

El Consejo de Seguridad Nuclear se creó en España en 1980. Foto cedida por CSN



# SOBRE la ENERGIA NUCLEAR y la PERCEPCIÓN SOCIAL de sus RIESGOS

**Agustín Alonso**

*Catedrático de Tecnología Nuclear  
Ex-Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear*

**La** conversión de la energía nuclear en energía eléctrica posee, al menos, cinco características significativas que la diferencian de otras fuentes de energía eléctrica.

En primer lugar, es intensiva en capital. Las centrales nucleares y las instalaciones del ciclo del combustible requieren grandes inversiones y su economía mejora con el tamaño y con el número de centrales de un mismo tipo, como ocurre en Francia. Ello no supone que el coste por kilovatio instalado haya de ser superior al de otras fuentes, pero sí implica grandes inversiones y, por lo general, tiempos de construcción largos. Por ello, en las economías liberalizadas y competitivas actuales, la empresa eléctrica prefiere construir centrales de gas modulares, de mediana capacidad y de ciclo combinado. Además, por su gran tamaño, las centrales nucleares han de trabajar en base y no tienen la flexibilidad de seguir a la demanda.

En segundo lugar, es intensiva en intelecto, ya

que su concepción se basa en la reacción nuclear de fisión en cadena, que demostrara E. Fermi en el famoso experimento de Chicago el 2 de diciembre de 1942. El diseño, construcción, explotación y evaluación de la seguridad de las centrales nucleares deriva de las ciencias y tecnologías más modernas y requiere personas e instituciones con capacitaciones específicas, lo que limita su campo de aplicación a las sociedades con mayor desarrollo científico y tecnológico. Por otro lado, los países con instalaciones nucleares deben conservar este gran haber; por ello preocupa la falta de vocaciones nucleares y las jubilaciones anticipadas de expertos nucleares que practican las empresas eléctricas. Las otras fuentes de energía se basan en descubrimientos científicos más antiguos y en tecnologías más asequibles.

En tercer lugar, es intensiva en energía, la fisión completa de un gramo de uranio-235 libera más de veinte mil kilovatios-hora de energía, millones de

veces mayor que la combustión de un gramo de petróleo o gas, lo que supone que el impacto económico del combustible sobre el coste del kilovatio-hora sea muy limitado, al menos tres veces inferior al gas, lo que constituye la gran ventaja de la opción nuclear frente a las opciones que utilizan derivados del petróleo. Naturalmente, en las energías renovables la fuente primaria es gratis, pero su disponibilidad, salvo en el caso de la hidráulica, está fuera del pleno control del hombre. La energía eólica sólo está disponible cuando el viento sopla dentro de un rango bien establecido de velocidades y la solar cuando el sol no está oculto. La energía potencial del agua se puede acumular en los embalses, pero con gran impacto sobre el medio ambiente y no sin riesgo de producir graves inundaciones por rotura de la presa. Además, la reacción de fisión es anaerobia, es decir, no necesita del aire y, por tanto, como las energías renovables, no produce gases de invernadero.

En cuarto lugar, es intrínsecamente peligrosa, ya que los productos de la fisión son radiactivos y, por tanto, tóxicos. El escaso consumo de combustible nuclear conduce a una masa pequeña y manejable de residuos de actividad elevada. Sin embargo, la toxicidad de los residuos es elevada; se debe a la capacidad que tienen las radiaciones que emiten para romper las moléculas orgánicas, incluyendo la molécula del DNA. Lo que puede causar daños somáticos inmediatos, carcinomas diferidos e incluso daños genéticos, cuya naturaleza se conoce

bien a través de la investigación y cuyo tratamiento se va consolidando.

