumentos. La ética de la responsabilidad ha de diversificarse, extendiendo su actuación al debate público entre expertos con distintas pericias, confrontación que no puede ajustarse a las reglas tradicionales de una comunidad científica organizada en disciplinas. En esta visión ramificada de la ética de la responsabilidad, los expertos científicos y técnicos deben contribuir a la educación científica y técnica de la ciudadanía, a la divulgación del conocimiento científico y a las consecuencias de sus aplicaciones. Deben procurar, al mismo tiempo, hacer un esfuerzo de comprensión hacia los intereses de la ciudadanía media, sin rechazar *a priori* y sobre la base de una supuesta jerarquía de su *cultura* las preocupaciones sociales. En resumen, hay que trascender de visiones éticas reduccionistas para avanzar hacia aproximaciones holísticas.

Por último, y no menos importante, las sociedades científicas y las organizaciones profesionales, que han jugado un papel decisivo en las últimas décadas en el reconocimiento de las pericias y en el ejercicio de los saberes, han de empezar a asimilar estos cambios. Todo ello a pesar de la paradoja que encierra esta consideración.

El tiempo de la ciencia y la tecnología como elementos autónomos y limitados parece superado, para avanzar hacia una comprensión de las mismas como construcción social. Las orientaciones ciencia, tecnología y sociedad, que algunos asumimos de modo militante, parecen un instrumento adecuado para seguir esta trayectoria. ❧

# La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE: pasado, presente y futuro

Desde su creación en 1958, en el seno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Agencia de Energía Nuclear (NEA) ha recorrido una andadura de 40 años, con un papel muy destacado en el ámbito mundial nucleoelectrónico, que no se limita

sólo al aspecto del desarrollo energético, sino que abarca otros como el regulador, el de la seguridad sin riesgo indebido o la preservación del medio ambiente en un desarrollo sostenible; todo ello, en un contexto de sólido contenido tecnológico.

## 1. Orígenes de la NEA

En el escenario tras la II Guerra Mundial, la comunidad internacional se organiza bajo el criterio de la interrelación entre estados en el ámbito político (Naciones Unidas), en el económico (Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, etcétera) y en otros dominios conexos: social, educativo, sanitario, comercio y alimentario, entre otros. Nacen así (1946-1958) organizaciones supranacionales (Unesco, OIT, FAO, OMS, etcétera) con el alcance mundial del sistema de Naciones Unidas. En el ámbito internacional, sin alcance mundial total, sino restringido inicialmente a 24 estados con un grado de desarrollo socioeconómico considerado mínimo entre las economías de libre mercado, nace la Organiza-

ción para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con el objetivo de promover el desarrollo económico y la reconstrucción de un escenario devastado por la contienda.

Aunque operando *de facto* con anterioridad, pues la OCDE es consecuencia y continuación de la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE), creada en 1948, la OCDE alcanza la plenitud institucional jurídica el 14 de diciembre de 1960 al firmarse por los estados signatarios la Convención de la OCDE, en cuyo artículo 7 queda instituido el órgano decisorio máximo, el Consejo, y su composición a nivel de Ministros Representantes Permanentes de los estados signatarios. En el artículo 9 de esta Convención se constituye el Comité Ejecutivo y se faculta la creación de los cuerpos, agencias y comités superiores que hagan posible el desarrollo de las actividades que la OCDE se plantea como ra-

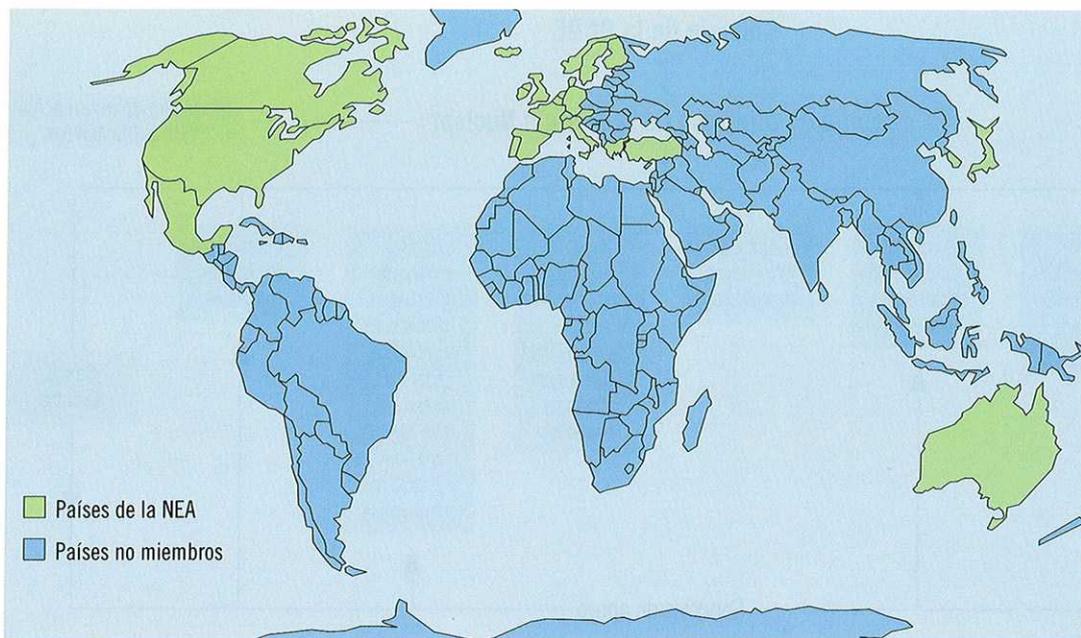
zón de su existencia. Estos cuerpos son inicialmente 15 y, entre ellos, ya quedan constituidos:

- La Agencia Internacional de la Energía (AIE).
- La Agencia Europea de la Energía Nuclear (EAEA).

La actual NEA tiene, pues, su origen en 1958 en un contexto europeo y antes de firmarse la convención de 1960. La EAEA nace con el marchamo de *club* y con el objetivo de intercambiar su potencialidad en recursos científicos y financieros para la aplicación de la energía nuclear como un factor determinante del desarrollo socioeconómico de los países.

Apenas comenzada la década de los 70, el 20 de abril de 1972, Japón se incorpora a la EAEA como primer país no europeo. Es entonces cuando EAEA se convierte en NEA y otros países no europeos se adhieren a la agencia: Australia, Canadá y EE UU. La figura 1 muestra el ámbito actual de la NEA. Con la in-

\* Físico y diplomado en Tecnología Nuclear. Profesor del Instituto de Estudios Nucleares de la antigua JEN, es asesor técnico de Relaciones Internacionales del CSN.



► **Figura 1.**  
Países  
integrantes  
de la NEA.

corporación a la agencia de la República de Corea y la reciente (1996) de México, Hungría y República Checa, la NEA queda constituida por 28 países.

## 2. La NEA hoy

En 1995, antes de la incorporación de México, Hungría y Chequia, el por-

centaje electronuclear en la producción eléctrica total de los entonces 24 países de la zona NEA se mantuvo estable en torno del 24% y la producción eléctrica de origen nuclear alcanzó 1.902 TWh (referencia 1).

En términos de capacidad electronuclear instalada en países de la NEA, y una proyección 1995-

2010, se recogen los datos que muestra la tabla 1 (referencia 2).

A fecha actual (1997), el 17% de la electricidad que se produce en el mundo es de origen nuclear y en Europa representa el 35% del parque eléctrico.

Apenas constituido en 1960 el Consejo de la OCDE, y con ocasión

► **Tabla 1. Capacidad electronuclear instalada en los países de la NEA (1995-2010).**

Países de la NEA	1995		2000		2005		2010	
	Net GWe	%						
Alemania	22,7	19,3	23,1	19,6	23,1	19,1	23,1	18,7
Bélgica	5,6	37,3	5,6	34,1	5,6	31,8	5,6	31,5
Canadá	15,4	13,6	14,7	13,0	15,4	12,7	15,4	12,2
Corea	8,6	26,8	13,7	26,0	18,7	27,5	26,3	33,1
España	7,0	15,2	7,0	13,2	8,5	14,8	10,0	14,7
Estados Unidos	99,0	12,9	100,0	12,4	100,0	12,0	91,0	10,4
Finlandia	2,3	17,0	2,6	15,8	2,6	15,6	2,6	15,6
Francia	58,5	54,4	64,3	56,8	64,1	54,7	67,0	54,0
Holanda	0,5	2,6	0,5	1,8	–	–	–	–
Japón	39,3	19,6	42,9	18,3	54,0	21,6	66,5	23,7
Méjico	1,3	4,0	1,3	3,5	1,3	2,9	1,3	2,3
Reino Unido	12,9	18,5	12,9	15,7	9,8	10,8	7,4	7,4
Suecia	10,0	29,3	10,0	28,7	10,0	28,7	–	–
Suiza	3,1	19,4	3,2	19,6	3,2	18,8	3,2	18,1
Turquía	–	–	–	–	1,0	2,4	2,0	3,3
<b>Total NEA</b>	<b>286,2</b>	<b>15,9</b>	<b>301,8</b>	<b>15,4</b>	<b>317,3</b>	<b>15,2</b>	<b>321,4</b>	<b>14,4</b>

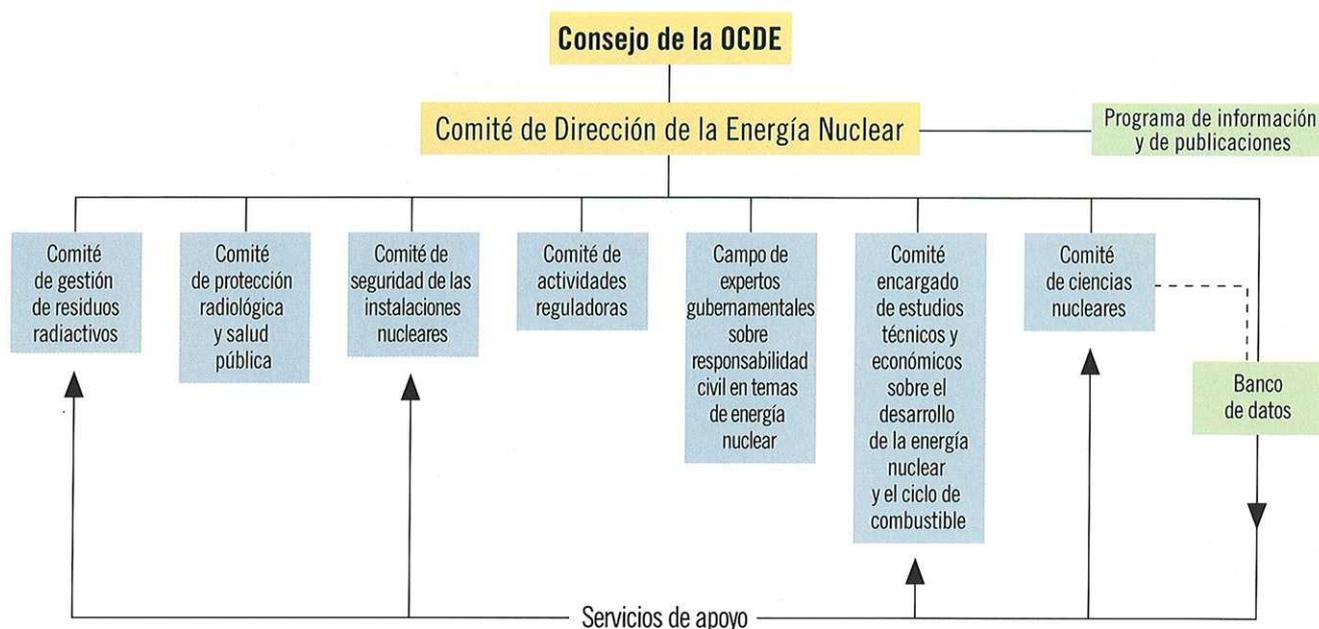


Figura 2. Organigrama de la NEA.

de la Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en Viena, tuvo lugar el 30 de septiembre del mismo año la firma del Acuerdo ENEA-OIEA. De modo similar, se firma el Acuerdo con la Comisión de las Comunidades Europeas (CEC). Ambas organizaciones, OIEA y la CEC, participan institucionalmente en los trabajos de la NEA y están presentes dos veces por año en su Comité de Dirección –en el que el Ministerio de Industria y Energía representa a España–, que eleva sus propuestas y recomendaciones al Consejo de la OCDE.

Datos detallados sobre las disponibilidades presupuestarias de la Agencia en relación con el Programa de Trabajo (POW) para 1997-1998 las encontrará el lector en el documento de la referencia 14. El capítulo 33 de su presupuesto, que reúne los costes esenciales del mantenimiento del Secretariado de la NEA, alcanza la cifra de 63,5 millones de francos franceses. El capítulo 34, que incluye los gastos del Banco de Datos, alcanza para 1997 la cifra de 18 millones de francos franceses.

El personal de plantilla de la NEA, aparte consultores y asesores contratados *ad hoc*, está cons-

tituido por unos efectivos de 80 personas (incluidos 41 profesionales de *staff*). Esta cifra no ha variado sustancialmente, salvo algún incremento de menor cuantía, desde 1995. La dotación presupuestaria total, incluyendo el Banco de Datos, es algo superior a 85 millones de francos franceses (referencia 15).

Aunque la NEA dispone de autonomía jurídica dentro de la OCDE y presupuesto financiero propio, mantiene relaciones estrechas con otros cuerpos y agencias de la organización. Sin poder ser la relación completa ni exhaustiva, por su prolijidad, mencionamos los siguientes (referencia 5):

- Agencia Internacional de la Energía (IEA).
- Directorado del Centro de Medio Ambiente .
- Grupo del Consejo para Economías no Miembros.

El carácter multidisciplinario de la NEA queda reflejado por las actividades de sus comités permanentes, en los cuales el CSN participa, junto con el Ministerio de Industria y Energía, tanto a nivel directivo superior, como en los cuadros de expertos, y que se describen seguidamente (figura 2) (referencia 1):

– *Comité de Gestión de Residuos Radiactivos (RWMC)*, que incluye los Comités de Expertos PAAG y SEDE.

– *Comité de Protección Radiológica y Salud Pública (CRPPH)*, en cuyas actividades se inscriben cuestiones relevantes de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y los ejercicios conjuntos de emergencias nucleares (INEX).

– *Comité de Seguridad de Instalaciones Nucleares (CSNI)*, que desarrolla actividades de investigación tecnológica en los Grupos Principales de Trabajo:

- Gestión de accidentes graves.
- Experiencia operativa y factores humanos.
- Comportamiento del sistema de refrigeración.
- Integridad de componentes del reactor nuclear.
- Confinamiento de residuos radiactivos.
- Evaluación del riesgo.
- Seguridad del ciclo del combustible.

– *Comité de Actividades Reguladoras Nucleares (CNRA)*, que incluye, entre otras, las prácticas de inspecciones reguladoras.

– *Comité de Ciencias Nucleares (NSC)*, que abarca cuestiones di-

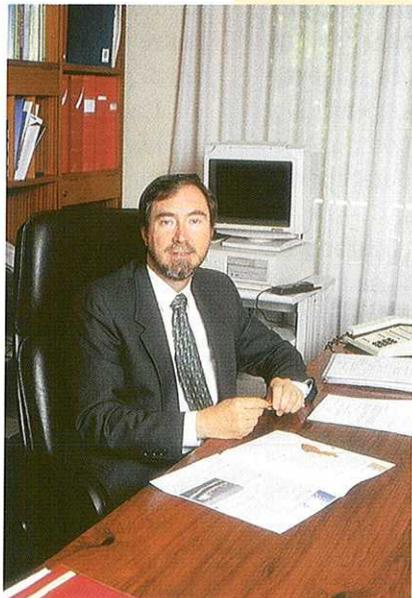
versas en aspectos físicos de reciclado de plutonio y la cooperación internacional para la medida de datos nucleares (Banco de Datos).

### 3. Actividades de I+D. Proyectos internacionales conjuntos

Con un sólido fundamento tecnológico, la NEA fue pionera en proyectos de investigación con financiación y ejecución conjuntas. El primer proyecto conjunto de la NEA fue Eurochemie (Compañía Europea para el Proceso Químico de Combustibles Irradiados), que marca el compromiso de la Agencia en diciembre de 1957.

