



# La gran tecnología prepara el terreno para un fuerte avance nuclear

**Los pequeños** reactores modulares (SMR) podrían acabar abaratando, haciendo más segura y rápida la construcción de esta fuente de energía. Según el Organismo Internacional de Energía Atómica, hay más de 80 diseños y conceptos de SMR en desarrollo en todo el mundo. Difieren en tamaño, tipo de refrigerante y combustible.

Jinjo Lee/  
THE WALL STREET JOURNAL

**D**urante mucho tiempo, los reactores nucleares modulares de pequeña potencia (SMR) parecieron ser un sueño de la luna, muy prometedores pero sin suficiente interés comercial. Esto ha cambiado recientemente, después de que gigantes tecnológicos con necesidades crecientes de energía para el procesamiento de inteligencia artificial se hayan lanzado en picada con anuncios de apoyo a proyectos de SMR.

A principios de octubre, Alphabet, matriz de Google, dijo que había firmado un acuerdo de compra de energía con Kairos Power para un proyecto de SMR de hasta 500 megavatios (MW). Amazon anunció que trabajaría con X-Energy en una iniciativa de 320 MW respaldado conjuntamente por una empresa de servicios públicos del estado de Washington. Estos proyectos de SMR no se construirán de la noche a la mañana. Tanto Google como Amazon esperan que los suyos entren en funcionamiento como muy pronto en la década de 2030. Oracle es otra empresa a tener en cuenta: su presidente, Larry Ellison, comentó en una conferencia sobre beneficios en septiembre que la compañía está diseñando un centro de datos de más de 1 gigavatio con permisos de construcción para tres reactores de SMR.

Los SMR pueden resolver algunos de los mayores quebraderos de cabeza de la energía nuclear: costo, seguridad y tiempo, al menos en teoría. Por eso es tan importante el apoyo de las empresas tecnológicas. El sector necesita probar y aprender antes de poder demostrar sus ventajas.

## ¿Qué es un SMR?

Una central nuclear crea energía mediante la división de átomos, un proceso que genera calor que a su vez genera vapor para generar electricidad. Las centrales nucleares suelen utilizar combustible a base de uranio para este proceso. El proceso requiere inicialmente una

fuerza externa de neutrones para dividir los átomos de uranio. Una vez que se inicia el proceso, los átomos empiezan a liberar calor, radiación y más neutrones a medida que se dividen: una reacción en cadena. Los reactores modulares pequeños hacen lo mismo, pero se producen en una fábrica. Suelen tener menos de 350 MW. Algunos pueden tener entre 1 y 10 MW.

## ¿En qué se diferencian las tecnologías SMR?

Según el Organismo Internacional de Energía Atómica, hay más de 80 diseños y conceptos de SMR en desarrollo en todo el mundo. Difieren en tamaño, tipo de refrigerante y combustible.

Empresas como NuScale, GE Hitachi, Holtec y Westinghouse proponen esencialmente construir versiones más pequeñas de centrales nucleares existentes, con modificaciones. Estos diseños utilizan agua como refrigerante y uranio poco enriquecido como combustible en sus unidades de SMR, al igual que todas las centrales nucleares estadounidenses en funcionamiento.

El reciente informe del Departamento de Energía sobre energía nuclear avanzada señala que este tipo de SMR tiene más probabilidades de implantarse antes por el mero hecho de parecerse a las centrales nucleares existentes. NuScale va un paso por delante en el proceso de obtención de permisos: es la única empresa de SMR que ha recibido una aprobación de diseño estándar de la agencia. Ha solicitado la certificación de una versión mayor del reactor (77 MW) y espera obtenerla a mediados de 2025. NuScale tiene un contrato con el productor de energía nuclear rumano RoPower para un proyecto de 462 MW que podría estar terminado en 2029.

Otras empresas, como Oklo, respaldada por Sam Altman, TerraPower, Kairos Power y X-Energy, respaldada por Bill Gates, proponen utilizar un tipo diferente de refrigerante (sal fundida, metal líquido o gas) y un tipo de combustible de uranio más enriquecido, conocido como uranio poco enriquecido de alto ensayo



o Haleu. Estos contienen un mayor porcentaje del isótopo de uranio que produce energía durante una reacción en cadena. Kairos es la primera y única empresa que diseña SMR no hidráulicos, que ha recibido la aprobación de la NRC para construir un reactor de demostración. La construcción comenzó en julio y el plan de la empresa es aprender rápidamente mediante este tipo de proyectos a menor escala.

