

## Innovación en el sector nuclear: residuos nucleares y reactores rápidos. Energía sostenible para miles de años

La operación de las centrales nucleares produce residuos radiactivos peligrosos para los seres vivos. La mayoría son de baja y media actividad con un riesgo limitado a unos cientos de años. En España se ha construido un almacenamiento en El Cabril (Córdoba), que proporciona una solución completa y aceptada para estos residuos. Sin embargo, para los residuos de alta actividad, básicamente los combustibles usados de las centrales nucleares, todavía no se ha implementado una solución completa aceptada públicamente.

Recientemente se ha reabierto el debate sobre una nueva aproximación, radicalmente distinta, a estos residuos de alta actividad. Al igual que en otras industrias, se propone su reciclado para, a la vez, reducir su cantidad y producir más electricidad. Esta opción estaba en la concepción inicial de la energía nuclear y ha sido y está siendo utilizada comercialmente por países nucleares tan importantes como Francia, el Reino Unido, Alemania o Japón. Dos motivos pospusieron su utilización generalizada: que por el momento es más cara que el uso de uranio enriquecido, y que despertaba dudas sobre el riesgo adicional de proliferación de usos no pacíficos de los materiales nucleares. La experiencia comercial durante más de 30 años ha demostrado que, con la supervisión de organismos internacionales, este riesgo puede ser controlado.

La inestabilidad de los precios, la inseguridad de los suministros de gas y petróleo, y el cambio climático sugieren la necesidad de sustituir, a escala mundial y de forma significativa, combustibles fósiles por energía nuclear (y energías renovables). Además, el bajo coste de generación de la energía nuclear ya ha lanzado a los países emergentes como China, India y otros a la construcción de centrales nucleares. Este incremento generalizado de la energía nuclear podría consumir las reservas de uranio (a precios competitivos) en menos de 200 años y aumentar drásticamente el número de almacenes geológicos profundos de residuos.

Una nueva versión del concepto de reciclado está siendo investigada para resolver estos problemas. Este nuevo reciclado utiliza la tecnología de reacto-

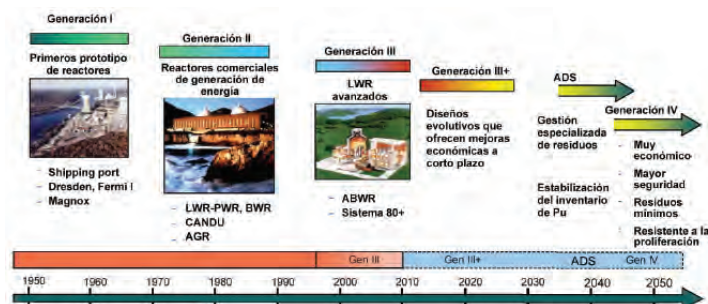
res rápidos de cuarta generación (Gen IV), que en el futuro (a partir de 2050) sustituirían a los actuales. Estos reactores, con importantes innovaciones sobre los 18 reactores rápidos ya operados con potencias significativas, están adaptados para utilizar el uranio y el plutonio contenidos en los combustibles usados actuales. Además, los reactores rápidos pueden ser diseñados para eliminar rápidamente los residuos y/o para regenerar nuevo combustible usando la parte del uranio actualmente no utilizado, el  $^{238}\text{U}$ , según van consumiendo su propio combustible. De hecho, pueden generar más combustible del que consumen, multiplicando de forma efectiva los recursos de uranio por más de 50, hasta permitir la generación nuclear de electricidad durante miles de años.

Para alcanzar los máximos efectos en la reducción de residuos, además del plutonio hay que reciclar los actínidos minoritarios con las técnicas de Separación avanzada y Transmutación. Dependiendo de los países esto podría hacerse en los mismos reactores rápidos o en sistemas especiales subcríticos acoplados a aceleradores (ADS). El resultado final sería, en ambos casos, reducir los residuos finales en un fac-

tor próximo a 100.

El desarrollo de estos nuevos reactores se realiza dentro de grandes proyectos nacionales e internacionales, que actualmente consideran varias opciones tecnológicas, diferenciadas fundamentalmente por el refrigerante (sodio, plomo o helio) y la forma del combustible (óxidos, nitruros, carburos o metálicos). Dos importantes iniciativas son el Foro Internacional de Generación IV y la Plataforma Europea para la Energía Nuclear Sostenible (SNETP). Esta última ha diseñado una agenda estratégica de investigación que debería permitir elegir, en el año 2012, dos tecnologías (sodio y otra) y construir, en el año 2020, un demostrador con estas nuevas tecnologías.

Simultáneamente también se está mejorando el reprocesado, con variantes del proceso PUREX tales como el SANEX, adaptado para la gestión independiente de todos los actínidos, o el GANEX, que permite mantener unidos el plutonio y otros actínidos, aumentando la resistencia a la proliferación. Este conjunto de innovaciones podrían ofrecernos una energía nuclear completamente sostenible a largo plazo.



– Evolución de la tecnología nuclear: pasado y perspectivas. El esquema indica las tecnologías para plantas de nueva construcción en función del tiempo. Durante el siglo XXI convivirán probablemente varias de estas tecnologías.