#### 3.1. Proyecto LOFT

En 1982, la NEA diseñó conjuntamente con el Departamento de Energía (DOE) de Estados Unidos un proyecto conjunto LOFT (Loss of Fluid Test) para la simulación, en condiciones físicas reales, del comportamiento de los reactores nucleares de agua ligera, ante la situación de pérdida de refrigerante. Antes de esta fecha, entre 1976 y 1979, ya había tenido lugar en el laboratorio de Idaho Falls, la instalación de simulación real con un reactor de 50 MWt, como modelo extrapolable para simulación a escala de una planta de 3.000 MWt y para estudiar el comportamiento termohidráulico ante sucesos iniciadores de secuencias perturbadas. El accidente de TMI-2 fue el aldabonazo que llevó a la NRC a considerar la ampliación de los experimentos LOFT, hasta entonces circunscritos a la simulación de grandes roturas de la barrera de presión



### Luis Echávarri, director general de la NEA

“El trabajo de la NEA en estos 40 años ha contribuido decisivamente a alcanzar un alto grado de seguridad nuclear”

El pasado 1 de julio, Luis Echávarri tomó posesión de su cargo como director general de la NEA. Este hecho merece una especial consideración en la revista *Seguridad Nuclear*, que suma a la enhorabuena al que fue consejero del CSN entre 1987 y 1994, el agradecimiento por permitir a los lectores conocer algunas de sus opiniones a través de esta entrevista.

*Pregunta- La energía nuclear en el mundo occidental es criticada en razón de su supuesta inseguridad y de los residuos radiactivos que genera. ¿Cómo cree usted que puede actuar la NEA para mejorar esta situación?*

Respuesta- La NEA, como organización de la OCDE, reúne a los responsables gubernamentales de la seguridad nuclear y de la gestión de los residuos radiactivos de los países más desarrollados. El trabajo conjunto de todos ellos, durante casi cuarenta años ya, ha contribuido decisivamente a una homogeneización internacional de criterios en ambos campos y a alcanzar un alto grado de seguridad.

Creo que los gobiernos, las autoridades reguladoras de la seguridad y las entidades responsables de la gestión de los residuos están de acuerdo en esto; sin embargo, es cierto que la percepción de la opinión pública es distinta. Aunque la NEA no se relaciona directamente con la opinión pública, sus trabajos, y podríamos citar como ejemplo la opinión colectiva sobre el almacenamiento profundo de los resi-

duos de alta actividad, tienen una influencia importante a nivel gubernamental y a nivel político, y a través de estos estamentos llega a la opinión pública.

*P- ¿Cree usted que las relaciones entre los organismos nucleares españoles (públicos y privados) y la NEA son suficientes? ¿Existe una representación española adecuada en los diversos comités y en el staff?*

R- La relación entre los organismos nucleares españoles y la NEA lleva ya bastantes años siendo muy importante, aunque el peso de esa relación lo lleva el Consejo de Seguridad Nuclear, cuya participación en los comités y grupos de trabajo es muy notable. Quizá haya que pensar en una mayor participación de la industria en aquellas áreas de trabajo que están más relacionadas.

Sin embargo, la representación española en el Secretariado no está al nivel que le corresponde y creo que hay que animar a buenos candidatos españoles a que opten a los puestos que van apareciendo. Creo que sería muy interesante para la NEA y para España que se tuviese una representación, especialmente en las áreas de seguridad nuclear y de residuos, campos en los que nuestro país cuenta con una experiencia importante.

*P- ¿Existe una adecuada interacción entre los organismos nucleares mundiales (OIEA, NEA y Euratom)? ¿Hay casos de*

(continúa en la página siguiente)

(viene de la página anterior)

*duplicación de problemas y cómo puede afectar esto a la ampliación de la NEA a países del Este de Europa?*

R- Aunque todo es, desde luego, mejorable, creo que se está haciendo un gran esfuerzo de coordinación entre estos organismos internacionales, y que aunque se trabaja en los mismos campos, el grado de duplicación es mínimo. De hecho, existen mecanismos formales de coordinación entre los organismos. Por ejemplo, la NEA y el OIEA tienen reuniones periódicas de coordinación de sus programas de trabajo, y cada una de ellas invita a la otra como observadora a las reuniones de sus comités y grupos de trabajo. La Unión Europea participa también en esta coordinación.

En cuanto a cómo puede afectar la ampliación de la NEA a ciertos países del Este de Europa, creo que todo el mundo está de acuerdo en que la NEA no debe convertirse en otra OIEA, pero también creo que no existe ningún riesgo de que esto suceda. En primer lugar, la incorporación a la OCDE no va a ser masiva, ya que deben tener previamente unos baremos de desarrollo social y económico que no están al alcance de todos a corto plazo. Por otra parte, es importante destacar que el trabajo sustantivo de la NEA, especialmente en las áreas de seguridad nuclear, protección radiológica y residuos, requiere una experiencia y un nivel de desarrollo que tampoco todo el mundo tiene. En general, la NEA es el núcleo de un trabajo muy especializado, que posteriormente se extiende a los países que no están en la OCDE. Ahí es donde el OIEA tiene un papel importante.

*P- ¿Cómo cree que va a afectar la privatización y liberaliza-*

*ción actual al sector nuclear en los países de la OCDE y, en particular, a la seguridad nuclear?*

R- El tema de cómo la privatización de empresas y la liberalización de mercados afecta al sector nuclear de los países de la OCDE es de primera actualidad y ya se está trabajando bastante en él. De todas formas, yo distinguiría entre dos cosas diferentes. La explotación de centrales nucleares por empresas privadas no es nada nuevo, muchos países lo han hecho desde el principio, entre ellos el nuestro. Lo que es un reto nuevo es realmente la liberalización del mercado eléctrico, el tener que competir con otros productores. Aunque durante el periodo de adaptación al nuevo sistema puede haber consecuencias negativas en algún país para centrales determinadas cuyos costes de explotación sean muy altos; creo que las centrales que estén bien gestionadas se adaptarán bien y que a largo plazo la competitividad es beneficiosa para el conjunto de la sociedad.

Ahora bien, en el campo de la seguridad nuclear es importante seguir este proceso con mucha atención para evitar que un recorte excesivo de las dotaciones a la explotación afecte al nivel de la seguridad y que ésta se deteriore. La NEA, a través de sus comités, está ya trabajando en estos temas.

Creo que en esta cuestión se está abriendo un nuevo reto para las autoridades vigilantes de la seguridad nuclear, como el CSN, y para los organismos internacionales como la NEA.

*P- ¿París bien vale una misa, profesional y personal?*

R- Creo que, tanto profesional como personalmente, París bien vale no sólo una misa sino varias. De todas formas, todavía casi no he comenzado a disfrutarlo. ☺

(LOCA), con calentamiento del núcleo, tanto eléctrico como nuclear de fisión, a una nueva serie de experimentos para análisis de transitorios por pequeñas roturas y por pérdida del sumidero de calor o por transitorios ATWS (sin inserción de barras).

A raíz de estos antecedentes, es en 1982 cuando el DOE ofrece a la NEA la instalación de Idaho y nace el proyecto LOFT-OCDE.

La adhesión de España al proyecto LOFT se demora hasta 1984 y tiene lugar finalmente el 8 de febrero de 1985, con reconocimiento de efectos retroactivos. El Ministerio de Industria y el CSN impulsan eficazmente la participación española por medio de un Consorcio (CSN, Ciemat, Unesa, UPM y más recientemente Enresa). Se constituye un Comité de Dirección LOFT-España (referencia 6), que presidió un representante del Ministerio de Industria. España entró entonces como miembro de pleno derecho entre los 10 países que participaron en el proyecto (figura 3).

La descripción de actividades queda reflejada en detalle en la referencia 6 y la clausura y recapitulación de resultados de este proyecto tuvo lugar en Madrid (9-11 mayo 1990).

### 3.2. Proyecto Rasplav

La palabra *rasplav*, en ruso *fundición*, correspondía inicialmente al nombre de un código de cálculo que está siendo desarrollado conjuntamente entre la Academia de Ciencias y el Instituto Ruso de Investigación Atómica Kurchatov, que actúa como agente de este proyecto auspiciado por la NEA. Este proyecto tiene como objetivo general el estudio del comportamiento termomecánico y termohidráulico del fondo de la vasija de un reactor sobre la que se ha depositado material fundido *corium*, mientras aquella es refrigerada desde su cara exterior (referencia 7). El CSN ha participado en la primera fase de este proyecto, que abarca desde septiembre 1994 a julio 1996. Re-

## OECD LOFT MANAGEMENT BOARD MEETING

TETON VILLAGE, JACKSON, WYOMING  
JULY 7-8, 1988



AUSTRIA FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY FINLAND ITALY JAPAN SPAIN

► **Figura 3.**  
Reunión en Wyoming (EEUU) del grupo de gestión de los diez países del proyecto LOFT en 1988.

cientemente la Agencia NEA ha propuesto la continuación de actividades en una segunda fase, hasta julio del año 2000.

Los países que han participado en esta primera fase son todos los miembros de NEA con centrales nucleares en su territorio, incluyendo la República Checa y Hungría, así como Rusia, en tanto agente principal del proyecto, aunque no pertenece a la agencia.

### 3.3. Proyecto Halden

Este proyecto auspiciado por la NEA utiliza las instalaciones del Centro Nacional de Halden (Noruega) y es uno de los primeros proyectos de la agencia. Su campo de actividad se refiere a áreas de interdependencia combustible nuclear y materiales, y sistemas hombre-máquina. España aceptó el ofrecimiento de participación en este proyecto para el trienio 1991-1993 y después para 1994-1996 a través de un convenio nacional integrado por Ciemat, Enusa, DTN-Unesa, Tecnomat y CSN. Esta prevista una fase de ampliación para el periodo 1997-1999 (referencia 11).

Desde mediados de los años 60, el Proyecto Halden (creado en 1958) dirige su campo de investi-

gación hacia el combustible de los reactores de agua ligera:

- Desarrolla con éxito *sistemas* para instrumentar barras de combustibles que permitan el seguimiento de las medidas durante las operaciones del reactor (presión interna, temperaturas, elongación de vainas o de columna combustible, diámetro de barra).

- Introduce el concepto de *conjunto experimental* mediante el que consigue independizar los diferentes programas de irradiación: tipo de combustible, instrumentación, historia de irradiación, flujo neutrónico, transitorios de potencia.

- Incorpora la posibilidad de *lazos aislados* que permiten establecer condiciones ambientales particulares en un determinado conjunto experimental: caudal, presión, temperatura y química del refrigerante.

- Articula una organización que facilita la *colaboración internacional* en la explotación de las capacidades de sus instalaciones.

España forma parte del proyecto Halden desde 1991. En los dos trienios de vigencia del convenio nacional, podemos constatar el beneficio obtenido por la industria nacional de ingeniería y tecnología

nucleares, que se resume en los siguientes aspectos:

- Determinación de una correlación entre la degradación de la conductividad térmica del óxido de uranio con el grado de quemado.

- Identificación de los mecanismos de retraso en la liberación de gases de fisión debidos a la compresión de las pastillas por la vaina cuando el huelgo está cerrado.

- Conocimiento preciso de la cinética de la fluencia mecánica de las vainas, a tracción y a compresión.

- Datos precisos de pérdida de conductividad térmica de la pastilla combustible por presencia de gadolinia.

### 3.4. Proyecto TMI-VIP

A raíz del accidente de la central nuclear de Three Mile Island (TMI-2) de EEUU, en la unidad 2 de dicho emplazamiento, la NEA, conjuntamente con la NRC y otras organizaciones de diez países, promueven un proyecto internacional para la investigación de la vasija de presión (VIP), al que se adhiere España, el CSN como signatario.

Se formalizó un acuerdo internacional, que se firmó en París (27 de junio, 1988).

Las observaciones que tuvieron lugar durante la extracción del combustible del núcleo del reactor TMI-2 indicaron que el accidente tenía mucho mayor alcance del que se desprendería de la evaluación preliminar del DOE, resumida así:

- Los materiales fundidos del núcleo se desplazaron lateralmente a través de las placas de conformado del núcleo hacia la zona del retorno del núcleo entre dichas placas y el barrilete del núcleo.

- Existían pruebas visibles de daños térmicos en las estructuras instrumentales de la cámara colectora inferior y alrededor de los orificios de circulación en el distribuidor.

Un informe técnico preliminar del proyecto OECD-TMI-2 entre los participantes con la NEA (referencia 16) arrojaba ya en 1993 un considerable volumen de trabajo según una metodología bien establecida. Resumimos seguidamente las principales conclusiones:

- Se eliminaron los fallos de tubos como causantes potenciales de los mecanismos originarios del accidente.

- La refrigeración de *debris* debió haber tenido lugar durante las dos primeras horas después de la re colocación de los mismos.

El CSN, a través de un consorcio nacional de significación cualificada –Unesa, Ensa, Tecnatom y Ciat–, participa en este proyecto de la NEA en el contexto de la actividad reguladora en la integridad de componentes y estructuras.

### 3.5. Otros proyectos conjuntos

En varias fases sucesivas la NEA ha dirigido la cooperación internacional en el proyecto PISC sobre integridad de componentes de acero, participando CSN y Ciemat.

Los proyectos que se han reseñado han tenido o tienen una mayor entidad y una participación significativa de instituciones españolas. Es evidente que la NEA auspicia, además, otros proyectos conjuntos que tienen su origen en las actividades de los comités permanentes, a través

de sus diferentes grupos de trabajo. Su enumeración completa excedería los límites de espacio a que esta sucinta descripción de la NEA se propone llevar al lector, quien puede encontrar en las referencias un detalle más completo.

A título indicativo, no obstante, son destacables las actividades de la NEA en la gestión de desechos radiactivos, que emanan del Comité Permanente RWMC con un nuevo proyecto que se abre a la participación conjunta: el Geotrap, sobre migración de radionucleidos en medios geológicos heterogéneos. Este proyecto reúne y sucede a las actividades del experimento de la mina Stripa y es una ampliación del proyecto Intraval ya concluido (referencia 13).

### 4. ¿Hay duplicidad NEA-OIEA?

No han faltado voces que han aducido una potencial o real duplicidad de actividades entre ambas organizaciones.

El director general de la agencia informó al Comité de Dirección (Steering Committee) de octubre 1995 que se había solicitado un informe de consultores, a nivel superior, sobre esta posible duplicación.

En febrero 1996, se da a conocer el *Informe Cunningham-González* (referencia 3), que incluye un extenso análisis de la situación planteada, así como una prospectiva a medio plazo. Un resumen de las conclusiones que presenta este informe incluye:

- La conclusión principal del informe de estos consultores es que la duplicación real entre ambas agencias ha sido mínima, ello debido a la fluida cooperación gerencial entre ambas.

- Recomienda acentuar el contacto entre ambas agencias, especialmente en el ámbito de la seguridad nuclear, de forma que las actividades duplicadas sean realmente complementarias.

- Una mera concurrencia temática en las convocatorias de actividades de ambas agencias no siempre significa duplicidad, ya que cada

una de estas organizaciones tiene carácter propio y distintivo, asumiendo la NEA una especificidad marcadamente tecnológica, resultado de una mayor homogeneidad entre sus miembros.

### 5. Conclusiones

A partir de 1994-1995, la NEA inicia una *apertura* hacia países que estaban iniciando una conversión socioeconómica hacia economías de libre mercado.

Esta tendencia se acentúa ya en 1996 y se incluye en la planificación a corto y medio plazo, como atestiguan las recomendaciones que el Comité de Dirección eleva al Consejo.

Asimismo, se constata cada vez más el número de convocatorias conjuntas OIEA-NEA. Las diferencias presupuestarias son marcadas, aunque ambas instituciones operan en régimen de *crecimiento cero* y es previsible que la NEA plantee actividades extrapresupuestarias sobre bases de contribuciones voluntarias.

Queremos concluir con unas consideraciones que se deducen del examen objetivo de la relación NEA-España a través de un largo periodo de tiempo:

- Un conjunto muy amplio de organizaciones españolas, incluyendo universidades, ha participado en unos proyectos cuyo nivel internacional ha planteado un reto de calidad y dedicación.

- Ha quedado siempre de manifiesto el papel importante y decisivo de la NEA en el crecimiento de la energía nucleoelectrónica a nivel mundial.

- La participación del CSN es activa a todos los niveles: en los puestos directivos de los comités permanentes, en los grupos técnicos de los mismos y una considerable aportación en reuniones técnicas.

- Se constata una necesidad de redefinición de identidad de la NEA según el nuevo marco mundial de las relaciones internacionales.

- La proyección hacia los países ligados anteriormente al bloque del Este sería cada vez mayor.

