

Ciencia y Tecnología Nucleares

Aprovechamiento de la energía de la fusión nuclear

Información general

Se suele considerar que la obtención de energía a partir de la fusión nuclear es el gran desafío de la ingeniería en el ámbito de la energía. Muchos investigadores e ingenieros de todo el mundo están concentrando sus esfuerzos en las formas de producir esta energía recreando en la Tierra las condiciones que se dan de manera natural en las estrellas, como la densidad y la temperatura.

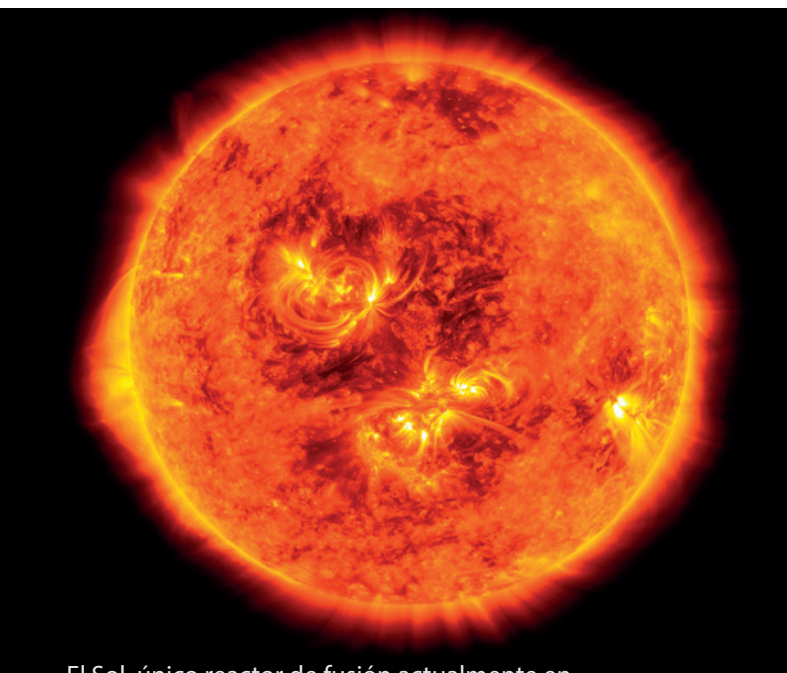
A diferencia de la fisión nuclear, en la que los átomos se dividen para producir energía, en la fusión se unen **núcleos más ligeros** para crear núcleos más pesados, proceso en el que se libera energía. Así es cómo las estrellas convierten cantidades minúsculas de masa en grandes cantidades de energía. La vida en la Tierra no sería posible sin las reacciones de fusión nuclear que alimentan al Sol.

A pesar de los beneficios que se prevé que la generación de energía a partir de la fusión reportará a la sociedad, como la abundancia y la disponibilidad de combustible, y de la ausencia de emisiones de carbono y de desechos radiactivos de actividad alta, poner la fusión en práctica sigue siendo uno de los ámbitos más difíciles de la física y la ingeniería experimentales de la actualidad; controlar una reacción de fusión a más de 100 millones de grados Celsius es una tarea compleja y ardua.

Una vez superada esta dificultad, la energía de fusión puede convertirse en una fuente de energía casi inagotable, segura, ecológica y disponible en todo el mundo, capaz de satisfacer las necesidades energéticas a escala mundial.

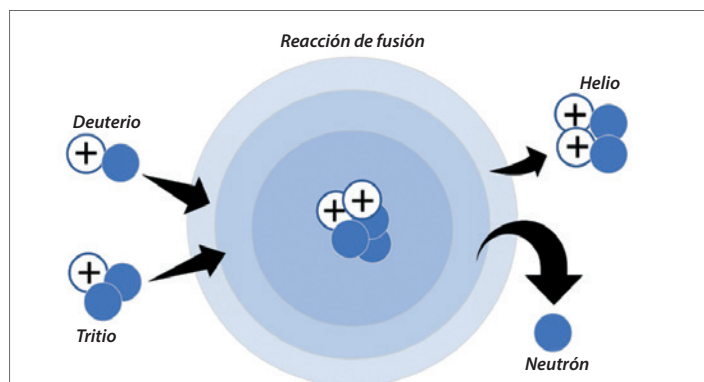
¿En qué consiste la fusión?