Finalmente, en el proceso de la fisión nuclear se producen también materiales estratégicos, en especial plutonio-239, que es preciso mantener bajo control internacional para impedir la llamada proliferación nuclear y el mal uso de estos elementos estratégicos. El Organismo Internacional de Energía Atómica, de la familia de las Naciones Unidas, se creó en el año 1957 como garante del Tratado de No Proliferación nuclear. Este Organismo presta

todo este esfuerzo, que se reali-

das. A tal fin, se desarrollan unidades nucleares de pequeño tamaño y modulares; se buscan nuevas aplicaciones, tales como la producción de hidrógeno por descomposición térmica del agua a elevadas temperaturas o la producción de vapor para usos múltiples, incluyendo la desalación del agua del mar; se incrementa la seguridad de las instalaciones a través de diseños más estables y salvaguardias pasivas y más fiables, y se inventan nuevos ciclos de combustible que impidan la proliferación nuclear.



Almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad de El Cabril. Foto cedida por Enresa

también, de acuerdo con su estatuto, gran atención a la seguridad de las instalaciones, a la protección de las personas y el medio ambiente y a la gestión de los residuos radiactivos.

En reconocimiento de las cinco características anteriores, la investigación y el desarrollo que se lleva a cabo en los países más desarrollados, así como en la Unión Europea a través de los programas marcos de investigación de Euratom, tiene entre sus objetivos más característicos paliar, en lo posible, los aspectos negativos de las características cita-

za en un contexto mundial, aunque con una notable participación de los países asiáticos, en especial Japón, Corea del Sur y China, son una clara indicación de que la energía nuclear tiene cabida entre las fuentes de producción de energía eléctrica, ya que ninguna de ellas puede ofrecer aisladamente las ventajas que pueden obtenerse de un conjunto racional y apropiado de todas ellas. Corresponde a los servidores públicos y a las empresas eléctricas, contando con la sociedad, la definición racional y a largo plazo del

conjunto de fuentes energéticas que mejor puede servir a las necesidades económicas, sociales y tecnológicas del país.

## **La seguridad de las centrales nucleares**

La seguridad de las instalaciones y la gestión de los residuos radiactivos son los temas de mayor preocupación social y a ellos se prestará atención. La preocupación, innata al ser humano, por la salud y el bienestar económico y la esperanza de que no se deterioren por ninguna causa, especialmente por causas tecnológicas fuera de su control, han dado lugar al concepto de riesgo y a su complemento la seguridad. El riesgo se define como la contingencia o proximidad de un daño y la seguridad es la ausencia o lejanía de un daño. A mayor riesgo menos seguridad y lo contrario.

Los conceptos anteriores se han podido expresar en términos matemáticos al traducir el concepto de proximidad, o de lejanía, por la probabilidad de que ocurra o no un accidente que origine daño. De esta forma, el riesgo se calcula multiplicando la probabilidad del suceso por el daño causado y la seguridad se mide por su complemento, es decir por los daños evitados. De hecho, éste es el sistema en el que se basan los actuarios de seguros para fijar las primas de las pólizas. Pero ello sólo es posible para circunstancias accidentales muy frecuentes y con daños bien conocidos, como pueden ser los incendios o el transporte por carretera. Para el caso de riesgos muy remotos o seguridades muy estrictas, el procedimiento no puede ser aplicado, ya que el concepto de probabilidad requiere la observación de muchos casos, teóricamente infinitos, y ello no es posible para las centrales nucleares.

Naturalmente, el caso de las centrales nucleares no es único, existen otras actividades que han de ser muy seguras, por ejemplo los vuelos espaciales tripulados, o fenómenos naturales muy poco frecuentes, por ejemplo terremotos de muy elevada intensidad y con largos periodos de retorno, que tampoco ofrecen datos

directos para estimar su riesgo. Para estos casos se admiten dos procedimientos que, de hecho, coexisten: el riesgo percibido por la sociedad o el individuo y el riesgo calculado por los expertos. El primero es subjetivo pero universal y se basa en la sensación interior de lo que se percibe, el segundo es racional pero limitado a los expertos y difícil de comunicar.