## Referencias

- (1) NEA, *Rapport d'Activité 1995*. Doc. SG/COM/PUB(96). (París, julio 1996).
- (2) NEA Newsletter, Vol.14 No.1 (1996). *Nuclear power in NEA countries*.
- (3) R.E. Cunningham, E. González Gómez. *A review of the role and activities of the OECD/NEA with particular reference to the interface with the IAEA*. Consultant Report to the Director General of the NEA. Doc. NEA /EN/(96)2. París, marzo 1996.
- (4) *Nuclear Energy Data* (Brown Book). NEA-1996.
- (5) OECD, *List of Bodies of the Organization, Mandates, Membership Officers*. (Publicación anual).
- (6) A. Alonso, M. Cortizas, J. De Carlos, E. De Matías, A.G. De Ubieta, A. López, J. Puiga. *Comité de Dirección, Proyecto LOFT-España*. Sociedad Nuclear Española, SNE No.48 (Nov. 1986).
- (7) *The OECD-Rasplav Project*. Prof. B.R. Sehgal (Royal Institute of Technology, Stockholm). Presentación al CSN (31 de mayo, 1995).
- (8) *The Nuclear Safety Programme of the OECD/NEA*. G.M. Frescura. Presentación al CSN (19 de diciembre, 1995).
- (9) P. Reyners (NEA, Legal Affairs). *Modernization of the Nuclear Civil Liability Regime*. Presentación al CSN (28 de mayo, 1996).
- (10) Consejo de Seguridad Nuclear. *Plan Quinquenal de Investigación (1996-2000)*. Enero, 1996.
- (11) *Proyecto OECD-Halden*. Jornada sobre Combustible y Materiales (CSN, Dtor, Ciemat, Enusa, Tecnatom). Ed. Ciemat, 17 septiembre, 1996.
- (12) *Chernobyl, Ten Years On, Radiological and Health Impact*. Informe OCDE-NEA. Comité Permanente CRPPH. Nov. 1995.
- (13) *The international IntraVal Project (Phase 2)*. Publicación NEA (Finnsjön, Stripa, Aligator Rivers), 1996.
- (14) *Programme of Work for 1997-1998 and Estimates of Expenditures for 1997*. Doc. NEA/NE (97)1, de 8 de abril, 1997.
- (15) Doc. NEA/NE(96)9 de 23 de abril 1996. *Twenty-Fourth Report on the Activities of the OECD Nuclear Energy Agency*.
- (16) OECD-NEA-TMI-2. *VIP-Vessel Investigation Project*. Doc. TMI-V(93)EGOI (Marzo, 1993).

# El futuro energético en la Unión Europea

Dos de los tres tratados fundacionales de la Unión Europea tienen marcado carácter energético y, sin embargo, en la actualidad la UE carece de una Política Energética Común. Partiendo de esta

paradoja, el eurodiputado Robles Piquer desgrana en este artículo, que reproduce la conferencia que impartió en el CSN, su visión sobre el futuro energético que a su juicio tendrá la UE, y el que debería tener.

## 1. Introducción

El ámbito de la energía está fuertemente enraizado en la construcción europea. No es a causa del azar que dos de los tres tratados que instituyen las bases de la Unión lleven en sus propios nombres factores energéticos tan importantes como el carbón y la energía atómica. Sin embargo, es cierto que no hemos llegado a constituir una política comunitaria de la energía a título similar a las que existen en el campo de la agricultura (PAC) y otros, que ya incluyen la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

Me correspondió elaborar y presentar al Pleno del Parlamento Europeo el informe de la Comisión de Energía, Investigación y Tecnología —que así se llamaba entonces— sobre la Política Energética Común que redacté durante 1991 y que fue aprobado por el Pleno de mayo de 1992. En dicho informe se dice que, “considerando la notoria carencia de una Política Energética Común

(PEC), lo que constituye un obstáculo grave en el camino de la integración: 1. Lamenta profundamente que en la revisión del Tratado CEE que ha culminado en Maastricht el día 10 de diciembre de 1991 no se haya introducido ningún principio sobre el que asentar una verdadera política energética común (PEC)”.

La Comisión Europea, instada por el Parlamento, ha planteado de nuevo la posibilidad de abrir un capítulo al tema *energía*, como muchos hemos propuesto con argumentos que difícilmente se pueden contestar, pero que no parecen capaces de vencer el interés de muchos gobiernos en mantener su cuota de soberanía precisamente en este campo vital. Buena prueba de ello son las declaraciones y respuestas a preguntas parlamentarias de quienes tienen esta responsabilidad en el Consejo de Ministros de la Unión. En concreto, la Presidencia holandesa contestó con abrumador escepticismo a la pregunta que le formulé meses atrás, cuando el ministro de Energía de los Países Bajos compareció ante la respectiva comisión parlamentaria. Recientemente, no obstante, mi grupo en el Parlamento Europeo aceptó

presentar una enmienda que yo recomendé, en el sentido de que se introduzca un nuevo título en los tratados que proporcione a la política energética una base jurídica más sólida que la que resulta de aplicar, un tanto por los pelos, el artículo 235 del Tratado CEE. Recomendaciones análogas han sido formuladas por los gobiernos belga e italiano.

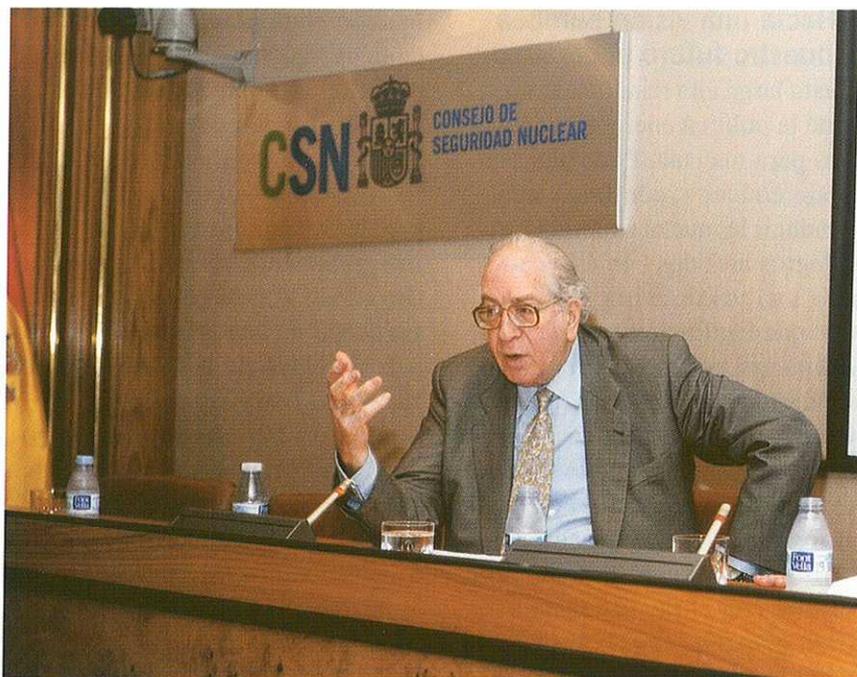
## 2. Las bases de una política de la energía común (PEC)

Que hasta ahora no se haya logrado una política energética común, una PEC, no quiere decir que el esfuerzo comunitario haya sido baldío en este campo. Por el contrario, creo que se han logrado metas aisladas o sectoriales, entre las que de modo destacado figura todo lo que se ha avanzado —que no es poco— en el mercado interior de la energía y, desde luego, cuanto concierne al futuro energético comunitario del que nos estamos ocupando.

En el informe mencionado de 1991-92, ya se hace un balance que incluye:

a) La serie de objetivos energéticos comunitarios aprobados en 1974, 1979 y 1986 y cuyos logros

\* Licenciado en Filosofía y Letras y en Ciencias Políticas, diplomático y ex-embajador de España, es miembro del Parlamento Europeo desde 1986.



► **Figura 1.** Carlos Robles, durante su conferencia en el CSN.

permitían señalar entonces que “podría pensarse que la ausencia de una política común ha constituido ya por sí misma una política bastante satisfactoria”. Se trata de objetivos tan ambiciosos como la reducción del crecimiento del consumo de energía primaria respecto al del PIB, la del consumo de petróleo hasta que represente sólo un 40% del consumo energético total, el uso de combustibles sólidos y nucleares para generar el 70 ó 75 % de la energía primaria, el fomento de las energías renovables y, en fin, una política de precios que estimule el ahorro energético y las fuentes alternativas, diversificando las importaciones necesarias desde distintas áreas geográficas.

b) La consecución del mercado interior de la energía, lo que incluye la eliminación de las fronteras técnicas y fiscales, la reducción del poder de los monopolios nacionales, la aplicación de reglas claras de competencia y el control de las subvenciones estatales, así como de los costes, las tarifas y los precios.

c) Los programas de investigación y desarrollo relativos a energía, dentro de los sucesivos programas marco de I+D y de las actividades

del Centro Común de Investigación, etcétera.

Pese a todo, sin embargo, la conclusión principal de nuestro análisis, que la Comisión Europea dijo entonces compartir, se expresó así: “Subsiste en todo caso el obstáculo fundamental: el de que, a todas luces, no podrá alcanzarse un pleno mercado común de la energía, ni siquiera objetivos que son o pueden llegar a ser necesarios en esta materia, si no contamos antes con una política energética común”. En efecto, ausente en aquella ocasión el comisario competente, mi ilustre amigo portugués el señor Cardoso e Cunha, me contestó en su nombre el comisario señor Van Miert, a quien estos temas afectan en el terreno de la competencia, y ratificó mi criterio con estas palabras: “No es normal que, por una parte, tengamos un gran mercado único y, por otra, políticas energéticas nacionales que sigan siendo nacionales en el futuro”. En esa situación seguimos cinco años después a pesar de que aquella petición ha sido reiterada por el Parlamento Europeo.

¿Cuáles son entonces los principales factores definitorios de esta deseable política futura? A mi

modo de ver, son tres: la seguridad de los abastecimientos en condiciones económicas favorables; la estabilidad y transparencia de los precios; y el respeto al medio ambiente. Pero también son muy importantes: la búsqueda de una fiscalidad homogénea, dada la finalidad casi exclusivamente recaudatoria en algunos países de los impuestos sobre el consumo último de energía; la aproximación entre los precios de la energía antes de impuestos; el aumento de la capacidad de negociación exterior; el logro de una visión de conjunto de la energía nuclear; la búsqueda de fuentes alternativas, limpias y renovables; una aportación clara a la preservación del medio ambiente; una mayor cohesión entre las regiones europeas por encima de sus dotaciones energéticas respectivas; una sostenida labor científica y tecnológica; una amplia cooperación europea con los países menos desarrollados; y una información veraz al ciudadano.

En la actualidad, el diagnóstico de 1991-92 al que me he estado refiriendo no se ha modificado sustancialmente, salvo un cierto deterioro en cuanto a las pretensiones. A comienzos de 1995 la Comisión decidió replantear este debate y publicó su *Libro Verde* que condujo al correspondiente *Libro Blanco* titulado *Una política energética para la Unión Europea*, importante documento en más de un aspecto, de diciembre de 1995. En el aspecto de la política común, sin embargo, la propuesta consiste de nuevo en establecer objetivos energéticos a nivel comunitario y en crear un marco de cooperación en torno a ellos, fijados por última vez en mayo de 1996. Nada que se parezca a que las políticas energéticas nacionales encuentren un molde comunitario al que adaptarse, puesto que no se reconoce ninguna competencia a la Comisión Europea junto a las que corresponden a la Agencia Internacional de la Energía y a los Estados miembros llegado el caso de una grave

dificultad de suministro. Como precedente de lo anterior conviene recordar las directivas de 1968 y 1972 que fijaron cantidades mínimas de reserva de petróleo correspondiente a 65 y 90 días respectivamente de consumo medio.

En el Pleno de mayo pasado, el Parlamento aprobó la propuesta sobre armonización de la cooperación en torno a unos objetivos energéticos comunitarios establecidos de común acuerdo. El ponente parlamentario, Sr. Stockmann, incluye en su exposición de motivos el siguiente expresivo comentario: "Llama la atención que la presente propuesta, aparte de exponer los objetivos energéticos establecidos de común acuerdo, limite el papel de la Comisión a tareas de información y supervisión y no aluda en absoluto a competencias específicas para acciones en el ámbito energético. En estas circunstancias parece imponerse la impresión de que la decisión propuesta supone el principio del fin de una política energética común: el papel de la Comunidad (Comisión) se reduce a una función coordinadora de las políticas energéticas nacionales. No se alude ya en absoluto a la necesidad de una política energética común (y a la incorporación de un capítulo propio relativo a la energía en el Tratado). La sospecha de que se pretende abandonar el concepto de una política energética común se ve confirmada por el hecho de que el Consejo, en los procedimientos presupuestarios de los últimos años, intentó introducir importantes recortes en el ámbito de la política energética (por ejemplo en 1996 y 1997) y que adoptó y sigue adoptando una actitud de bloqueo en una serie de iniciativas de la Comisión que contaban con el apoyo de principio del Parlamento: así, el programa Thermie II lleva años aparcado, el Save II fue recortado por el Consejo de 150 millones de ecus a 45 millones de ecus, y para el programa Synergy todavía no se vislumbra ningún acuerdo".

### 3. Hacia una visión europea de nuestro futuro energético

De esta larga cita resulta claramente que la política energética común no es para mañana. Podemos aspirar, sin embargo, con fundamento, a conducir la mucha experiencia —y los logros aislados— en este campo hacia una visión europea de conjunto que facilite la concertación y permita una adecuada información de los agentes económicos y sociales y de los ciudadanos en general. Seguramente a este fin nos ayudará mucho el documento que con fecha tan reciente como el pasado 23 de abril, ha publicado la Comisión Europea con el revelador título de *Visión global de la política y de las acciones en el campo de la energía*. A este documento me referiré más adelante.

Voy a destacar considerablemente algunos componentes de este futuro deseable, de entre los que más conciernen al Consejo de Seguridad Nuclear, importante e innovadora entidad de derecho público "independiente de la Administración Central del Estado", en la que se consumó en España la tendencia más general a separar, en materia de energía nuclear, las funciones de fomento e investigación por una parte, y de control y supervisión por otra. Creo que será bueno asomarse aquí a los siguientes aspectos de nuestra visión del futuro energético europeo:

a) la evaluación europea de la función de la energía nuclear y su relación con el medio ambiente;

b) el fomento de la transición a fuentes de energía renovables;

c) el mantenimiento de un nivel adecuado de investigación de desarrollo en el sector energético, incluidas las perspectivas más a largo plazo como es el caso de la fusión.

### 4. Hacia una visión comunitaria de la energía nuclear y del medio ambiente

En el informe mencionado de 1991-92, se incluía un considerando que subrayaba "la necesidad de una eva-

luación comunitaria de la función de la energía nuclear a la luz de las expectativas energéticas mundiales, de la evaluación del riesgo y de las garantías de seguridad a la vista de los incidentes ocurridos y de los problemas aún no resueltos, y a la luz igualmente del efecto invernal, todo lo cual destaca el interés particular de una previsión a medio y largo plazo de la oferta y la demanda de energía".

En relación con ello, desembocó en un vivísimo debate la tramitación parlamentaria de la comunicación que la Comisión presentó en septiembre de 1996 sobre las industrias nucleares en la Unión Europea (Programa indicativo nuclear, PINC, artículo 40 del Tratado Euratom).

El ponente parlamentario, Sr. Soulier, recuerda en su exposición de motivos que el sector nuclear abastece un promedio del 35% de la electricidad en la UE, y que, aun cuando no todos los Estados miembros de la UE intervenían en la producción de electricidad de origen nuclear, sí se ven todos afectados si se tienen en cuenta los reactores de investigación, la terapia médica, la elaboración de productos radiofarmacéuticos y las pruebas de materiales; enseguida señala acertadamente que "la cuestión ambiental no puede dissociarse del desarrollo del sector nuclear, por una parte en lo relativo a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, a la que contribuye, y, por otra, en lo referente al problema de los residuos radiactivos y la seguridad de las instalaciones".

Quizá conviene recordar algunas críticas que contiene el informe de referencia: la tendencia al incremento de los precios del mineral de uranio; que el sector industrial de enriquecimiento de uranio registra sobrecapacidad pero además ha de hacer frente a existencias procedentes de la CEI; que la gran diversidad de tipos de reactores existentes en la UE puede constituir un obstáculo a un verdadero mercado único; "que



► **Figura 2.**  
El Parlamento Europeo, en una de sus sesiones.

el programa indicativo no examina el problema del envejecimiento de la inmensa mayoría de las instalaciones nucleares existentes, a pesar de que será necesario realizar inversiones para su renovación a comienzos del próximo siglo, de acuerdo con las opciones políticas que se acuerden al respecto; y –por fin– lamenta que en el programa indicativo no se examinen con mayor interés los otros tipos de reactores”.