Según el Departamento de Energía, estas tecnologías avanzadas de SMR presentan algunas características de seguridad prometedoras y el Haleu tiene una vida útil del combustible más larga. Pero tampoco tienen un largo historial y el acceso al Haleu es limitado: la única capacidad de enriquecimiento de Haleu a escala comercial se encuentra en Rusia. El Departamento de Energía ha estado presionando para que el combustible esté disponible, y recientemente adjudicó contratos de hasta 10 años a empresas para producir Haleu.

Según el informe del Departamento de Energía, una de las razones por las que las centra-

les nucleares han tenido sobrecostos no es tanto la tecnología en sí, sino el hecho de que estos proyectos se hayan construido con tan poca frecuencia que ha habido una falta de "memoria muscular" y una base industrial reducida. La falta de proyectos frecuentes significa también que los trabajadores formados en el sector nuclear están envejeciendo o se han trasladado a otras industrias. Antes de las Unidades 3 y 4 de Vogtle, los reactores más nuevos de EE.UU., la construcción del proyecto nuclear más reciente se inició en 1978.

El carácter modular y de construcción en fábrica de los SMR significa que los costos deberían reducirse con el tiempo a medida que la empresa adquiere experiencia. Los observadores del sector creen que los proyectos iniciales de SMR no tendrán necesariamente un costo nivelado de la energía -el costo a lo largo de la vida útil del proyecto- inferior al de los proyectos de energía nuclear convencionales. Wood Macken-





zie calcula que un primer reactor de SMR costaría US\$ 180 megavatio-hora (MWh) durante su vida útil, aunque con subvenciones podría bajar a US\$ 100 MWh. Las segundas y terceras iteraciones deberían ser más baratas. El Departamento de Energía estima entre un 45% y un 60% la reducción de costos entre la primera y la tercera central. Algunos diseños avanzados de SMR producen calor, una característica que podría generar ingresos adicionales.

Una forma de evitar el temor a los costos iniciales podría ser crear una cartera de pedidos y repartir los primeros costos entre varios proyectos, como hacen los fabricantes de aviones.

Y, aunque los SMR sean más caros por megavatio-hora, tienen menos riesgo de sobrecostos por el simple hecho de que un proyecto requiere menos dólares en términos absolutos. Un sobrecosto de US\$ 1.000 millones a US\$ 2.000 millones es mucho más aceptable que sobrepasar el presupuesto en US\$ 15.000 millones a US\$ 20.000 millones, como ocurrió en Vogtle.

Sin embargo, los sobrecostos ya han causado quebraderos de cabeza a la industria de los SMR. NuScale, por ejemplo, canceló su proyecto en Idaho a finales del año pasado después de que el costo estimado de su proyecto de 462 MW subiera a US\$ 9.300 millones, unos US\$ 20.000 por kilovatio. Vogtle, en comparación, costaba unos US\$ 15.000 por kilovatio.

### Seguridad

Una importante característica de seguridad de la energía nuclear es el control de la velocidad a la que los neutrones dividen los átomos para que el calor y la energía no se descontrolen y provoquen la fusión del núcleo del reactor. Las barras de combustible nuclear suelen estar sumergidas en algún tipo de refrigerante, normalmente agua, y los reactores también utilizan barras de control hechas de materiales que absorben neutrones para controlar la velocidad de reacción.

Una central nuclear típica tiene múltiples barreras de seguridad. La primera es el tubo metálico que contiene las pastillas de combustible de uranio, seguido de una pesada vasija de acero de entre 22 centímetros y 30 centímetros de grosor. Según la Comisión Reguladora Nuclear, la última barrera es un muro de hormigón que rodea la central, la parte visible de las centrales nucleares.

Los SMR tienen potencial para mejorar la seguridad. Suelen basarse en sistemas de seguridad pasivos, como la circulación natural para refrigerar el núcleo del reactor. Esto significa que hay menos necesidad de energía externa o intervención humana para apagar los sistemas. El accidente nuclear de Fukushima, por ejemplo, se produjo porque un terremoto interrumpió el suministro eléctrico que proporcionaba refrigeración a la central nuclear. NuScale señala que el núcleo de su reactor se refrigeraría mediante la circulación natural del agua, en lugar de depender de bombas, tuberías y válvulas de refrigeración del reactor que podrían fallar si se interrumpieran las fuentes de energía externas.