En lo que respecta a las centrales nucleares, el riesgo ahora percibido por la sociedad es muy elevado, mientras que el riesgo calculado por los expertos es muy remoto. Lo importante es admitir que ambos riesgos son válidos, que es preciso tenerlos en cuenta y que deben ser mutuamente discutidos a fin de tomar decisiones sensatas. Los beneficios económicos y medioambientales de la energía nuclear son ciertos y significativos y renunciar a esta fuente de energía, sin argumentos suficientes, supone también renunciar a sus beneficios, lo que debe ser decidido de forma muy consciente y con la participación de todos los estamentos sociales.

## **Los riesgos calculados**

El cálculo del riesgo propio de las centrales nucleares se ha perfeccionado a lo largo del tiempo. En el año 1957, cuando las primeras centrales nucleares, de potencia modesta, unos 300 Mwe, se encontraban todavía en las mesas de proyecto, un notable grupo de científicos norteamericanos estimó que los daños nucleares podían ser estimados de forma cuantitativa, pero no así las probabilidades de los accidentes. Para resolver el problema crearon la llamada aproximación determinista a la seguridad, basada en el principio de la seguridad a ultranza o por encima de todo. Se basa en definir un conjunto satisfactorio de accidentes bases de diseño, de entre los que sobresale el accidente máximo previsible, y suponer que la probabilidad de tales accidentes es la certeza. Desde esta posición maximalista se diseña la central de modo que los daños producidos en el exterior sean muy pequeños y, en todo caso, tolerables. Además,

**“La energía nuclear tiene cabida entre las fuentes de producción de energía eléctrica, ya que ninguna de ellas puede ofrecer aisladamente las ventajas que pueden obtenerse de un conjunto racional y apropiado de todas ellas”**

**“En lo que respecta a las centrales nucleares el riesgo percibido por la sociedad es muy elevado, mientras que el riesgo percibido por los expertos es muy remoto. Lo importante es admitir que ambos riesgos son válidos y que deben ser mutuamente discutidos”**

cualquier duda se compensa, como en otras ramas de la tecnología, con factores de seguridad. Con esta aproximación se diseñaron, construyeron y se explotan las centrales nucleares españolas.

Además, reconociendo que la aproximación determinista requería ser administrada, se definió la figura de explotador responsable de la seguridad, se creó una pirámide normativa en la que, en escalones, se incluyeron las leyes, reglamentos, órdenes ministeriales específicas y cientos de códigos, normas y guías técnicas y se crearon organismos de control. La creación en España del Consejo de Seguridad Nuclear en el año 1980 se encuentra dentro del espíritu que se comenta. La responsabilidad específica de estos organismos de control consiste en crear una pirámide normativa suficiente y completa, vigilar el cumplimiento de las normas y corregir y sancionar cualquier desviación inaceptable. Es evidente que la seguridad depende también de sus actuaciones, que han de ejecutar de forma independiente y competente, sin participar en el desarrollo de las aplicaciones nucleares y sin perjudicar innecesariamente su explotación.

En el año 1975 aparece, también en los EE.UU., un celebre documento titulado Reactor Safety Study. En 14 volúmenes este estudio expone una metodología para estimar los riesgos inherentes a las centrales nucleares. En un primer nivel, se analizan las secuencias o escenarios accidentales y se cuantifican las probabilidades a partir de las tasas de fallo de los componentes individuales, supuestamente conocidas. En un segundo nivel se analizan los fenómenos físicos asociados a los accidentes graves. Se entiende por accidente grave aquel que va más allá de los accidentes base de diseño antes definidos. En un tercer lugar, se estiman los daños y se manipulan los datos a fin de obtener las llamadas funciones de superación de los riesgos nucleares, una forma de medir el riesgo, que finalmente se comparan con los riesgos propios de otras industrias y de fenómenos naturales, tales como terremotos, tornados e inundaciones; resultan-

do que los riesgos de las centrales nucleares son, al menos, mil veces inferiores a los riesgos del resto de las actividades industriales y a los riesgos asociados a los fenómenos naturales. El estudio se repitió en Alemania para el caso de las centrales de este país con resultados parecidos.