En materia de residuos y seguridad se plantean temas de gran interés, por lo que transcribo los siguientes tres párrafos:

“7. Recuerda que el combustible empleado en los reactores no puede almacenarse indefinidamente en las plantas de producción y que deberán adoptarse decisiones políticas y económicas sobre el destino final del conjunto del combustible utilizado, teniendo en cuenta la posibilidad de reciclaje de ciertos materiales, pero también los aspectos relativos a la seguridad y a los controles de seguridad en el proceso de reelaboración, acondicionamiento y almacenamiento.

9. Considera que es necesario proseguir la investigación sobre las técnicas de disminución de la radiactividad de los residuos o la eli-

minación de residuos, en particular mediante aceleradores de partículas para la transmutación o reactores subgeneradores;

10. Recuerda que es necesario adoptar urgentemente decisiones políticas e industriales, con objeto de realizar las inversiones necesarias a escala comunitaria y nacional para la instalación de plantas de almacenamiento definitivo de residuos altamente radiactivos procedentes del sector electronuclear y de los reactores de investigación”.

Por último, y como enlace con la sección siguiente, quiero señalar también el párrafo 15, que dice: “Considera que la investigación y el desarrollo tecnológico nuclear se conciben a largo plazo y que es conveniente, por lo tanto, equilibrar las inversiones para la investigación entre la energía nuclear y las demás fuentes de energía llamadas a desarrollarse, como las energías renovables”.

Como indiqué, el debate celebrado el pasado 15 de mayo en Estrasburgo fue de una gran viveza e incluso contundencia; no las alcanzaron en menor grado las votaciones que se celebraron en la misma mañana. Lo indica el hecho de que el informe, ya muy discutido previamente en las

comisiones parlamentarias afectadas (Energía y Medio Ambiente), fuera sometido al bombardeo de numerosas enmiendas, procedentes sobre todo de los grupos Verde, Izquierda Unitaria y Socialista, que tendían a subrayar la peligrosidad sin paliativos de la industria nuclear. Quince enmiendas clave fueron introducidas y cambió tanto la orientación del documento que el propio ponente solicitó una votación final negativa; por lo que, por 211 votos adversos y 129 favorables más 13 abstenciones, el Pleno del Parlamento Europeo rechazó la propuesta de resolución a cuya paternidad había renunciado el Sr. Soulier.

Por su parte, el Comité Económico y Social adoptó en su última sesión plenaria dos informes sobre energía nuclear y sobre energías renovables. En relación con el Programa indicativo nuclear, el Comité es muy crítico con la Comisión por la ausencia de cuestiones estratégicas esenciales: en particular la combinación de factores que conduciría a que probablemente la producción nuclear no prosiga en la mayoría de los Estados miembros después del periodo 2005-2010 (al concluir el funcionamiento de las centrales existentes). Entre estos factores se mencio-

na la persistente inquietud del público, a pesar de los excelentes resultados de la industria nuclear de la Unión en materia de seguridad, desregulación y apertura, por lo que el Comité recomienda no sólo mantener sino incluso mejorar las normas de seguridad vigentes en la Unión y esforzarse por mejorar la aceptación global de la energía nuclear por el público.

## 5. El nuevo papel de Europa en las energías renovables

Se trata en este caso de lograr un papel de liderazgo, que efectivamente ya empieza a ejercer. También es el papel que en este campo propone a España un centro de investigación como el Worldwatch Institute de Estados Unidos, que recientemente ha presentado su informe 1997. En el acto de presentación a comienzos de mayo en Barcelona, el vicepresidente de este instituto, Christopher Flavin, señaló: "Si España aprovecha sus condiciones naturales de elevada insolación y potencial eólico, podría ser líder mundial en el uso de energías renovables". Es significativo el planteamiento de este instituto acerca del desarrollo de las energías renovables sobre el telón de fondo del amplio incumplimiento del compromiso de Río de 1992 de congelar en el año 2000 las emisiones de gases invernadero en el nivel de 1990.

Conviene tener a la vista algunos datos generales que permitan interpretar las tendencias que se discuten en el campo de las energías renovables. En el estudio *Perspectivas del sector energético europeo hasta el 2020* de la pasada primavera, se constatan tanto el incremento sostenido de la demanda energética del 1% anual por término medio, como "la tendencia a depender cada vez más de terceros países, dependencia que podría llenar al 70% del consumo total en el 2020". Si pasamos del ámbito europeo al mundial, la cifra que más frecuentemente se maneja en cuanto a incremento anual del consumo es el 1,6% (como acaba de

hacerlo el FMI), pese a todos los esfuerzos de ahorro y uso más racional. En todo caso, si el crecimiento del consumo de energía es del 0,3% anual en el conjunto de la OCDE, puede llegar al 5,4% en Asia (es decir, sobre todo en China).

En este marco, el estudio mencionado anuncia la posibilidad de que las energías renovables "penetren con fuerza" en el mercado europeo. En la hipótesis tendencial el consumo se duplicaría de aquí al año 2020 (lo que significaría sobrepasar el uso de la energía nuclear en dicho año), pero en un mundo en que se considera que los problemas de medio ambiente se solucionan mediante transformaciones sociales de envergadura, como se expone en la *hipótesis del foro*, el uso de las energías renovables puede aumentar considerablemente a un ritmo del 5% anual, llegando a unos niveles tres veces superiores a los actuales<sup>1</sup>.

Como es lógico, ninguna de estas cifras está garantizada, aunque la citada *visión global* insiste en que la dependencia europea para ese año llegará a ser del 90% del consumo en lo que al petróleo se refiere, y del 80% en cuanto al carbón; pero muestran un horizonte que hay que contemplar con enorme preocupación, especialmente desde Europa, con este peso de dependencia energética y con su enorme responsabilidad medioambiental que se ve incrementada a causa de la terrible situación que la Unión encuentra en ésta y en otras materias en los países del Este y Centro de Europa que llaman a sus puertas.

En este contexto organizamos la Conferencia de Madrid en marzo de

1994 sobre Energías Renovables, que dio lugar a un plan de acción y a la posterior constitución de Eufores (Foro Europeo de las Fuentes de Energía Renovables), organización europea que me honro en presidir y que va consolidando una presencia en los foros comunitarios y también en los nacionales, a través de una serie de capítulos, como son el español, el griego, el italiano, el francés y otros en vías de constitución. Ello es el fruto de una serie de conferencias que continúan la labor emprendida en la de Madrid, donde ya se planteó un Plan de Acción que es objeto de sucesivas actualizaciones: Conferencia Mediterránea de Atenas en noviembre de 1995; Conferencia de Milán en junio de 1996; Seminario en Milton Keynes (Reino Unido) en junio de 1997; y también está en preparación la III Conferencia en una capital escandinava.

Tanto el Parlamento Europeo como la Comisión Europea han mantenido una actividad sostenida en esta materia. El Parlamento Europeo aprobó un dictamen del eurodiputado alemán Sr. Mombaur, que partió de la Declaración y Plan de Acción de Madrid una vez que estos documentos hubieran sido oficialmente enviados al Parlamento por la Comisión Europea, que había patrocinado aquella conferencia siendo comisario para la Energía Abel Matutes. Después la Comisión redactó un extensa comunicación en forma de *Libro Verde* con el expresivo título de *Energía para el futuro: fuentes renovables de energía*, documento orientado a elaborar lo que la propia Comisión definió "una estrategia comunitaria en esta materia". Esta comunicación ha tenido como consecuencia el dictamen de la parlamentaria, también alemana, Sra. Rothe, que fue aprobado sin dificultades en la misma sesión plenaria del mes pasado.

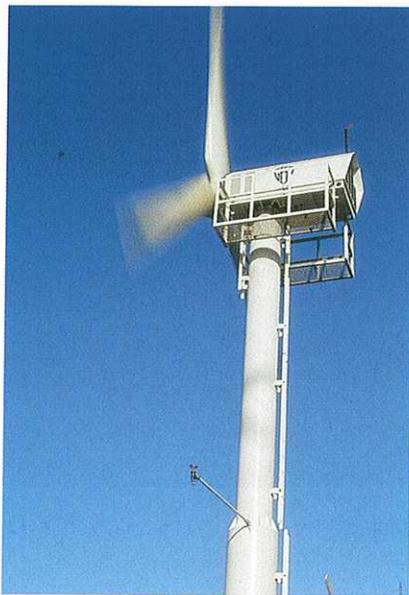
Este dictamen invoca por este orden: el ya mencionado *Libro Verde* de la Comisión; el Convenio de Río sobre el clima (1992); la Declaración de Madrid y su anexo el Plan

<sup>1</sup> *La energía en Europa hasta el año 2020*. Informe de la Comisión Europea. DG XVII. Primavera, 1996. La referencia a una *hipótesis del foro* alude a las 4 grandes hipótesis que se basan en: 1) la tendencia actual; 2) la hipótesis de *campo de batalla* (política de bloques, aislacionismo y proteccionismo); 3) la hipótesis de *hipermercado* (mercantilismo, liberalismo); y 4) hipótesis del *foro* (estructuras de consenso y cooperación internacional).

de Acción; su dictamen de mayo de 1993 sobre la propuesta de decisión del Consejo relativa al fomento de las energías renovables en la Comunidad –Programa Altener–; sus resoluciones sobre un plan de actuación de la Comunidad y sobre el *Libro Blanco* de la Comisión relativo a una política energética; y la decisión del Consejo de 3 de marzo de 1997 de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión para el año 2010 en un 15% referido al nivel de 1990. Sobre esta base, considera “que la cobertura de la creciente demanda de energía a nivel mundial con fuentes fósiles de energía provocará el aumento de los riesgos para el clima”, y que “la energía nuclear también entraña riesgos y además está afectada por problemas de eliminación de residuos” y considera también “que es necesaria ante todo la internalización de los costes externos que se evalúan en relación con las diferentes fuentes de energía”; ya que “el Tratado CEEA ha demostrado ser un instrumento eficaz para la promoción de la energía nuclear durante las cuatro últimas décadas y que es necesario un éxito similar en el ámbito de las fuentes renovables de energía”. El párrafo esencial del informe, en el que tuve la honra de ser ponente en la sombra en nombre de mi grupo, reza así: “Pide en particular la inclusión de los siguientes puntos en el *Libro Blanco* y en su plan de acción: a) el establecimiento del objetivo de orientar la política de la UE y de los Estados miembros hacia el aumento de la cuota correspondiente a las fuentes renovables de energía, para sustituir como mínimo el 15% del consumo de energía primaria convencional en la Unión el año 2010”.

En este momento es claro para los observadores más serenos que la energía nuclear y las energías renovables están unidas en su desarrollo futuro por dos aspectos de gran trascendencia humana y social. El primer aspecto es el de la necesaria inflexión en materia política medioambiental vista en el necesario

marco mundial, que es el que hay que contemplar en primer término dado el escaso relieve natural de las fronteras políticas y culturales. Los responsables saben que tienen que escoger entre la no reducción de los gases invernadero –o su constante crecimiento– y el uso razonable de fuentes que pueden plantear problemas, como la energía nuclear, o que no están suficientemente desarrolladas, especialmente en cuanto a costes, como las alternativas, pero que pueden ser las claves de la transi-



► **Figura 3.** El desarrollo de las energías renovables es una preocupación de la UE. En la imagen, un aerogenerador.

ción, acompañadas del uso creciente del gas natural, sin duda la menos contaminante de las fuentes fósiles de energía. El segundo aspecto es el de la investigación y el desarrollo tecnológico al que me refiero seguidamente.

## 6. Un nivel adecuado de I+D en el sector energético

Tampoco en esta materia, que es de excepcional importancia, se presenta una situación satisfactoria. En su afán de *concentrar* los programas específicos en búsqueda de un valor añadido comunitario, la comisaria Edith Cresson y sus servicios han aprisionado a toda la

energía en un amplio cajón de sastre bajo el título *Promoviendo un crecimiento competitivo y sostenible*, tercero de los programas temáticos –en contraposición a los tres llamados horizontales– en el que precisamente la energía (bajo el título de *Sistemas y servicios energéticos avanzados*) habrá de competir con los nuevos materiales, todo tipo de sectores industriales, aeronáutica, automóvil, química, biotecnología, incluso con campos muy innovadores, pero hasta ahora poco definidos, como la *ciudad del futuro*, etcétera. Ésta es, desde luego, una posición no consolidada, a la que España y otros países están mostrando bastante resistencia.

En este contexto de general indeterminación tiene lugar una mayor indefinición comunitaria –si caben en dos campos a los que deseo referirme aquí, como es el de la seguridad de los reactores y la radioprotección, y otro que se relaciona con las tareas del CSN por su vinculación con el átomo, aunque sé que lo hace por un camino científico y tecnológico bastante alejado, como es el panorama, que siempre se plantea a muy largo plazo, de la fusión.

Como ya he dicho, no disponemos aún de cifra alguna responsable, ni siquiera en términos porcentuales y sobre el Quinto Programa Marco. Pero en la aplicación del cuarto hemos presenciado un debate sobre el equilibrio en los gastos de radioprotección y programas de seguridad de reactores, dando lugar a una reserva presupuestaria para este último caso con tramitación específica previa justificación, como si se temiera que con estos proyectos se pudiera apoyar a la energía nuclear.

En cuanto a la fusión, los medios comunitarios, ante un horizonte de aplicación constantemente alejado y un gasto que se mantiene muy elevado parecen querer devolver el *toro* a las autoridades nacionales. Si se llega a desmantelar jurídicamente la empresa común de Culham y no se plantean

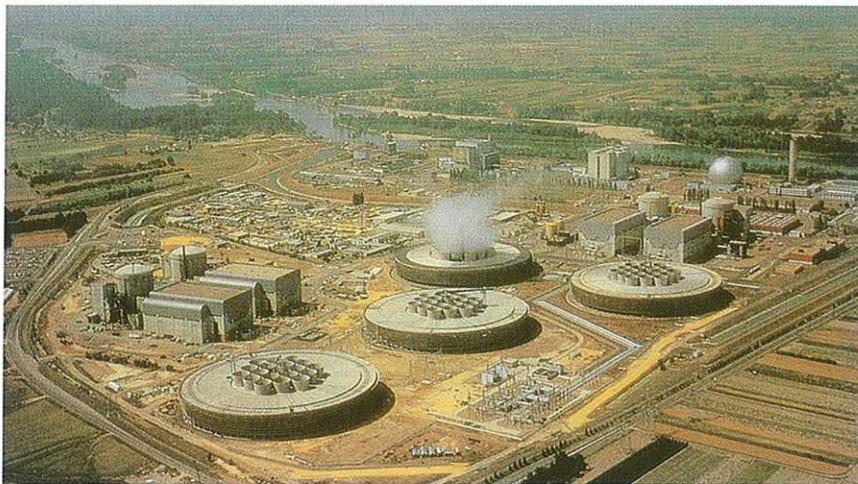
acciones importantes por Estados miembros europeos, como base para la cooperación a nivel mundial, es posible que el emplazamiento del ITER se vea desplazado a Japón o Canadá, que parecen seguir firmes en esta política, que es una política a muy largo plazo.

Para acabar, un resumen de la visión europea de la energía. Las fuentes que todos manejamos son claras en algunos aspectos: varias razones de mucho peso nos llevan a reducir el consumo de petróleo. En

rollado, aunque quizá otros van a tomar el relevo, como es el caso en particular de China. Sin duda, China es un buen ejemplo de que el creciente consumo energético, al que no puede sustraerse una economía en rápido desarrollo, tendrá que optar entre un aumento del uso de los antaño llamados átomos para la paz o la combustión de los riquísimos yacimientos de carbón, cuyos efectos contaminantes no se limitarán a su propia atmósfera. He aquí un buen tema de reflexión pa-

de nuestro horizonte energético, menciona continuamente estas fuentes con expresiones como la de que la compatibilidad entre los objetivos energéticos y medioambientales recibiría una contribución significativa con “la utilización más racional de la energía y de los recursos no fósiles como los renovables”, añadiendo también que “en particular, la utilización de fuentes nuevas y renovables y el uso de energías limpias permitirá (...) aumentar la seguridad energética de la Unión Europea”, recordando, por último, que su propia propuesta de marzo pasado sobre un marco comunitario de imposición de los productos energéticos permitiría “alentar mediante incentivos fiscales, las energías renovables y la internalización de los costes ambientales”.

