

Los avances en imagenología neutrónica abren posibilidades para los reactores de investigación de baja potencia

Mary Albon

La imagenología neutrónica es una técnica no invasiva para examinar estructuras internas que se aplica utilizando reactores de investigación o fuentes neutrónicas basadas en aceleradores. “Es una herramienta asombrosa, con infinitas posibilidades para la investigación y el desarrollo científicos e industriales, así como para la criminalística y el estudio de artefactos culturales”, señala Molly-Kate Gavello, Oficial de Proyectos Asociada en el OIEA. La imagenología neutrónica se puede utilizar para probar motores, amortiguadores y aspas de turbinas. Puede mostrar cómo se desplaza el agua dentro de una planta viva o examinar el interior del cráneo de un dinosaurio fosilizado relleno de roca ferrosa.



El sistema de imagenología neutrónica de la Universidad Técnica Checa en Praga reveló un *axis mundi* (símbolo de la conexión entre los mundos físico y espiritual) dentro de una estatua de un bon tibetano de Chamma. (Fotografías: L. Sklenka/CTU)

Aunque la imagenología neutrónica se ha estado utilizando desde la década de 1950, las imágenes bidimensionales (2D) basadas en películas fueron el formato principal hasta la década de 1990. Gracias a la aparición de las tecnologías digitales, entre ellas las sofisticadas cámaras digitales, la imagenología neutrónica ahora utiliza la tomografía computarizada (TC), que emplea cientos de imágenes tomadas desde distintos ángulos para crear una imagen tridimensional (3D) muy detallada.

Hasta hace poco, debido a motivos tanto técnicos como económicos, la imagenología neutrónica con TC, o la imagenología en 3D, no era viable con fuentes neutrónicas de flujo bajo, como los reactores de investigación de baja potencia.

Imágenes de alta calidad a baja potencia

Esto cambió en 2021, cuando Jana Matoušková, doctoranda en la Universidad Técnica Checa en Praga, y su supervisor, Lubomír Sklenka, demostraron la capacidad de obtener imágenes neutrónicas con TC a 500 vatios (W) de potencia de un reactor de investigación.

Este gran avance llegó tras dos innovaciones. En primer lugar, las cámaras de astronomía de bajo costo y alta calidad que llegaron al mercado durante el decenio anterior. Y, en segundo lugar, la presentación en 2016 de la primera miniinstalación para tomografía neutrónica, incluso para reactores de baja potencia, por investigadores en la Fuente de Neutrones de Investigación Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), de la Universidad Técnica de Múnich (Alemania), que habían materializado el potencial de estas nuevas cámaras. Dirigido por Burkhard Schillinger, el grupo desarrolló y construyó un sistema de imagenología neutrónica de bajo costo y alta calidad con una cubierta protectora para el detector impresa en 3D y una versión reducida del *software* de control profesional que se emplea en la instalación de imagenología del Sistema Experimental Avanzado de Tomografía y Radiografía Neutrónicas (ANTARES) del reactor de investigación de la FRM II. La calidad de imagen de los nuevos detectores se correspondía con la del sistema de tecnología avanzada que se utiliza en la instalación de ANTARES.

La Sra. Matoušková quería probar la imagenología neutrónica con fuentes neutrónicas de baja potencia, como el reactor de capacitación VR-1 de 500 W de la Universidad Técnica Checa. A efectos comparativos, el reactor de la FRM II de 20 megavatios tiene una potencia 40 000 veces superior y, por lo tanto, produce un número de neutrones 40 000 veces mayor que el reactor de la Universidad Técnica Checa. Realizar esta tarea no le resultaría sencillo, puesto que no pudo acceder a las instalaciones de la Universidad Técnica Checa para realizar experimentos debido a las restricciones por la COVID-19.

El Sr. Sklenka contactó con el Sr. Schillinger para pedir asesoramiento sobre cómo replicar el sistema de bajo costo que había desarrollado la FRM II. El Sr. Schillinger, a su vez, asesoró a la Sra. Matoušková mediante videollamadas y le proporcionó información sobre el diseño del sistema y sobre dónde adquirir las piezas necesarias. Paso a paso, la doctoranda construyó un sistema de imagenología neutrónica en su propia casa y lo probó con luz visible.