Las tecnologías de SMR avanzadas -las que utilizan refrigerantes diferentes- incorporan ca-



racterísticas de seguridad adicionales. Los refrigerantes a base de agua requieren una presión atmosférica elevada para evitar la ebullición. Los refrigerantes alternativos suelen tener puntos de ebullición mucho más altos que el agua, lo que significa que los reactores pueden funcionar en un entorno de baja presión. Esto significa que si algo va mal, el combustible simplemente se funde en su lugar en vez de explotar debido a la alta presión, según Chris Gadowski, jefe de investigación nuclear de BloombergNEF. El director ejecutivo de Kairos, Mike Laufer, señala que el refrigerante elegido por la empresa -flúor fundido- es capaz de unirse a una gran fracción de los productos de fisión, lo que proporciona otro mecanismo de contención.

Pero estos nuevos refrigerantes también plantean otros retos. El sodio líquido explota al entrar en contacto con el agua, y el helio ha tenido frecuentes problemas de suministro en los últimos años.

Estas empresas también están desarrollando nuevas formas de envasar el combustible para mayor seguridad. Kairos y X-Energy proponen recubrir el combustible con un material conocido como triso, más resistente a las altas temperaturas y a la corrosión. El Departamento de Energía señala que las partículas de triso pueden soportar temperaturas "muy superiores al umbral de los combustibles nucleares actuales".

Debido a estas características de seguridad, la mayoría de las empresas de SMR afirman que necesitan una zona de seguridad más pequeña. Según el Departamento de Energía, la energía nuclear ya ocupa la menor cantidad de es-

pacio por producción energética en comparación con todas las demás fuentes de electricidad. Genera unos 57.000 MWh al año por acre de tierra, lo que es 18 veces más eficiente que la eólica y 285 veces más que la solar. Los SMR tienen la ventaja añadida de necesitar aún menos espacio.

### Tiempo

La concesión de permisos y la construcción de centrales nucleares a gran escala llevan mucho tiempo. No está claro si el proceso de concesión de permisos será más rápido para los SMR, pero su menor tamaño podría significar que el tiempo de construcción será más corto que el de los megaproyectos nucleares, indicó David Brown, director de transición energética de Wood Mackenzie. La empresa de investigación calcula que, para los proyectos iniciales de SMR, pasar de la obtención del permiso a la finalización de la construcción podría llevar unos 10 años.

NuScale obtuvo la certificación de diseño de la NRC en 42 meses, el plazo más rápido de su historia, de acuerdo a Clayton Scott, director comercial. Puede que no sea un punto de referencia fiable para otras empresas de SMR que propongan utilizar refrigerantes diferentes y Haleu, pero NuScale calcula que la construcción llevará bastante menos tiempo que los proyectos a gran escala, que suelen tardar al menos una década.

### ¿Qué problemas quedan por resolver?

Para muchas de estas empresas, conseguir una buena cartera de clientes es un paso clave para

la comercialización. Por eso, los anuncios de Google y Amazon provocaron una subida tan grande de las cotizaciones bursátiles de Oklo y NuScale, empresas de SMR que cotizan en bolsa.

Obtener una licencia es otro gran obstáculo, y muy costoso. NuScale gastó US\$ 500 millones en pruebas e ingeniería para preparar la aprobación de su diseño estándar por la NRC y otros US\$ 200 millones para completar el proceso. Y la construcción de la cadena de suministro de combustible también llevará tiempo, a medida que Estados Unidos construya instalaciones de enriquecimiento Haleu y las empresas de SMR aumenten la capacidad de fabricación de sus diseños avanzados de combustible.

Hay razones para ser optimistas respecto a los SMR. La red eléctrica estadounidense necesita más electricidad las 24 horas del día a medida que se retiran las centrales de carbón más sucias y las empresas tecnológicas se apresuran a construir centros de datos para la inteligencia artificial.

"Las empresas tecnológicas son muy rentables y la construcción de centros de datos es fundamental para su crecimiento. El suministro eléctrico es un factor necesario para ello", aseguró Brown, de Wood Mackenzie. "Probablemente formen parte de un selecto grupo de empresas que pueden permitirse pagar una prima por la energía nuclear", agregó.

-Traducido del inglés por Pulso. **WSJ**

**Traducido del idioma original por PULSO.**