Por fin, creo justo recordar la iniciativa de mi colega la eurodiputada laborista Eryl McNally, vicepresidenta de Eufores, quien ha logrado introducir en el informe de Rothe, mediante una votación muy reñida, la propuesta de que, si no es incluido en los tratados un título sobre energía, acepten los gobiernos celebrar una conferencia conducente a la firma de un tratado a favor de las energías renovables que ella bautizó como Euronew, y cuyo anteproyecto redactó fundándolo explícitamente en Euratom. No creo que sea alto el porcentaje de probabilidades de que esta iniciativa prospere, pero su simple existencia y el respaldo parlamentario que obtuvo son un indicio más de que las energías renovables suscitan aún dentro del prudente margen del 15% en el año 2010 fijado en la Conferencia de Madrid y ratificado en los documentos posteriores, esperanzas que no sería razonable rechazar. Quizá los gobernantes no debieran olvidar lo único que el pueblo ateniense, por boca de Diógenes, pidió a Alejandro Magno: que no le quitara el Sol, símbolo el más excelso de las fuentes de energías renovables. ☼



► Figura 4. Central nuclear de Chinon (Francia).

parte podemos compensarlo con un uso incrementado del gas natural. Tenemos en Europa poco margen para el crecimiento de una fuente limpia como es la hidroeléctrica, aunque los márgenes que hay deban ser aprovechados. Menos claras son las estimaciones en cuanto a energía nuclear y energías alternativas, vinculadas a decisiones que se relacionan con un tema de creciente voltaje político –por decirlo con un vocabulario energético– como es el del medio ambiente.

En cuanto a la energía nuclear, España, que nunca fue a la zaga en esta materia, parece que va abrir con Vandellós la experiencia de desclasificación que seguramente estará llena de enseñanzas para todos. En el futuro previsible no se dan estimaciones muy optimistas en este campo para el mundo desa-

ra todos nosotros, pero sobre todo para quienes dedican su principal entusiasmo a proteger el medio ambiente.

Volviendo, para terminar, a las fuentes de energías renovables, que constituyen el objeto de mi principal atención en este campo, querría mencionar tres datos que me parecen reveladores y recientes.

En primer lugar, me refiero al importante informe del *Royal Institute for International Affairs*, titulado *Renewable Energy Strategies for Europe*. El autor del estudio, Michael Grubb, afirma nada menos que “en menos de tres décadas las fuentes renovables podrían proporcionar la mitad de la electricidad europea”.

En segundo lugar, la comunicación ya citada de la Comisión Europea, que ofrece una visión global

# Equipos Nucleares S.A., una empresa nuclear en un mercado cambiante

Desde su constitución en 1973, las actividades de la empresa Equipos Nucleares se han ido adaptando a las demandas del mercado nacional e internacional. En este artículo se describe su

historia, sus recursos, sus trabajos y sus perspectivas de futuro, que se centran alrededor del producto nuclear, tanto en fabricación de componentes como en servicios de mantenimiento.

## 1. La industria nuclear en los años 1960-1975

Es bien conocido el proceso que dio lugar en España, en los años 1950-1960, al interés por la energía nuclear que se había comenzado a utilizar para los usos pacíficos de generación de energía eléctrica en los principales países desarrollados.

### 1.1. La primera generación: centrales llave en mano

Tras los procesos iniciales de formación, investigación, desarrollos en los campos científicos y de las fases industriales en el campo de los combustibles, llevados a cabo especialmente por la Junta de Energía Nuclear, se dieron los primeros pasos para la construcción de las primeras centrales nucleares, contratadas por empresas eléctricas o por asociaciones de las mismas a proveedores extranjeros por el procedimiento *llave en mano*. Los reactores elegidos fueron réplicas más o menos modificadas de

los primeros *reactores demostradores* construidos en los países de origen con la ayuda de los poderes públicos. La visión de los promotores respecto a un futuro que incluía un fuerte desarrollo de la demanda, problemas en el suministro de combustibles fósiles y la oportunidad de un salto cualitativo en el tejido industrial del país quedó justificada con los acontecimientos de los años 1970-1980, con la crisis del petróleo y el fuerte desarrollo industrial español.

La Administración pública, siguiendo los criterios de la época determinados por la política de desarrollo industrial y la carencia de divisas, impulsó la participación nacional en los suministros de las centrales nucleares desde la primera generación de centrales llave en mano. Para ello se utilizaron los mecanismos legislativos existentes, como la llamada Ley de Interés Preferente, y una fuerte protección arancelaria. Las empresas contratistas principales aceptaron el reto y ayudaron a la industria nacional a prepararse para contribuir a la construcción de las centrales mediante los oportunos procesos de

adaptación. En el campo de la fabricación de equipos mecánicos los resultados fueron modestos, llegándose a participaciones no superiores al 25%. Algo más allá fue la contribución española en los equipos eléctricos y fue muy reducida en la de instrumentación y control.

### 1.2. La segunda generación: reorganización de la industria

El gran despegue industrial español en el campo nuclear fue, desde luego, ligado a la decisión de las empresas eléctricas, hacia 1970, de construir siete unidades nucleares de gran tamaño, abandonando la contratación llave en mano. La industria de fabricación de componentes, a la vista de un mercado importante, decidió organizarse para abordar los suministros mecánicos, cumpliendo los requisitos de calidad que por entonces estaban ya codificados por Asme y otras organizaciones profesionales. No se trataba en general de inversiones importantes en equipo productivo ni fábricas nuevas, sino de una reorganización de los sistemas productivos y de manejo de la documentación técnica. Este esfuerzo

\* Doctor Ingeniero Industrial y diplomado en Dirección de Empresas, es presidente de Equipos Nucleares y de Enwesa Operaciones.

fue amparado por la nueva legislación industrial, especialmente la de fabricaciones mixtas. Los resultados de participación nacional fueron excelentes, llegándose a cifras del orden del 45-55%.

### 1.3. La tercera generación: creación de Equipos Nucleares

Para las centrales de la tercera generación, contratadas hacia 1974-1975 y afectadas, en parte, más tarde por diversas vicisitudes en las autorizaciones y finalmente por la moratoria impuesta en 1984, se estableció un objetivo más exigente, que incluía la fabricación de los equipos principales, llegando así a una participación del orden de 70-78%, considerada como el límite práctico, que excluía diversas materias primas y otros subcomponentes considerados como productos de fábricas de un umbral económico superior al permitido por el mercado español.

En 1972 se convocó un concurso público para la creación de una empresa capaz de fabricar y suministrar los equipos principales del llamado NSSS, incluyendo las vasijas a presión, los generadores de vapor, presionadores, estructuras de soporte del núcleo y tubería primaria, para reactores de cualquier tipo elegido por los propietarios. Las bases del concurso establecían un calendario exigente para la construcción de la fábrica y para el desarrollo de una capacidad productiva y del proyecto de los componentes, y otorgaba ventajas de tipo legislativo y fiscal. Al concurso se presentó una única propuesta suscrita por casi todos los fabricantes españoles de grandes bienes de equipo (Babcock-Wilcox, Mecánica de la Peña y Stein et Roubaix Española, del sector privado, y Maquinista Terrestre y Marítima, del INI). Esta propuesta fue aceptada por el Ministerio de Industria, que adjudicó a las sociedades citadas la creación de la empresa Equipos Nucleares S.A. y la construcción de la fábrica correspondiente.



► **Figura 1.** Trabajos de área limpia en generadores de vapor de las centrales nucleares.

En los últimos años del decenio 1970-1980 se tomó por la Administración la decisión de no constituir una empresa responsable del diseño del NSSS y del suministro del mismo. Con ello quedó consolidada la estructura de la industria nuclear con papeles preponderantes, por una parte, de los propietarios de las centrales, responsables de los acopios y de la construcción con la ayuda de las empresas de ingeniería y, por otra, de los sistemistas extranjeros, responsables del suministro del NSSS de la isla de turbina. Los fabricantes tenían como clientes estas entidades principales, de forma directa en el caso de algunos componentes y a través de proveedores de subsistemas, en otros.

## 2. Constitución de Equipos Nucleares

La empresa Equipos Nucleares se constituyó en julio de 1973 y se proyectó para cumplir con los requisitos del concurso. Para ello:

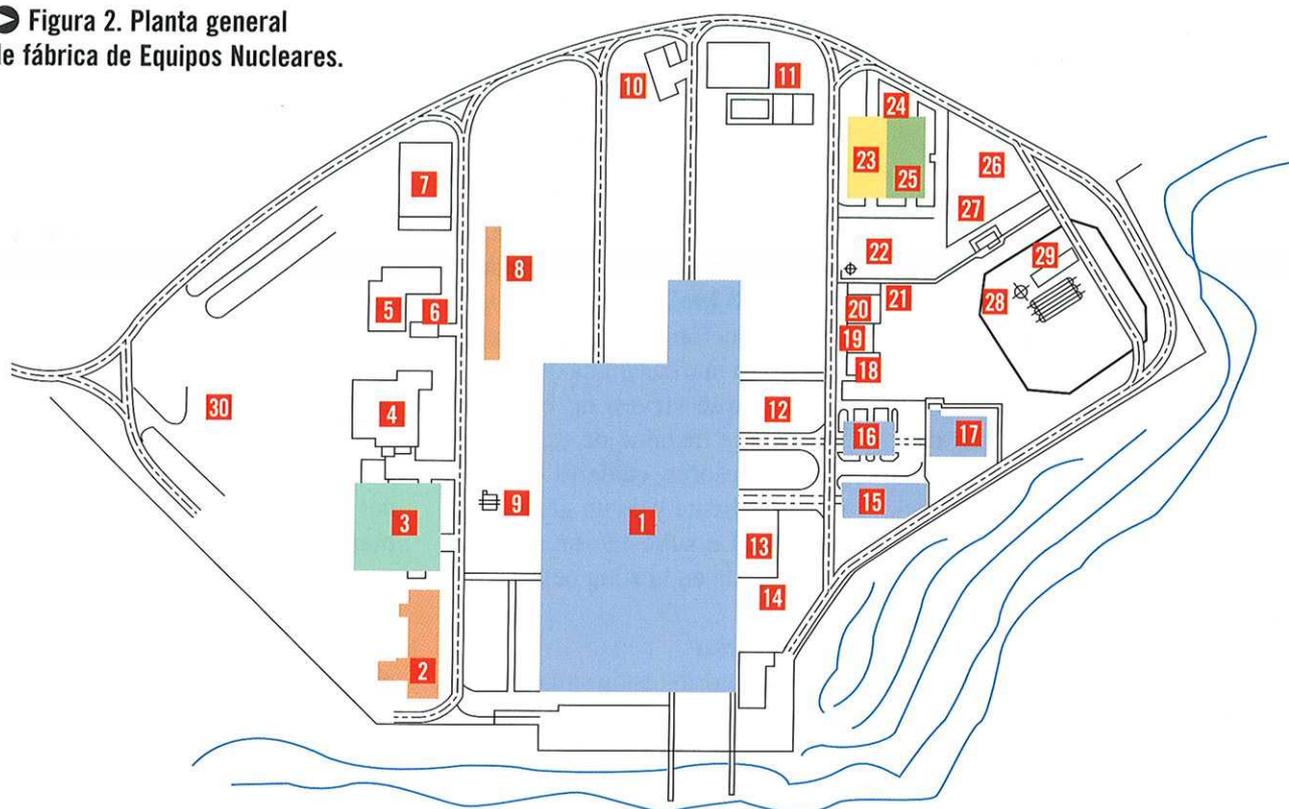
- Se eligió como ubicación de la fábrica la bahía de Santander, por su localización costera y la disponibilidad de mano de obra cualificada.
- Se solicitaron las oportunas concesiones administrativas.

- Se estableció un acuerdo de asistencia técnica con Breda Termomeccanica, de Milán –hoy Ansaldo–, que había entrado recientemente en el campo de la fabricación nuclear y era independiente de cualquier proveedor de NSSS.

- Se dimensionó la fábrica para una producción inicial de dos sistemas al año, ampliable a 3 sistemas (2 de agua a presión y 1 agua en ebullición) y para expediciones directas en muelle propio, con capacidad de izada y carga y descarga suficiente para los mayores componentes que pudieran fabricarse.

La construcción de la fábrica tuvo lugar entre febrero de 1975 y noviembre de 1976 sobre terrenos obtenidos por concesión administrativa y, en parte, por adquisición directa. El proyecto y la construcción fueron coordinados en todos sus detalles por la propia empresa y se confió en su ejecución a tres empresas de ingeniería: Edes –actualmente integrada en Initec–, Erpo y Sener. La inversión realizada, más los gastos de puesta en marcha, alcanzó los 5.000 millones de pesetas de 1975. El planteamiento financiero, siguiendo la práctica acostumbrada en aquel momento, se apoyó de forma importante en recursos ajenos, lle-

► **Figura 2. Planta general de fábrica de Equipos Nucleares.**



- 1 Naves de producción
- 2 Oficinas
- 3 Centro tecnológico
- 4 Cocina y comedor
- 5 Vestuarios
- 6 Clínica
- 7 Subestación
- 8 Oficinas portátiles
- 9 Planta depuradora
- 10 Carpintería

- 11 Almacenamiento de utillaje
- 12 Fosa séptica
- 13 Almacén de cupones
- 14 Fosa séptica
- 15 Horno
- 16 Granallado
- 17 Bunker
- 18 Fuel-oil
- 19 Calderas
- 20 Compresor

- 21 S. Bombas/DCI
- 22 Depósito de agua
- 23 Almacén
- 24 Oficinas Enwesa-Operaciones
- 25 Taller servicios
- 26 Parque de materiales
- 27 Calderas y DCI
- 28 Gasómetro
- 29 Generadores y vaporizadores
- 30 Aparcamientos

gando a un excesivo endeudamiento en dólares. Más tarde esto plantearía problemas importantes por los sucesivos aumentos de paridad del dólar, los altos tipos de interés y otras vicisitudes.

La plantilla, prevista inicialmente en 700 personas, fue luego reducida a unas 550 ante la evolución de las perspectivas del mercado nuclear. No obstante, la necesidad de simultanear la puesta en fabricación de equipos de distintas tecnologías y filosofías de calidad americana y alemana requirió configurar desde el primer momento una estructura técnica de apoyo –ingeniería, laboratorios, garantía de calidad, etcétera– que resultase suficiente.

La fábrica se construyó según el programa estipulado y el personal se adiestró simultáneamente en las oficinas y talleres de Breda y en las

instalaciones de los accionistas. Los contratos para la adquisición de las máquinas, grúas y equipos diversos se concedieron a empresas de primera línea mundial y en España en lo posible. Todo el proyecto de la planta y la organización de la empresa se realizó según el concepto de garantía de la calidad, que se recogió en el oportuno manual. Tan pronto como se pudo se solicitó la acreditación de Asme según la Sección III del Código. Esta acreditación se ha mantenido hasta el momento actual.

### 3. Descripción de la fábrica

El establecimiento industrial de Equipos Nucleares está situado en Maliaño, al fondo de la bahía de Santander. El terreno tiene 150.000 m<sup>2</sup>. La disposición general puede verse en la figura 2. El borde marítimo incluye un muelle propio, capaz

para embarcaciones convencionales hasta 10.000 toneladas y para buques con carga *roll-on roll-off*.

El producto se caracteriza por grandes dimensiones y pesos, mecanizados muy precisos y soldadura de alta calidad. Se parte en general de virolas pesadas de forja o de chapa conformada y soldada longitudinalmente, fondos conformados en caliente, placas tubulares y toberas forjadas, y haces de tubos de aleación de níquel. En los talleres se ejecutan las soldaduras circunferenciales, plaqueados interiores con materiales austeníticos, mecanizados, soldaduras de toberas, tratamientos térmicos, entubados, inspecciones, pruebas hidrostáticas, etcétera. El producto terminado se expide generalmente por mar, cargado directamente por las grúas pesadas que salen al muelle para carga directa sobre barco.

Las instalaciones constan de los elementos que se relacionan a continuación:

#### *Naves principales*

Las naves principales, con una superficie cubierta de 18.000 m<sup>2</sup>, están orientadas de norte a sur (figura 3):

– La nave ligera está servida por dos puentes-grúa, sobre los mismos carriles, con toberas capacitadas de 225 y 100 toneladas y altura de gancho de 17 metros. En esta nave se reciben virolas y fondos, se mecanizan bordes, se sueldan secciones de hasta 225 toneladas, se plaquean fondos, virolas y placas, y se sueldan toberas.

– La nave intermedia, gemela de la anterior, está servida por una grúa de 300 toneladas, con altura de gancho de 17 metros. En ella se encuentran dos taladros gemelos de barrenado profundo para perforar las placas tubulares de los generadores de vapor. Se dispone de una zona de área limpia, a presión positiva y esclusas de acceso, para el entubado y soldadura de tubo a placa tubular de los generadoras de vapor. En el momento actual se está instalando una máquina brochadora para efectuar el mecanizado de las perforaciones cuatrilobuladas en las placas de soporte de los tubos de los generadores de vapor.