En cuanto se eliminaron las restricciones por la COVID-19, la Sra. Matoušková instaló su sistema en el reactor de la Universidad Técnica Checa y generó con éxito la primera imagen bidimensional neutrónica digital, seguida

de una TC neutrónica con una exposición de 12 horas a 500 W. Esto significa que se pueden obtener resultados en menos de un día y con una potencia considerablemente inferior; los reactores de investigación en los que también se utiliza esta técnica tienen una potencia que va de cientos de kilovatios a decenas de megavatios.

La Sra. Matoušková se encuentra ahora perfeccionando el sistema de imagenología neutrónica de la Universidad Técnica Checa como parte de sus estudios de doctorado. El sistema se utiliza principalmente para fines educativos, pero también para llevar a cabo investigaciones como, por ejemplo, el análisis de artefactos culturales en colaboración con la Galería Nacional de Praga.

Intercambio de tecnología y conocimientos especializados

La experiencia de la FRM II y de la Universidad Técnica Checa ha demostrado que se podría utilizar una miniinstalación en cualquier fuente neutrónica, incluso en reactores de investigación de muy baja potencia. El Sr. Schillinger declaró que su grupo está dispuesto a proporcionar de forma gratuita los planes de diseño y el *software* y ayudar con la instalación y la configuración en el ámbito internacional.

Gracias a las piezas creadas mediante una impresora 3D, al *software* reducido para poder utilizarse en una computadora portátil y a una disminución de los precios de las cámaras de astrofotografía, todo el paquete se puede ensamblar por menos de 5000 euros y se puede transportar con facilidad. En 2022, el Sr. Schillinger y Aaron Craft, investigador en el Laboratorio Nacional de Idaho en los Estados Unidos de América, dirigieron una misión de expertos del OIEA para instalar un sistema de imagenología neutrónica digital en

el reactor de investigación RECH-1 de la Comisión Chilena de Energía Nuclear. El Sr. Schillinger llevó los componentes en una maleta y el sistema se configuró en un lapso de dos días.

“El OIEA desempeña una función decisiva para poner esta tecnología al servicio de los reactores de investigación de baja potencia —indica el Sr. Schillinger—. Gracias a los nuevos detectores sensibles, se abre un nuevo campo de aplicación para estos reactores, que no proporcionan suficientes neutrones para experimentos complejos de dispersión neutrónica. La imagenología neutrónica los hace más accesibles para la enseñanza, la investigación y la colaboración con museos”.

El OIEA apoya la cooperación técnica con reactores de investigación, como las misiones de expertos y la adquisición de equipo. También publica guías sobre imagenología neutrónica, proporciona capacitación regional y está ampliando sus opciones de aprendizaje electrónico. También gracias al OIEA, en 2022 la Sra. Matoušková pudo pasar cuatro meses en el reactor de investigación RA-6 en la Argentina para ayudar a instalar y probar un sistema de imagenología neutrónica de bajo costo.

Un sistema dual de imagenología neutrónica y rayos X similar se ha instalado y puesto en servicio en la Instalación de Ciencia Neutrónica del OIEA en Seibersdorf (Austria), donde se está usando con fines de capacitación.



Lubomír Sklenka, Jana Matoušková y Burkhard Schillinger en la Universidad Técnica Checa, en la instalación del reactor de investigación de Praga.

(Fotografía: Technical University of Munich)

¿Qué es la imagenología neutrónica?

La imagenología neutrónica es un método no invasivo para examinar las estructuras internas y la composición de objetos opacos. Se basa en principios similares a los de la obtención de imágenes mediante rayos X. Sin embargo, contrariamente a los rayos X, que son absorbidos por materiales densos como los metales, los haces de neutrones atraviesan la mayoría de los metales y la roca y se atenúan por efecto de algunos elementos ligeros, como el boro, el carbono, el hidrógeno y el litio. Los neutrones también pueden ayudar a visualizar campos magnéticos, así como deformaciones en materiales tecnológicos y estructurales.