Parecería que este resultado tendría que ser suficiente para considerar que las centrales nucleares son suficientemente seguras. La sociedad no lo percibe así y los expertos advierten que la bondad de los resultados obtenidos depende de las incertidumbres de los datos de entrada y del conocimiento de los fenómenos que desencadenan los accidentes graves. Estas incertidumbres se están reduciendo cada día a causa de la mejora constante de los bancos de datos, del análisis de la experiencia de operación y de los conocimientos que se adquieren en los costosos programas de investigación que se llevan a cabo en el mundo desarrollado. En Europa, muchos de esos programas de investigación se realizan con el patrocinio de Euratom y con la participación de instituciones españolas.

A pesar de que se reconoce la superioridad de la metodología probabilista frente a la aproximación determinista, las autoridades han decidido que se apliquen los dos métodos en una simbiosis que recibe el nombre de regulación informada por el riesgo, que da más garantía al proceso. En España se ha aplicado la metodología probabilista en el análisis de todas las centrales nucleares españolas hasta el nivel segundo. Los análisis han servido para mejorar considerablemente algunos aspectos técnicos y también administrativos y para comprobar que las centrales del parque español están en línea con las de otros países más avanzados.

## La percepción social del riesgo

El riesgo percibido por los individuos o la sociedad se ha manifestado de forma distinta a lo largo de la historia. La primera etapa es religiosa: los males, naturales o artifi-



ciales, suceden porque así lo desean los dioses que se adoren. En 1875, el filósofo francés Jean-Jacques Rousseau, meditando sobre las consecuencias del terremoto de Lisboa, que produjo más de cien mil víctimas, concluyó que los responsables eran los gestores de la ciudad que habían permitido la construcción de viviendas de hasta seis pisos de altura en una zona conocida por su sismicidad. Se inauguró así la etapa filosófica. El auge de la aviación y de la electrónica durante la segunda gran guerra llevó a la creación, sobre todo en Inglaterra, hacia 1940, de organismos dedicados al estudio de los accidentes de aviación y al análisis de la fiabilidad de los sistemas de control. Se inauguró así la etapa tecnológica, sin participación social. Como se ha dicho, en 1975 se introduce la metodología probabilista para la cuantificación del riesgo, iniciando la etapa científica, que no convence a la sociedad, a pesar de los esfuerzos realizados por los gestores de la industria y de la administración. Hacia 1995, los gestores observan que el riesgo percibido por la sociedad prevalece sobre el riesgo calculado por los expertos y se inicia una apertura hacia la información y participación del

público en los procesos de decisión. Se habla de la etapa ética, porque tal proceso depende del mantenimiento de un dialogo racional entre todas las partes, basado en el comportamiento ético.

Se reconoce que la percepción del riesgo de cualquier actividad ha de ser una función creciente del beneficio obtenido, aunque modificado por muchos otros parámetros propios de la persona o del ambiente en que vive. Se llega así al concepto de riesgo aceptado, es decir, el que el individuo o el conjunto de individuos están dispuestos a aceptar por el beneficio que pretenden o esperan obtener de la actividad en cuestión; entendiendo por beneficio, tanto la satisfacción personal, como la económica o de otro tipo. Si el beneficio esperado es nulo, el riesgo aceptado también lo será e irá creciendo a medida que lo hace el beneficio hasta un punto en el que el riesgo no resulta aceptable, por grande que sea el beneficio. Los matemáticos llaman a estas relaciones funciones sigmoides porque recuerdan a una S acostada. La dificultad para encontrar lugares donde se almacenen, temporal o de forma definitiva, los residuos radiactivos se basa precisamente en que de ellos

*Central nuclear José Cabrera, la primera de las centrales nucleares españolas. Entró en funcionamiento en 1968. Foto cedida por FENOSA.*

## **España necesita un debate amplio sobre el uso de la energía nuclear, en el que estén representadas todas las partes, sin posturas extremas y con intención recta**

no cabe obtener beneficio alguno, salvo las compensaciones económicas, aún no establecidas por los legisladores. En este sentido constituyó una frustración el fracaso de la ley sobre residuos radiactivos que se elaboró en el Senado.