– La nave pesada, dedicada a los mecanizados y montajes finales, está servida por dos puentes-grúa de 450 toneladas y 24 metros bajo gancho, y otro de 225 toneladas en carriles inferiores. Los carriles superiores salen a través de la fachada y continúan por ménsula volada sobre el mar, para la carga o descarga, directamente sobre buque, de elementos hasta de 1.000 toneladas. En esta nave se encuentra un centro de mecanizado con dos mandrinadoras pesadas y una mesa giratoria de capacidad 400 toneladas, así como un gran foso para las pruebas hidrostáticas finales de los componentes.

#### *Instalaciones de servicio*

Las instalaciones de servicio están en su mayor parte situadas en la zona este y constan de un horno de destensionado de solera móvil para piezas hasta 500 toneladas y alimentado por gas natural, una cámara de granallado y un acelerador lineal de 8 MeV para las radiografías de secciones de gran espesor, alojado en una casamata de gruesas paredes que sirven de blindaje. Además se dispone de un edificio de compresores, calderas de vapor y agua caliente y de un grupo eléctrico. La subestación eléctrica está situada en la zona oeste.

#### *Laboratorios*

Los laboratorios están situados en la zona oeste, y ocupan una zona de 2.025 m<sup>2</sup>. En la planta baja se encuentran el laboratorio de soldadura, en el que se efectúa la investigación y cualificación de procedimientos y la homologación y adiestramiento de soldadores, el taller de preparación de probetas, el laboratorio de ensayos mecánicos, el de análisis químico, el metalográfico, el de metrología y calibración y el de ensayos no destructivos, dotado de equipos para ensayos de ultrasonidos, líquidos penetrantes y partículas magnéticas. Además se dispone de una zona de recepción de materiales y un almacén de conservación de materiales de soldadura en condiciones ambientales controladas. Igualmente se dispone de un laboratorio de instrumentación y otro de automática, donde se proyectan, montan y prueban aplicaciones automatizadas o robots especiales para su uso en la fabricación o en el mantenimiento o reparaciones en zonas calientes de las centrales nucleares en operación.

#### *Edificios no industriales*

En la zona oeste se encuentran las Oficinas y el Centro de Cálculo, con un ordenador central y el correspondiente equipo periférico. En la actualidad la práctica totalidad de los departamentos están co-

nectados en una red informática, con ordenadores personales en todos los puestos de trabajo.

#### *División de servicios y almacenes*

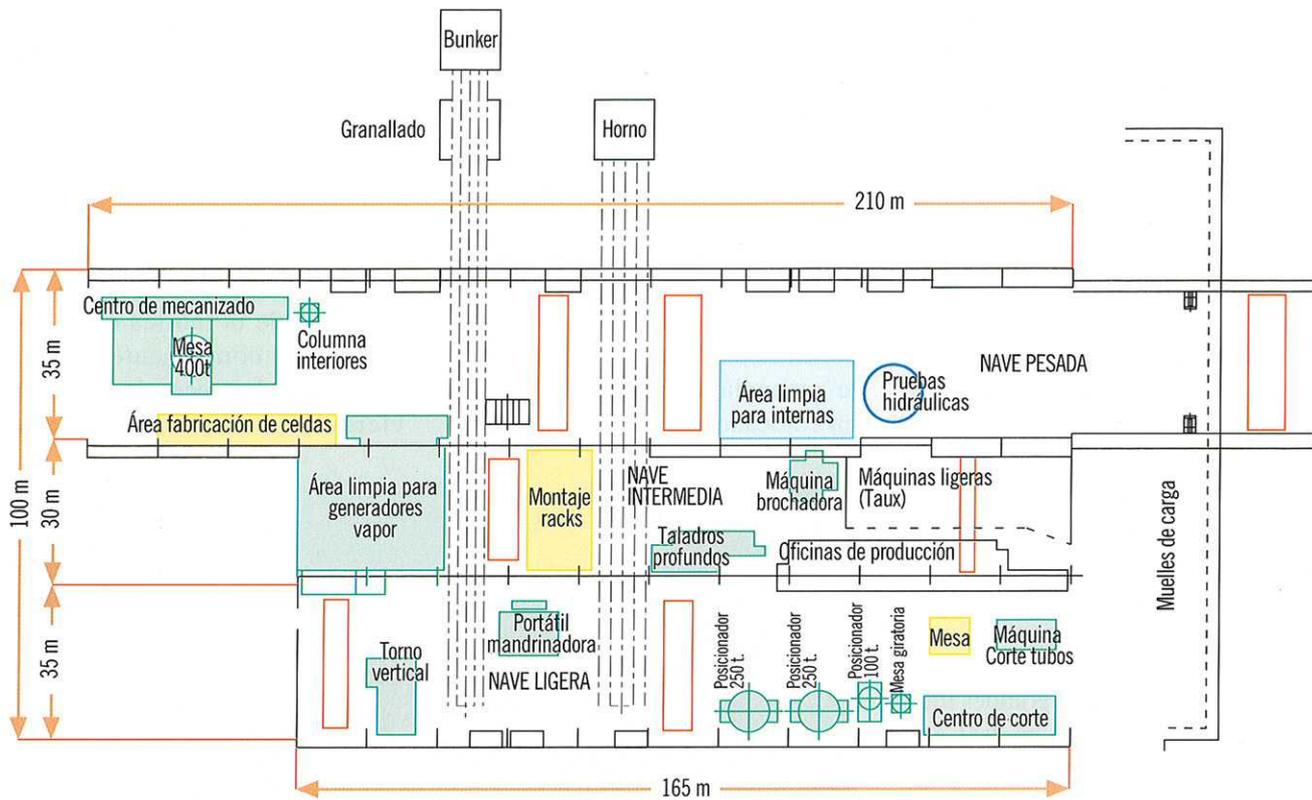
Se dispone de dos naves industriales gemelas y adosadas, una de las cuales se utiliza como almacén general y la otra es la sede de la compañía filial Enwesa Operaciones. En ella se adiestran y cualifican los procedimientos y los operadores, y se construyen y prueban los utillajes y los equipos para las operaciones de montaje, corte, soldadura y mantenimiento.

## 4. Actividades de la empresa

### 4.1. Primeras entregas. Cambios en el accionariado

La actividad industrial de Equipos Nucleares se inició con cinco contratos de centrales nucleares. Las de Sayago –que posteriormente no recibió permiso definitivo de construcción pero cuyo equipo principal se fabricó–, Valdecaballeros I y II, Vandellós II y Trillo I. Con posterioridad, sólo en 1981, se recibió un nuevo contrato para España, el de Trillo II.

Iniciados los trabajos en 1977, hubo de salvarse la barrera de una nueva tecnología exigente y avanzada. Las primeras entregas se produjeron en 1981 y 1982 para las vasijas de Valdecaballeros. Pero la evolución de los problemas nucleares, dada la contestación social desencadenada y la crisis industrial iniciada al final de los 70, hizo azarosa la vida de la empresa casi desde el principio. El contrato de Trillo I fue suspendido ya durante todo el año de 1978 y el de Valdecaballeros II durante todo el año de 1979. Todo esto tuvo consecuencias en la propia estructura de propiedad de Ensa. A los accionistas fundadores se habían incorporado todas las empresas eléctricas españolas que tuvieron hasta el 40% de participación en Ensa. Pero la contracción de programas, el ambiente antinuclear y las dificultades industriales generales, dieron



► Figura 3. Disposici3n general de las naves de producci3n de la fábrica de Equipos Nucleares.

lugar a la progresiva retirada de los socios privados de Ensa en la que, a partir de 1981, tuvo la mayoría el INI, quien, poco después, pasaba a ser el único propietario de la sociedad. Esta situaci3n continúa en el momento actual, siendo accionista único la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (Sepi).

A primeros de 1984, el establecimiento de una moratoria nuclear dejó a Ensa prácticamente sin el horizonte industrial para el que había sido creada. Fueron entregados los últimos equipos con destino a Vandell3s II y Trillo I y quedó suspendida la fabricaci3n de Trillo II.

#### 4.2. Diversificaci3n y plan de viabilidad

Ya con anterioridad, a partir de 1980, Ensa había organizado una Divisi3n de Servicios para atender a los componentes fabricados durante el periodo de garantía y prestar apoyo a las centrales nucleares en operaci3n, especialmente durante las recargas pero también de modo más continuado y en todos

los procesos de transformaci3n y mejora. A partir de esta primera diversificaci3n, la sociedad se planteó, ante la moratoria nuclear, la posibilidad de una reconversi3n profunda en su actividad fabril. Con el asesoramiento de consultores internacionales de prestigio se decidió intentar la penetraci3n en el campo de los equipos *off-shore* de gran dimensi3n y alta exigencia técnica. En tal sentido, desde mediados de 1984 y durante dos años, Ensa realizó un esfuerzo muy intenso, salvando con rapidez una nueva barrera tecnológica, para efectuar suministros de importancia destinados a los campos petrolíferos y de gas de los mares Cantábrico, del Norte y Mediterráneo. En ese periodo, el volumen de producto manejado y las horas/hombre producidas, multiplicaron respectivamente por factores de 8 y 4 los valores medios anteriores de Ensa. Sin embargo, la fuerte caída del precio de los crudos hacia 1986, junto con otras razones industriales, aconsejaron a la socie-

dad, de acuerdo con su accionista, el planteamiento de una estrategia diferente a plazo medio y largo.

Dicha estrategia se concretó en un plan de viabilidad desarrollado a lo largo de 1987-89. Se decidió concentrar la actividad de producci3n preferentemente en el campo nuclear, aunque de momento casi sólo se contase con la exportaci3n, potenciando al mismo tiempo la actividad de servicios. La dimensi3n de la empresa fue ajustada para adaptarla a las limitadas oportunidades del mercado, reduciéndose la plantilla en un 25% del total. Se previó, al mismo tiempo, el saneamiento financiero, con el apoyo del accionista, para reducir a términos normales el endeudamiento histórico.

En el campo de servicios se creó en 1985, en colaboraci3n con Westinghouse, la sociedad Enwesa Servicios, a través de la cual Ensa prestó desde entonces la mayor parte de sus servicios nucleares con actividad creciente. Para las centrales no pertenecientes al tipo

Westinghouse la prestación de servicios se hacía directamente por Ensa, representando todo ello más de la tercera parte de la cifra de negocios de la sociedad.

#### 4.3. La empresa durante la moratoria. Exportaciones

A partir de 1984 Ensa incrementó decididamente su actividad en el mercado internacional, sobre todo en el campo de los componentes nucleares, comenzando por la exportación de cuatro generadores de vapor para la central india de Kakrappur, pero accediendo también a mercados de parecidas características, como el de componentes para centros de investigación y organizaciones aeroespaciales: durante los años siguientes se entregaron grandes imanes para el acelerador Lep del Cern, y tres subreflectores para antenas de seguimiento espacial para Nasa. En 1989 se recibió de Siemens el contrato para la fabricación de tres generadores de vapor para la central de Döel-3, en Bélgica.

Simultáneamente se abrieron nuevas líneas de producto en el campo del almacenamiento de combustibles irradiados:

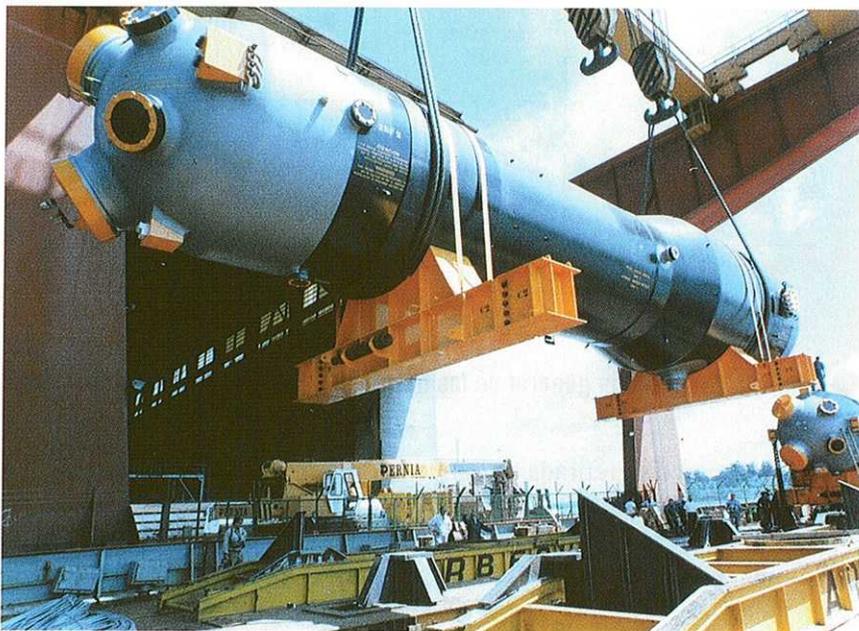
– Por una parte, se comenzó, en consorcio con Siemens, la construcción de bastidores densos para el almacenamiento de combustibles irradiados con destino a las piscinas de las centrales de Almaraz y Ascó, construidos en acero inoxidable borado. Posteriormente, se equiparon la mayor parte del resto de las centrales españolas con equipos del mismo diseño. También se ha accedido a la exportación de estos mismos elementos al Reino Unido, Alemania y Corea.

– Por otra parte, se comenzó una actividad de fabricación de cápsulas y contenedores para almacenamiento en seco de los combustibles irradiados, según varios diseños, efectuándose exportaciones a varias centrales americanas. Posteriormente, y mediante acuerdo con Enresa y la empresa americana Nuclear Assurance Corporation, Ensa

participó en el diseño y licenciamiento de un contenedor de pared múltiple que se ofrece en los mercados internacionales y en España.

En 1992 Ensa recibió del consorcio Siemens-Framatome un importante pedido de doce generadores de vapor de sustitución para las centrales de Almaraz y Ascó. La construcción seriada de estos componentes dio lugar a una importante ganancia de productividad que ha colocado a Ensa en primera lí-

la perspectiva de una reactivación de los mercados nucleares nacional y exterior a partir de la mitad del próximo decenio, que estarán abiertos a los fabricantes que hayan superado ese periodo, han aconsejado construir la estrategia de Ensa alrededor del producto nuclear y, en consecuencia, basar la actividad de la fábrica en la producción de componentes nucleares, atender las necesidades de servicios de mantenimiento de las



► **Figura 4.** Embarque de un generador de vapor para la central nuclear de Almaraz en la fábrica de Equipos Nucleares.

nea de competitividad mundial en el campo de los generadores de vapor. Se recibieron también varios pedidos de partes de generador de vapor para el programa francés, así como pedidos para la fabricación de tapas de vasija para sustituir las de Almaraz y Zorita.

En 1995 se recibió también, en dura competencia, el pedido de cuatro generadores de vapor tipo Westinghouse para la central de Quinshan-2, unidades 1 y 2, en China.

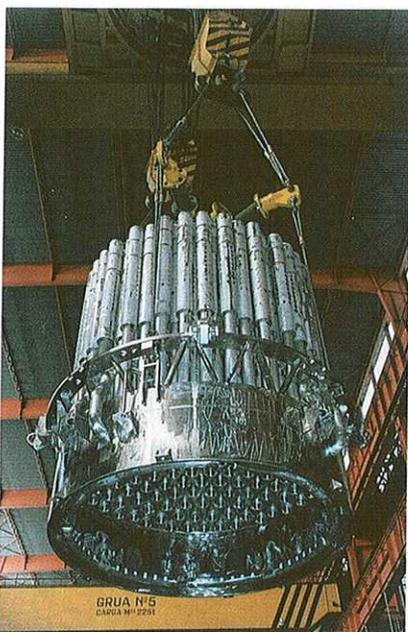
#### 5. El futuro. Internacionalización

El buen posicionamiento de la empresa en el difícil mercado actual y

centrales nucleares en explotación, a través de sus empresas participadas WTS y Enwesa Operaciones, intensificar la presencia en el tratamiento, almacenamiento y transporte de residuos radiactivos e introducirse en el naciente y previsiblemente creciente mercado de desmantelamiento de instalaciones nucleares.

