

Seguridad en el diseño

Cómo aborda la seguridad la nueva generación de reactores nucleares

Joanne Liou

En 1942, bajo las gradas del estadio de atletismo de la Universidad de Chicago tuvo lugar la primera reacción en cadena automantenida. La “pila” —el reactor nuclear— estaba compuesta de bloques de grafito intercalados con uranio en una estructura de madera. Arriba había una barra de control sujeta a una soga y un hombre en vestimenta de protección estaba preparado para cortar la soga de un hachazo en caso de que algo fallara. De ese modo, las barras caerían en el núcleo del reactor para detener la reacción en cadena. Ese hombre personificó el primer sistema de seguridad nuclear del mundo.

En los decenios posteriores, la seguridad ha influido en la evolución de los reactores, desde los prototipos de la década de 1950 y los reactores de potencia comercializados en los años 60 hasta los diseños avanzados que aparecieron en la década de 1990. Los reactores actuales, que distan mucho de ese primer hombre encargado de accionar el hacha, presentan diseños y sistemas que garantizan un alto nivel de seguridad.

La nueva generación de reactores nucleares incluye algunos que ya han entrado en funcionamiento y otros diseños que aún no se han desplegado. El OIEA clasifica los reactores nucleares avanzados en evolutivos e innovadores; ambos tipos integran las enseñanzas extraídas del accidente nuclear de Fukushima Daiichi de 2011. Los reactores evolutivos mejoran los diseños existentes, manteniendo las características de diseño comprobadas, mientras que los reactores innovadores utilizan tecnología nueva.

La mayoría de los reactores evolutivos se encuentran disponibles en el mercado y ya están conectados a la red. El mecanismo de seguridad en que se basan estos reactores parte de la aplicación de una estrategia de defensa en profundidad mejorada, a diferencia de lo que sucede con los reactores convencionales, que ponen un mayor énfasis en las características pasivas y de seguridad inherente y dependen menos de la intervención del operador para reducir al mínimo el riesgo de accidentes.

Los reactores innovadores incorporan cambios radicales en el uso de refrigerantes, combustibles, entornos operativos y configuraciones del sistema. Se están estudiando algunos conceptos innovadores para su despliegue durante los próximos 10 a 20 años.

“En términos de tecnología, [los reactores innovadores] son muy diferentes porque, normalmente, no utilizan agua como refrigerante”, señala Stefano Monti, Jefe de la Sección de Desarrollo de la Tecnología Nucleoeléctrica del OIEA. Desde el punto de vista físico, añade, el empleo de distintos refrigerantes también modifica la forma en que se extrae el calor y la manera en que se produce y se mantiene la reacción nuclear de fisión.

Los reactores de neutrones rápidos avanzados refrigerados por sodio, plomo y plomo-bismuto o gas, por ejemplo, utilizan neutrones de energía mucho más alta para causar la fisión. Los reactores de neutrones rápidos están diseñados para mejorar el rendimiento del combustible y, por lo tanto, reducir los desechos radiactivos de actividad alta. “En lo que respecta a la seguridad, los riesgos asociados a su funcionamiento son muy bajos, debido a que se reducen tanto las probabilidades de accidente como sus consecuencias radiológicas”, afirma Vesselina Rangelova, Jefa de la Sección de Evaluación de la Seguridad del OIEA. El Sistema de Información sobre Reactores Avanzados del OIEA facilita información técnica y sobre seguridad de todos estos tipos de reactores avanzados.

Los primeros reactores modulares pequeños (SMR) avanzados del mundo se pusieron en marcha el año pasado en Rusia, y muchos SMR innovadores se encuentran en fase de desarrollo para su despliegue a corto plazo. En todo el mundo, hay alrededor de 70 conceptos y diseños de SMR, y dos están en etapas avanzadas de construcción en la Argentina y China.



Sistemas de seguridad

Las enseñanzas extraídas del accidente de Fukushima Daiichi dieron lugar a un importante fortalecimiento de los requisitos de seguridad internacionales, que han de reflejarse en el diseño de los reactores avanzados de modo que las probabilidades de que ocurra un accidente con consecuencias radiológicas graves sean extremadamente bajas y las consecuencias radiológicas, en caso de que se produzca, queden prácticamente eliminadas. (Si desea obtener más información sobre el accidente de Fukushima Daiichi, consulte la página 14).

Al probar el concepto de los SMR, los proveedores deben demostrar la eficacia de las funciones principales de seguridad —control del reactor, refrigeración del núcleo y confinamiento de la reactividad— basándose en el desarrollo y la evaluación de las estrategias de defensa en profundidad.

Por ejemplo, la empresa NuScale Power, con sede en los Estados Unidos, ha diseñado un reactor modular de agua ligera que integra componentes para la generación de vapor y el intercambio de calor en una sola unidad, cuyo despliegue está previsto en 2027. “El principal desafío en materia de seguridad en las centrales nucleares actuales gira en torno a la capacidad de extraer el calor residual (de desintegración) y mantener frío el reactor”, afirma Carrie Fosaaen, Directora de Asuntos de Reglamentación de NuScale Power. “El diseño general de la central de NuScale incorpora sistemas más simples, que eliminan las configuraciones complejas actualmente necesarias en las instalaciones nucleares existentes”.

Dada la naturaleza de las innovaciones, la introducción de características de seguridad pasiva y otras características de seguridad innovadoras plantea un desafío en materia de reglamentación. Corresponde a los reguladores verificar las

alegaciones de los diseñadores sobre la seguridad, lo que puede requerir actividades adicionales de investigación y análisis para evaluar los nuevos diseños.

“A fin de demostrar la seguridad del diseño, es necesario llevar a cabo un examen exhaustivo de todos los estados de la central —funcionamiento normal, incidencias operacionales previstas y condiciones de accidente—, lo que permitirá determinar la capacidad del diseño para soportar sucesos internos y externos y demostrar la eficacia de las características de seguridad”, indica la Sra. Ranguelova. “Si bien los diseños innovadores son prometedores, deben complementarse con un proceso robusto de evaluación de la seguridad y concesión de licencias por parte del órgano regulador que avale su utilización y despliegue”.

Marco tecnológicamente neutro para la seguridad

El Organismo está evaluando en qué medida las normas de seguridad del OIEA vigentes pueden aplicarse a las tecnologías innovadoras. “Nuestras normas de seguridad son tecnológicamente neutras. Sin embargo, se han elaborado sobre todo a partir de la experiencia operacional adquirida por el uso de los reactores, que son básicamente reactores refrigerados por agua”, añade la Sra. Ranguelova. Si bien las normas son, en principio, neutras, su aplicación puede variar para algunos o todos los tipos de SMR.

“Existen lagunas para las que tendremos que elaborar orientaciones o documentos de apoyo adicionales que permitan la aplicación de estas normas a las tecnologías innovadoras”, señala la Sra. Ranguelova. El OIEA tiene previsto publicar en 2022 un informe de seguridad sobre la aplicabilidad de las normas de seguridad del OIEA a las tecnologías de SMR.