En el núcleo de una estrella, las reacciones de fusión entre átomos de hidrógeno se producen en el interior de plasma denso y a temperaturas que superan los 10 millones de grados Celsius. El plasma es el cuarto estado de la materia y tiene propiedades únicas que no se dan ni en los sólidos, ni en los líquidos ni en los gases. Está constituido por partículas cargadas que circulan libremente y

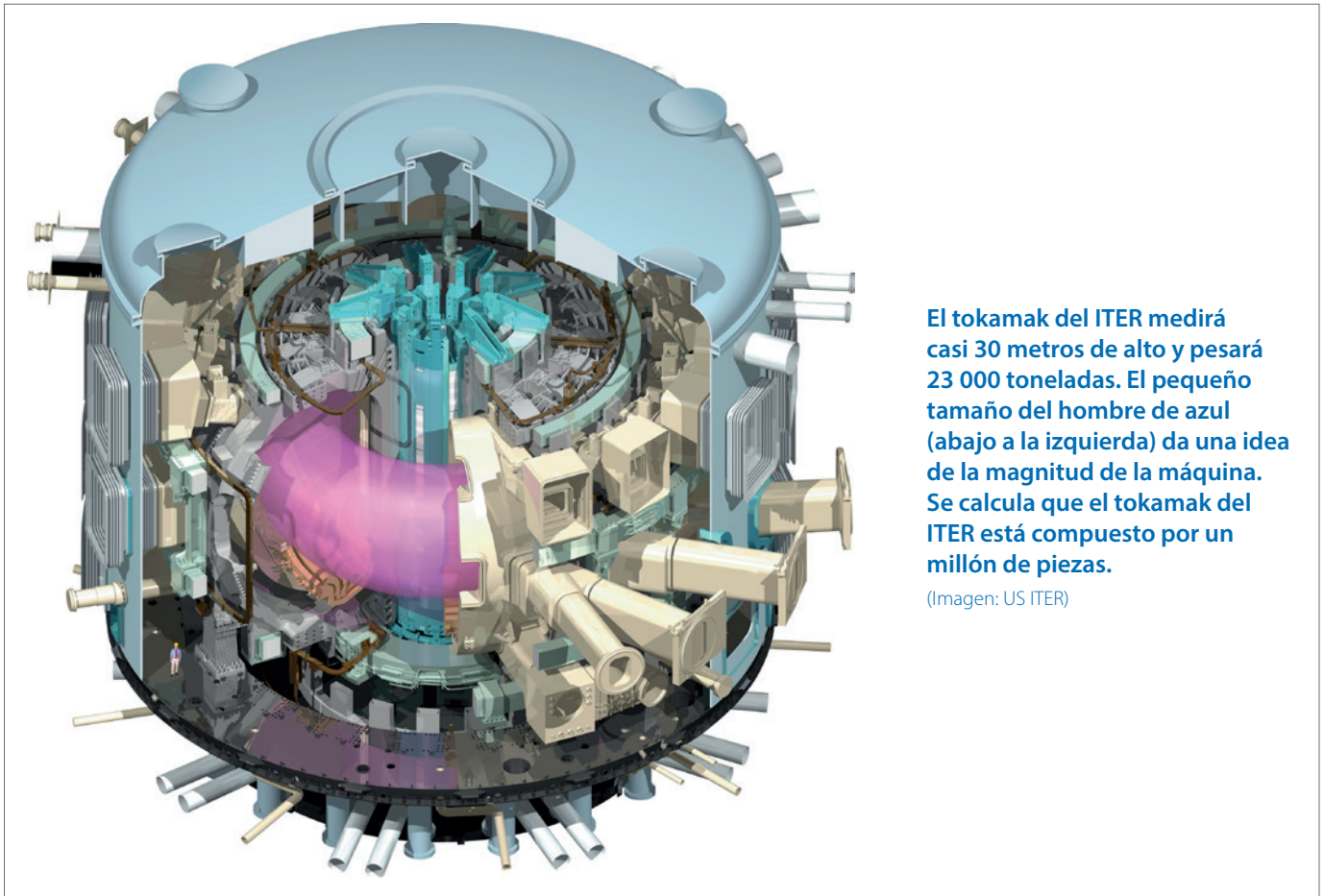


El Sol, único reactor de fusión actualmente en funcionamiento en nuestro sistema solar, produce casi toda la energía que utilizamos en nuestra vida.

(Imagen: NASA/SDO/AIA)



Las futuras centrales nucleares de fusión se alimentarán con una mezcla de deuterio y tritio, dos isótopos del hidrógeno. En el interior del reactor, los núcleos de deuterio y tritio colisionan y se fusionan, emitiendo helio y neutrones. (Imagen: OIEA/M. Barbarino)



El tokamak del ITER medirá casi 30 metros de alto y pesará 23 000 toneladas. El pequeño tamaño del hombre de azul (abajo a la izquierda) da una idea de la magnitud de la máquina. Se calcula que el tokamak del ITER está compuesto por un millón de piezas.

(Imagen: US ITER)

se forma a altas temperaturas cuando los átomos neutros pierden electrones. Según nuestros conocimientos actuales, más del 99 % del universo existe en estado de plasma, incluidas la materia interestelar y las estrellas, como el Sol.

En una central de fusión nuclear controlada tienen que cumplirse tres condiciones:

1. una temperatura muy elevada (por encima de los 100 millones de grados Celsius) para que las partículas con gran carga energética colisionen;
2. suficiente densidad de partículas en el plasma —donde se producen las reacciones— para aumentar la probabilidad de esas colisiones, y