Para desarrollar con éxito su actividad en una situación de los mercados tan difícil como la descrita, Equipos Nucleares debe apoyarse en sus capacidades que, básicamente, están constituidas por un equipamiento industrial, anteriormente descrito, potente y actualizado, apto para permitir la fabrica-

ción de los componentes de las máximas dimensiones y pesos, un personal altamente cualificado con extensa y notable experiencia en el mundo nuclear, un alto nivel tecnológico y un conocimiento profundo de las diferentes tecnologías (Westinghouse, General Electric, Siemens, etcétera) derivados de la fabricación de productos de diferentes sistemistas. Además, Ensa cuenta con capacidades internas de cálculo, diseño y desarrollo orien-



► **Figura 5.** Soporte del núcleo de la central nuclear de Olkiluoto (Finlandia).

tadas hacia el análisis de tensiones en componentes, diseño de procesos automatizados de soldadura y visión artificial y desarrollo de sistemas robotizados para fabricación y mantenimiento, una cultura de calidad arraigada desde la creación de la empresa con un nivel de calidad demostrado y validado por las acreditaciones y sellos Tüv, Iso 9001, Asme y unos niveles de productividad y costes que, conjuntamente con el resto de sus capacidades, sitúan a Equipos Nucleares en una alta posición competitiva a nivel internacional.

Desde esta plataforma Equipos Nucleares desarrolla una política de máxima cooperación con los princi-

pales tecnólogos, que se traduce en una serie de acuerdos estables, entre los que pueden destacarse:

- Una alianza tripartita de Ensa y otras empresas de Sepi con Westinghouse y British Energy para la actuación conjunta en diversos mercados. En la actualidad se lleva a cabo una intensa actividad en China para comercializar una central de 1.000 MWe basada en el diseño de Vandellós II, con modernizaciones que no dificulten su licenciamiento.

- La reestructuración de Enwesa Servicios para formar dos nuevas empresas: Westinghouse Technology Services, con participación mayoritaria de Westinghouse y minoritaria de Ensa, y Enwesa Operaciones, con mayoría de Ensa y minoría de WTS.

- El acuerdo de fabricante preferente asociado con Westinghouse, para actuar como fabricante de los componentes de Westinghouse en varios mercados, particularmente el americano de generadores de vapor de sustitución. Como fruto de este acuerdo se han recibido ya varios contratos para la fabricación de partes de generador de vapor para las centrales de Kori, en Corea y Shearon Harris y South Texas, en EEUU, y se proyectan más pedidos de generadores de vapor completos para el mismo mercado.

- Una continuación de las excelentes relaciones con Siemens, que se han plasmado en pedidos para la exportación de dos generadores de vapor de sustitución para la Central de Krsko (Eslovenia), recientemente contratados, y de dos juegos de bastidores densos para la central de Koeberg (Sudáfrica), en negociación avanzada.

- Una cooperación estrecha con General Electric, que ha dado como resultado la fabricación de unos importantes conjuntos de estructura interna, de nuevo diseño y fabricación compleja, para las vasijas de la central de Olkiluoto (Finlandia).

- La continuación del acuerdo con NAC para el desarrollo de contenedores y cápsulas para el almacenamiento, y la comercialización de estos elementos en diversos mercados.

Además de las líneas expuestas, Ensa participa desde hace años en los esfuerzos internacionales para el desarrollo de los futuros reactores avanzados –evolutivos y pasivos– de Westinghouse y General Electric, continuando su excelente relación con estas empresas y preparándose así para participar en el mercado de futuro.

## 6. Organización

La estructura organizativa de Ensa se ha establecido para llevar a cabo el objeto social de la empresa, garantizando la calidad de los elementos nucleares que fabrica, según los códigos aplicables. Las responsabilidades de todos los departamentos de la empresa están definidas en el *Manual de Garantía de Calidad* que abarca todas las actividades que afectan a la calidad, desde el diseño técnico, compras, fabricación, inspección, ensayos, evolución y control de suministradores, detección de elementos no conformes, acciones correctoras, análisis de sus causas, certificación, marcado y registros, hasta la entrega del elemento, incluyendo el suministro de materiales. El manual se complementa con los procedimientos generales que cubren los aspectos administrativos no relacionados con la calidad.

Los planteamientos estratégicos que deben ser sometidos al accionista, la definición de políticas y objetivos y la planificación, seguimiento y control de las actividades son desarrollados por un Comité de Dirección, integrado por el presidente y los directores, que actúa colegiadamente, dentro de un estilo de dirección participativa que busca la máxima integración de todas las iniciativas y potencialidades de la empresa. Ⓢ

# Noticias

- ▶ Consejo de Seguridad Nuclear ..... 38
- ▶ Información general ..... 40
- ▶ Centrales nucleares..... 41
- ▶ Ciclo del combustible y gestión de residuos... 42
- ▶ Protección radiológica y medio ambiente ..... 42
- ▶ Tecnología ..... 42
- ▶ Cursos y seminarios ..... 43
- ▶ Publicaciones..... 44

## ▶ CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

### Acuerdo de investigación con Unesa

El pasado 22 de septiembre, y en presencia del ministro de Industria y Energía, Josep Piqué, y del secretario de Estado de Energía y Recursos Minerales, Nemesio Fernández-Cuesta, los presidentes del CSN y de Unesa, Juan Manuel Kindelán e Íñigo de Oriol, firmaron un convenio marco de colaboración en materia de investigación.



Firma del acuerdo de investigación entre el CSN y Unesa.

El convenio, que tiene una duración de cuatro años y una financiación de 1.200 millones de pesetas, hará posible la ejecución y el aprovechamiento tecnológico de proyectos de investigación relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica. Los proyectos se desarrollarán, fundamentalmente, sobre el comportamiento del combustible, la termohidráulica, el análisis de riesgos, la integridad de los equipos y estructuras, la protección radiológica y los efectos de las bajas dosis de radiación.

### El CSN convoca cinco becas y nueve plazas de técnicos

El CSN convocó en junio cinco becas para titulados universitarios que desearan especializarse en seguridad nuclear y protección radiológica dentro de las siguientes cinco áreas: "Nuevas tendencias internacionales en normas y prácticas de garantía de calidad y su adaptación a los ma-

nuales y procedimientos de las instalaciones españolas", "Puesta a punto, validación y utilización del código de cálculo de blindajes MONP4A", "Estudio comparativo de los ejercicios de evaluación de la seguridad del almacenamiento final de residuos de alta actividad realizados hasta la fecha", "Desarrollo de aplicación de gestión de banco de datos para temas relacionados con el mantenimiento de las centrales nucleares" y "Estudios de fiabilidad humana en los análisis probabilistas de seguridad". Al término del plazo se habían presentado 145 solicitudes.

Por otra parte, el 30 de septiembre finalizó el plazo de presentación de solicitudes para la convocatoria de oposición para cubrir nueve plazas en la Escala Superior del Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del CSN, seis de ellas de libre acceso y tres de promoción interna, cuyas pruebas se celebrarán a finales del mes de noviembre.

### Resultados del plan de investigación del CSN

El próximo 10 de diciembre tendrá lugar en el CSN la segunda jornada sobre presentación de resultados del plan de investigación subvencionado por el organismo. Presentada por Juan Manuel Kindelán y moderada por el consejero Agustín Alonso, la jornada se desarrollará en dos sesiones dedicadas a la presentación de resultados de los proyectos de investigación en seguridad nuclear y a los de protección radiológica, respectivamente. En cada sesión se comentarán los avances en todas las actividades de investigación subvencionadas por el CSN y los resultados de cuatro proyectos específicos, presentados por sus investigadores. Información: (91) 346 0200.

### Autorización especial a Enresa del embalaje para transporte de cabezales de teleterapia

A propuesta del CSN, y con la colaboración del Ministerio de Sanidad y Consumo, en 1996 se iniciaron las gestiones para llevar a cabo la retirada, dentro de los plazos establecidos, de 33 equipos de teleterapia, de diferentes marcas y modelos, que se encontraban obsoletos y no cumplían los requisitos técnicos exigidos en la normativa actual. Aunque dichas retiradas deben ser gestionadas a través del suministrador de origen de los equipos, en aquellos casos en que esto no es posible se hace cargo de ellos Enresa.

(continúa en la página 40)

## PRINCIPALES ACUERDOS DEL PLENO DEL CSN

### Aprobada la contribución del CSN a la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I

El Pleno del CSN aprobó el estudio de impacto radiológico realizado para el proyecto de desmantelamiento propuesto por Enresa para Vandellós I, que formará parte de la Declaración de Impacto Ambiental a emitir por el Ministerio de Medio Ambiente.

### Modificación del sistema de gestión de contenedores en Juzbado

El Pleno del CSN informó favorablemente una modificación de diseño en la fábrica de elementos combustibles de Juzbado que permite la utilización de una parte de la zona de conversión para el tránsito de contenedores llenos y vacíos, mejorando la gestión del movimiento de éstos y disminuyendo la posibilidad de errores en su manejo.

### Propuesta de sanción a Santa María de Garoña

El Pleno aprobó una propuesta de sanción a la central nuclear Santa María de Garoña en relación con la realización de pruebas en servicio de las válvulas de seguridad y alivio del sistema de refrigeración del reactor, ya que debido a un error administrativo no se realizaron las inspecciones complementarias estipuladas en las especificaciones técnicas de funcionamiento tras detectar un problema de tarado en una de dichas válvulas durante la realización de unas pruebas.

### Apreciación favorable a los resultados de las pruebas tras la sustitución de generadores de vapor en Almaraz II

En el pasado mes de marzo se procedió a la sustitución de la tapa de la vasija y de los tres generadores de vapor de la central nuclear Almaraz II. Tras la realización satisfactoria de las pruebas de arranque, los resultados de las mismas fueron apreciados favorablemente por el Pleno del CSN.

### Ampliación de las piscinas de Vandellós II y Cofrentes

El Pleno del CSN ha informado favorablemente al Ministerio de Industria y Energía las propuestas para ampliación de la capacidad de las piscinas de almacenamiento de combustible irradiado de las centrales nucleares de Vandellós II y de Cofrentes.

### Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas industriales, médicas y de investigación

A lo largo de las reuniones celebradas entre el 28 de mayo y el 10 de septiembre de este año, el Pleno del CSN ha adoptado las siguientes resoluciones relativas a las



Central nuclear Vandellós I.

instalaciones radiactivas situadas en industrias, centros médicos y de investigación: 90 licencias de nuevas instalaciones y modificaciones de algunas ya vigentes, 6 propuestas de expediente sancionador, 18 clausuras de instalaciones y retiradas de material radiactivo, 3 registros de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X, 13 homologaciones de cursos, 627 licencias de operador tanto nuevas como renovaciones, 712 acreditaciones para operar y 42 para dirigir equipos de rayos X, 8 servicios médicos autorizados, 1 autorización para una Unidad Técnica de Protección Radiológica y 4 homologaciones de equipos radiactivos.

### Mejora de la inspección de instalaciones

La Oficina de Inspección del CSN ha realizado un análisis del sistema de inspección del organismo, en el que se han revisado todos los aspectos relativos a la inspección (número, actas, recursos, etcétera), tanto la realizada por los técnicos del CSN como la encomendada a las Comunidades Autónomas para instalaciones radiactivas. El Pleno del CSN ha acordado que se adopten acciones de mejora que optimicen estas tareas.

### Trabajadores de empresas externas

En su reunión del 16 de julio, el Pleno aprobó una resolución, para su publicación en el BOE, por la que se crea el Registro Oficial de Empresas Externas. Este es un requisito establecido por el Real Decreto 413/1997 de 21 de marzo sobre protección operacional de trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada, que a su vez es la transposición de la Directiva 90/641/Euratom. Su objetivo es contemplar de forma específica la protección radiológica operacional de los trabajadores pertenecientes a empresas externas (contratistas) a las empresas titulares de las instalaciones en las que pueden producirse intervenciones que supongan exposición a radiaciones ionizantes. Las empresas deberán inscribirse en el registro en el plazo de seis meses desde la publicación de la Resolución.

Con este fin, el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente el pasado 16 de julio la autorización especial del transporte del embalaje correspondiente al modelo de bulto CC-10, conteniendo cabezales de teleterapia provistos de una fuente radiactiva de Cobalto-60 o de Cesio-137. Se prevé que durante este año se procederá a la retirada de cuatro de estos equipos de diversos centros hospitalarios.

### Conferencias en el CSN

Elisabeth Cardis, doctora en epidemiología y en biomatemáticas y directora del programa sobre radiación y cáncer del Instituto del Cáncer de la Organización Mundial de la Salud, pronunció una conferencia en la sede del CSN el 27 de junio sobre los estudios epidemiológicos y las bajas dosis de radiaciones ionizantes. Durante su charla, la doctora Cardis puso de manifiesto las dificultades metodológicas que tienen este tipo de estudios, puesto que requieren una amplia población para determinar posibles efectos de una causa que, por lo general, resulta muy difícil de detectar. La conferenciante hizo un repaso de los más importantes estudios ya realizados internacionalmente y del que en la actualidad se está llevando a cabo sobre trabajadores profesionalmente expuestos.

Con el título de *El papel de la energía nuclear en el ámbito de la política energética europea y los papeles de los organismos reguladores*, la europarlamentaria María Teresa Estevan Bolea pronunció el 4 de julio una conferencia en el CSN. Durante la misma, habló de la importancia de la independencia de los organismos reguladores y de su carácter científico e insistió en la necesidad de dar a conocer al público la realidad de la energía nuclear teniendo en cuenta que hay que mantener una oferta energética global suficientemente abierta y compensada para garantizar la disponibilidad de recursos. La conferenciante, que también abogó por un mayor uso de las energías renovables, se mostró optimista con respecto al uso de la energía nuclear, a la que auguró un papel destacado como fuente energética en Europa durante de los próximos decenios.



Elisabeth Cardis (izquierda) y María Teresa Estevan, conferenciantes en el CSN.

### Primera reunión del Foro de Organismos Reguladores Iberoamericanos



Jornada de trabajo del Foro de Organismos Reguladores Iberoamericanos.

En la ciudad de Veracruz (México) tuvo lugar entre el 6 y el 9 de julio pasado la primera reunión del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores, constituido a iniciativa del CSN y en el que participan los países iberoamericanos con programas nucleares, Argentina, Brasil, Cuba y México. Durante la reunión se analizó la situación actual de las instalaciones y actividades en cada país, el cumplimiento de los principios básicos de la Convención sobre Seguridad Nuclear, las actividades reguladoras y el propio Foro, entre otros temas. Al término de la reunión se firmó una resolución conjunta, el Acuerdo de Veracruz, en la que se propone considerar la incorporación futura de otros países, como Portugal, Chile, Colombia, Perú y Venezuela, que si bien carecen de centrales nucleares, cuentan con algunas instalaciones, como reactores de investigación.

### ► INFORMACIÓN GENERAL

#### Nombramientos

Santiago San Antonio fue nombrado nuevo director general del Foro de la Industria Nuclear Española. Ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, ha desarrollado su actividad profesional desde 1972 en Tecnatom y, entre otros cargos, es miembro de la junta directiva de la Sociedad Nuclear Española.

La Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) decidió a principios del mes de septiembre la sustitución de Jorge Fabra como presidente de Red Eléctrica Española, cargo que ocupaba desde 1988, por Pedro Mielgo Álvarez. La vicepresidencia ha sido ocupada por María Luisa Huidobro, quien asume también la presidencia de la Sociedad Promotora del Operador del Mercado Eléctrico. Esta entidad, recién aprobada por el Consejo de Ministros, regulará los intercambios de energía eléctrica, actuando como una bolsa de compensación en dicho mercado.

Por otra parte, la Dirección General de la Energía, a cuyo frente se encontraba María Luisa Huidobro desde 1990,

ha sido ocupada por Antonio Gomis, ingeniero industrial procedente de la empresa Repsol, donde ha desempeñado diversos cargos en las áreas de logística y comunicación.

### Valencia acogió la asamblea anual de la asociación 'Women In Nuclear'

Creada en 1993 para agrupar a las mujeres que desarrollan su actividad profesional en el campo de la energía nuclear y las radiaciones ionizantes, la asociación internacional WIN (Women In Nuclear) cuenta ya con más de 500 asociadas de 35 países de todo el mundo. Su asamblea anual se celebró a finales del mes de mayo en Valencia, organizada por la sección española de la asociación, presidida por María Teresa López-Carbonell, y contó con la presencia de medio centenar de representantes de catorce países. Entre otras cosas se celebraron varias mesas redondas y se visitó la central nuclear de Cofrentes. También se presentaron los resultados de una encuesta, que ponen de manifiesto la diferente percepción que de los problemas nucleares tienen varones y mujeres.



Asistentes a la asamblea anual de la WIN.