En el caso de la energía nuclear, el riesgo aceptado por la sociedad es muy pequeño, porque los beneficios sociales de la electricidad, en general, y de la electricidad de origen nuclear, en particular, quedan ocultos y porque se percibe que los económicos pertenecen sólo a la compañía eléctrica. Por ello, la información que se suministre a la sociedad debe incluir no sólo los riesgos propios de la actividad sino también sus beneficios de todo tipo. La sociedad se ha hecho tan dependiente de la energía eléctrica que comprenderá fácilmente los perjuicios derivados de la interrupción o baja calidad del suministro, del coste de la electricidad y la influencia de las distintas fuentes de energía eléctrica sobre el medio ambiente.

Antes de promulgar la moratoria nuclear y la cancelación de la construcción de Valdecaballeros 1 y 2, Lemoniz 1 y 2 y Trillo 2, contenida en el Plan Energético del año 1983, el Gobierno de la época buscó, y no encontró, razones de seguridad en que apoyara su decisión. Al no encontrarlas, esgrimió razones económicas, que no contemplaron el daño que se hizo a la sociedad, que ha tenido que soportar a través de la tarifa eléctrica el coste de tal decisión; ni a la industria nuclear que se había creado y que vio reducidas sus actividades de forma notable. Tampoco previó que la explotación de las cinco centrales canceladas supondría hoy un gran alivio para el cumplimiento de los requisitos de Kioto y para reducir la dependencia de los combustibles importados. Se reconoce que la decisión tomada en la sede parlamentaria fue democrática, sólo se quiere advertir acerca de la importancia y trascendencia de las decisiones importantes.

Pero la información no es suficiente, hay que avanzar hacia la participación social en las deci-

siones que importan. En Francia, la ley Barnier prevé esta participación, que excluye dogmatismos improductivos. La Unión Europea se mueve también en el mismo sentido y ése parece ser el espíritu de nuestro país; pero procede afirmar que el proceso ha de ser racional y ético, aceptando el consenso y evitando el dogmatismo de cualquier sentido. Estamos inmersos en una revolución ecologista que tiene como objetivo la protección del medio ambiente que está, aunque no reconocido oficialmente, entre la lista de los derechos humanos. Como tal, la revolución ecologista tiene que triunfar. Pero el triunfo de las revoluciones no corresponde a las vanguardias, su misión está en iniciar y mantener el proceso, aunque en su deseo de llegar antes pueden producir víctimas inocentes, como cerrar innecesariamente centrales nucleares válidas o destruir la tecnología, y hasta la ciencia nuclear, en aras de una percepción mal informada. El triunfo definitivo de la revolución ecologista depende de los legisladores de las decisiones bien fundadas, de las empresas responsables, de la sociedad razonable, de los investigadores y de los que educan noblemente.

### **Epílogo**

Se estima que España necesita un debate amplio sobre el uso de la energía nuclear, en el que estén representadas todas las partes, sin posturas extremas y con intención recta. Habrá que exponer todo lo que se sepa acerca de los riesgos e inconvenientes de las centrales nucleares y de cualquier otra fuente de energía eléctrica, pero también los beneficios que cabe esperar, tanto a corto como a largo plazo, de cada una de ellas, con el objetivo de crear el mejor sistema energético posible, que no suponga riesgos intolerables para nuestra salud y seguridad, que mantenga el nivel económico deseado y el medio ambiente no contaminado. 