### Aprobada la Convención Internacional de Residuos Radiactivos

Durante la celebración de la 41 reunión de la Conferencia General del OIEA, iniciada el 29 de septiembre pasado, quedó abierta a la firma la Convención sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y de Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos. La aprobación del texto se produjo durante la conferencia que se celebró en Viena entre el 1 y el 5 del mismo mes, donde se reunieron los delegados de 62 países. Se trata del primer instrumento internacional para el control de estos residuos y pretende garantizar una defensa efectiva contra los daños que pudieran producir en los individuos y el medio ambiente, durante toda su vida activa. Para ello, obliga a los países firmantes a tomar determinadas directrices de gestión, informar de los problemas que pudieran presentarse y realizar un inventario nacional de residuos radiactivos.

### María Dolores Gómez Briceño, medalla Charles Eichner 1996

El Comisariado de la Energía Atómica francés concede cada año la medalla Charles Eichner para premiar a quienes han realizado los trabajos más relevantes en el campo de la energía atómica en todo el mundo. La elección la realiza el Consejo de la Sociedad Francesa de Metalurgia y Materiales y en su última edición, correspondiente al año 1996, ha decidido otorgársela a María Dolores Gómez Briceño, investigadora del Ciemat, por sus aportaciones en este campo.

### Reunión de organismos reguladores sobre el sarcófago de Chernóbil

A invitación del Gobierno de Ucrania se celebró en Kiev, entre el 24 y el 26 de junio, una reunión de los principales organismos reguladores del mundo para discutir los aspectos relativos a la seguridad del proyecto de mejora del sarcófago de Chernóbil. El CSN fue invitado expresamente a la misma junto a la NRC (EEUU), NII (Rusia), GRS (Alemania), DSIN (Francia) y ANPA (Italia), además de la Comisión Europea.

El proyecto está financiado por el G-7, dentro de los acuerdos firmados con Ucrania para el cierre definitivo de las centrales RBMK de Chernóbil. Su coste ascenderá a 700 millones de dólares y la NRA, organismo responsable de la seguridad nuclear ucraniana, deberá conceder la licencia y realizar el seguimiento de la construcción. En la reunión se informó sobre el desarrollo del proyecto y se solicitó el apoyo de las organizaciones invitadas.

### La producción de electricidad de origen nuclear crecerá al 1,7% anual después del año 2000

La producción de electricidad de origen nuclear en los países miembros de la NEA continuará aumentando, pasando de los 1.994 TWh en el año 1996 a 2.259 TWh en 2020. Sin embargo, la participación de la energía nuclear en el conjunto de la producción de energía pasará del 24,9% al 22,2% en el mismo periodo. La demanda de electricidad de origen nuclear deberá continuar progresando a un ritmo aproximado del 1,7% anual hasta después del 2000, según la información contenida en el estudio denominado *Datos sobre la energía nuclear*, de la NEA, y de acuerdo con las estadísticas oficiales y previsiones hasta el 2010 que realizan los países miembros.

## ▶ CENTRALES NUCLEARES

### Redistribución del núcleo en Vandellós II

Durante la parada que realizó en el mes de agosto la central nuclear Vandellós II para recarga de combustible se produjo un retraso en la inserción de una barra de control. Con anterioridad ya se habían detectado retrasos en la inserción, aunque siempre dentro de los tiempos contemplados en las normas. Para evitar este tipo de problemas se procedió a realizar una reordenación del núcleo de forma



Central nuclear Vandellós II.

que el combustible más quemado no corresponda a elementos con barras de control. También se modificó el diseño del sistema de rociado de la compresión, de los tiempos de arranque de los generadores diesel y las válvulas de control de alimentación.

### Aumento de potencia en la central de Cofrentes

La central nuclear de Cofrentes inició a finales de septiembre una parada durante la cual se van a cambiar los bastidores y a realizar modificaciones para operar con la potencia aumentada hasta el 104,2%. Para ello se ha modificado el sistema de evacuación del calor residual (RHR) y los taladros de la instalación nuclear. Otros cambios son la instalación de un interruptor de generación y el cambio de los filtros de succión del sistema de refrigeración, tras la detección de un problema en este sistema en algunas centrales suecas por la acumulación de elementos desprendidos que taponaban dichos filtros. Además, se modifica el ciclo de recarga, que hasta ahora era de doce meses y pasa a ser de dieciocho.

### ► CICLO DE COMBUSTIBLE Y GESTIÓN DE RESIDUOS

#### Nuevos embalajes para la retirada de residuos mixtos de instalaciones radiactivas

De acuerdo con el CSN, el Dirección General de la Energía aprobó el pasado 13 de junio la utilización de unos nuevos embalajes para la retirada de residuos radiactivos mixtos de instalaciones radiactivas. Los residuos radiactivos mixtos generados en este tipo de instalaciones son líquidos orgánicos contenidos en viales de plástico o vidrio o en microplacas. En el modelo de gestión inicialmente desarrollado el vaciado de los viales para separar los sólidos de los líquidos se realizaba en las propias instalaciones productoras. La entrada en funcionamiento del incinerador de El Cabril permite que los residuos mixtos sean quemados, llevándose a cabo la segregación de los líquidos en esta misma instalación, sin necesidad de que la separación sea hecha por el productor. De esta forma, el transporte de residuos mix-

tos se realiza a El Cabril en los nuevos embalajes y allí son tratados y acondicionados.

### Sondeos de prueba para elegir emplazamiento para el combustible gastado en Finlandia

Finlandia ha iniciado una serie de perforaciones en el subsuelo de la zona de Loviisa para estudiar la posibilidad de instalar un almacén de combustible gastado en el lecho rocoso. La empresa Posiva está encargada de llevar a cabo las pruebas en cuatro emplazamientos candidatos y ha realizado ya tres sondeos que han llegado a una profundidad de un kilómetro. Los cuatro lugares serán objeto de estudios ambientales este mismo año y se espera que la elección del emplazamiento se realice en el año 2000 e iniciar la excavación de un pozo exploratorio para el 2003.

### ► TECNOLOGÍA

#### Programa de investigación de tubos de generadores de vapor

La participación de España en el segundo programa internacional de investigación sobre la integridad de los tubos de generadores de vapor (ISG-TIP-2) ha sido analizada por representantes del CSN, Ciemat, Ensa, ANA, Unesa y Tecnatom con técnicos de la NRC y del laboratorio de Argonne (EEUU) en una reunión celebrada en el CSN el pasado 16 de septiembre, presidida por el consejero Agustín Alonso. La primera etapa del programa estuvo dedicada a las predicciones y validaciones de la presión de fallo para tubos degradados y a la fiabilidad de las inspecciones con los métodos y tipo de defectos que existían hace más de diez años. En su segunda etapa ofrece la cooperación internacional con el objetivo de suministrar datos experimentales y correlaciones predictivas que permitan la evaluación independiente de la integridad de los tubos considerando las nuevas formas de degradación y el envejecimiento del material.

### ► PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MEDIO AMBIENTE

#### La vigilancia radiológica ambiental amplía sus objetivos

Existe una cierta tendencia en la actualidad a incluir como objeto de estudio, dentro de la vigilancia radiológica ambiental, no sólo al ser humano sino también al ecosistema. Así se refleja en los últimos estudios que han llevado a cabo el Instituto Sueco de Protección Radiológica (SSI) y la Agencia Canadiense para la Energía Nuclear (AECB). Por su parte, el OIEA ha empezado a moverse en la misma dirección al solicitar la colaboración de diversos expertos para la revisión del borrador del estudio *Radiation Protection Guidelines for Protection of the Environment: Concepts and Principles*, que se convertirá en un futuro próximo en un documento técnico de dicho organismo.

Dentro del campo de los residuos radiactivos, la Oficina de Investigación y Salud del Medio Ambiente del DOE ha realizado un significativo aporte al incluir entre sus áreas de investigación temas referentes a la necesidad, para un análisis pasivo del riesgo, del estudio de parámetros tales como características de contaminantes, procesos ecológicos y tasas de migración a través de ecosistemas, así como los efectos ecológicos y sobre la salud.

### **Análisis de sangre para estimación de contaminación interna por plutonio**

En la actualidad, para evaluar la contaminación interna por plutonio se utiliza el conocido método del análisis de muestras de orina de 24 horas. Ahora, L. Casper Sun, del Brookhaven National Laboratory, ha propuesto un sistema alternativo tras realizar un interesante trabajo subvencionado por el Departamento de Energía (DOE) de Estados Unidos y experimentado en trabajos de campo en las Islas Marshall. Se trata del análisis de muestras de sangre de un volumen de entre 20 y 60 mililitros, suficiente para encontrar un equivalente a la actividad proporcionada por la muestra de orina de 24 horas. A pesar de tratarse de un método agresivo, aunque en grado mínimo, las ventajas del nuevo sistema son consistentes: ahorro de tiempo y dinero y una casi nula probabilidad de contaminación de la muestra por agentes externos.

### **Protección radiológica y salud laboral**

Organizado por la Sociedad Española de Protección Radiológica, en colaboración con el CSN y el Ciemat, se celebró en mayo pasado un curso dirigido a los profesionales de la radiobiología, los servicios de salud laboral y servicios médicos especializados en el seguimiento de trabajadores profesionalmente expuestos y los expertos en protección radiológica. En él se presentaron los conocimientos más actuales sobre los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes, especialmente los derivados de la exposición a bajas dosis. Entre los expertos que intervinieron se encontraban David Lloyds, de la NRPB, que habló de dosimetría biológica; Elisabeth Cardis, que expuso los últimos estudios epidemiológicos sobre el riesgo de cáncer por bajas dosis; Jean-Claude Nenot, cuya intervención versó en torno a cuestiones epidemiológicas en medicina, y John W. Stather, que analizó los factores de riesgo de la radiación ionizante.

## **► CURSOS Y SEMINARIOS**

### **Gestión de residuos radiactivos de baja actividad**

Enresa y la División de Gestión de Residuos del Instituto de Gestión de Materiales Nucleares (INMM) de Estados Unidos han organizado en Córdoba, durante los días 8 a 10 de octubre, un seminario técnico dedicado a los programas y políticas de gestión de residuos radiactivos de baja actividad, almacenamientos e iniciativas regulado-



Plataformas de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad en el centro de El Cabril.

ras. El programa, distribuido en cinco sesiones, incluye una jornada dedicada a la exención de residuos radiactivos de muy baja actividad y a los criterios, principios y tecnologías relacionadas con su control. Se incluye asimismo una visita al centro de almacenamiento de residuos de El Cabril.

### **Más de 400 inscripciones para la Conferencia Internacional sobre bajas dosis de Sevilla**

Las actividades preparatorias de la conferencia organizada por el OIEA y la OMS sobre los efectos de bajas dosis de radiación, que se celebrará en Sevilla entre el 17 y el 21 de noviembre, continúan a buen ritmo. Al cierre de este número se habían recibido ya más de 400 inscripciones de participantes, procedentes de 75 países y cuatro organismos internacionales.

El programa definitivo de la conferencia incluye diez sesiones y varias mesas redondas, con un total de unas 200 contribuciones técnicas. En los cuatro primeros foros se abordarán los resultados de estudios y proyectos de investigación sobre los posibles efectos biológicos de las dosis bajas, desde el nivel molecular hasta el efecto global. Los tres siguientes tratarán de las conclusiones a extraer de los estudios epidemiológicos y de riesgo realizados. Los tres últimos se dedicarán a las medidas reguladoras y de control para optimizar la protección radiológica de los trabajadores expuestos y el público en general. Los actos de apertura y clausura contarán con la presencia de los directores generales de las dos organizaciones convocantes y de autoridades del Gobierno central y la Junta de Andalucía.

### **Nuevas tecnologías y gestión de catástrofes**

Organizado por la Asociación Iberoamericana de Organismos Gubernamentales de Defensa y Protección Civil, se ha celebrado en Rivas-Vaciamadrid (Madrid) el primer Seminario Iberoamericano sobre Nuevas Tecnologías y Gestión de Catástrofes, destinado a dar a conocer o extender el conocimiento de las posibilidades que los medios técnicos

abren en este campo, ya sea en actuaciones de mitigación o preparación, en sistemas de alerta y de socorro, o en rehabilitación y reconstrucción.

### **Implicaciones de la normativa sobre prevención de riesgos laborales PR de trabajadores expuestos**

En 1995 entró en vigor la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento que la desarrolla. Para conocer y difundir las implicaciones que supone en la vigilancia médica y en la protección radiológica de los trabajadores profesionalmente expuestos, el 16 de octubre se celebra una jornada-seminario sobre el tema, organizada por la Sociedad Española de Protección Radiológica, en colaboración con el CSN y otros organismos.

### **Encuentro Ibérico para la enseñanza de la Física**

La Real Sociedad Española de Física ha celebrado, entre el 29 de septiembre y el 3 de octubre, su XXVI Reunión Bienal en Las Palmas de Gran Canaria, que incorpora el 7º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física. En la sección dedicada a la Física Nuclear intervino el consejero del CSN Rafael Caro.

## **► PUBLICACIONES**

### **Catalogue of Studies in the Human Health Effects of the Chernobyl Accident**

*A data base with standard information on study methods regularly updated and circulated among those directly involved with these investigations. 1995 updated. Unedited draft. Organización Mundial de la Salud. Centro Europeo para la Salud y el Medio Ambiente. Roma, 1995*

La evaluación del impacto público del accidente de Chernóbil está muy ligada a la clarificación de las incertidumbres sobre los efectos producidos por importantes exposiciones a las radiaciones ionizantes. Diversas preguntas surgen sobre las bajas dosis durante largos periodos de tiempo, los isótopos de vida corta que afectan a tejidos específicos como los de la glándula tiroides, la forma e intensidad de las curvas dosis-respuesta, los efectos de los factores modificantes y la posible existencia de efectos en sucesivas generaciones.

Son numerosas las iniciativas investigadoras que pretenden resolver al menos algunas de las preguntas planteadas dentro de los países afectados, contando con la colaboración internacional y con el fin añadido de evitar innecesarias duplicaciones en las investigaciones. El catálogo se recopila por medio de los intercambios realizados entre los científicos responsables de trabajos significativos, que suministraron información sobre sus métodos. La mayor parte de este esfuerzo procede de los tres países más afectados: Ucrania, Bielorrusia y la Federación Rusa.

El objetivo es clarificar exactamente cuanto se está haciendo, promoviendo además el uso de métodos normalizados.

Se presenta inicialmente una breve descripción de los estudios llevados a cabo (título, objetivo e investigaciones principales), seguido de una explicación más completa de cada trabajo, con una disposición que facilita la comparación entre los diversos países.

### **Nuclear Techniques in Food and Agriculture (1986-1996)**

*IAEA. Viena*

Este catálogo contiene un listado de todas las publicaciones del Organismo Internacional de la Energía Atómica que tratan sobre técnicas nucleares en alimentación y agricultura y que se han publicado en el periodo de tiempo que se extiende entre 1986 y 1996. Se incluyen, entre otros temas, la irradiación de alimentos, el control de insectos y plagas, la biotecnología aplicada a plantas, la fertilidad del suelo y la producción animal.

### **Computing Radiation Dose to Reactor Pressure Vessel and Internals**

*State of the art report. NEA. OECD. París, 1997*

Dentro de veinte años muchos de los reactores que están actualmente en servicio alcanzarán su vida de diseño. Uno de los factores llave que afectan a las decisiones sobre la extensión de la licencia es necesariamente la capacidad de predecir con fiabilidad la integridad de la vasija del reactor y las estructuras del núcleo que han ido acumulando los efectos de la radiación durante largos periodos de tiempo. El informe presenta una revisión panorámica de la literatura científica más reciente sobre el tema y de las metodologías actuales sobre dosimetría computacional en los países miembros de la NEA. En el informe se discuten los aspectos relativos a la ciencia de materiales, tales como los parámetros que se deben considerar en la predicción del daño por irradiación en los metales, así como las limitaciones de los modelos de cálculo que están actualmente en uso. Finalmente, se incorporan propuestas de trabajos a realizar en el futuro.

### **Issues and Decisions for Nuclear Power Plant Management after Fuel Damage Events**

*IAEA-TECDOC-935. Viena, abril de 1997*

La experiencia ha demostrado que las actividades llevadas a cabo en el emplazamiento después de un suceso que produce daño severo al combustible requieren un esfuerzo extraordinario; incluso en el caso de que el daño no sea extremo pero se hayan rebasado las especificaciones de operación se precisa de un importante trabajo de recuperación. Esta publicación recoge información de diversos proyectos del OIEA que inicialmente se emplearon en la transferencia de conocimientos a los expertos dedicados a los trabajos tras el accidente de la central nuclear de Chernóbil. Desde 1989 han intervenido cuarenta especialistas procedentes de diez países. Los resultados han llevado a una propuesta para la gestión de sucesos con importante daño al núcleo.