3. un confinamiento suficiente que retenga el plasma y posibilite reacciones de fusión constantes.

Hasta la fecha, el concepto de confinamiento con el que se han obtenido mejores resultados es el **tokamak** (que debe su nombre a un acrónimo ruso que significa “cámara toroidal con bobinas magnéticas”), una estructura con forma de rosquilla inventada en la década de 1950 que utiliza potentes imanes para contener el plasma. Los tokamak ya

ofrecen las condiciones esenciales para la fusión en lo que respecta a la densidad del plasma y a la temperatura adecuada, de modo que se pueden generar reacciones de fusión. Para garantizar la producción de potencia neta todavía hace falta un confinamiento mejor y más duradero, lo que da una medida de la capacidad del campo magnético para mantener la energía del plasma a lo largo del tiempo.

¿Qué es el ITER y por qué es tan importante?

El ITER (“Reactor Termonuclear Experimental Internacional”), un proyecto de colaboración entre 35 países, será el mayor experimento de fusión del planeta. Se está construyendo en Saint-Paul-lez-Durance (Francia) y su puesta en funcionamiento está prevista para finales de 2025.

El impulso al establecimiento del ITER en 2007 tuvo su origen en los debates celebrados en los foros del OIEA para estudiar varias iniciativas de colaboración en el ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico de la fusión a escala internacional. El Director General del OIEA es el depositario del Acuerdo ITER.

El ITER fue concebido para mostrar unas ganancias de energía de fusión mucho mayores que otros experimentos sobre fusión realizados hasta la fecha. El objetivo es producir 500 MW de potencia térmica, tras inyectar 50 MW de potencia calorífica, durante pulsos largos de 400 a 600 segundos. El ITER, aunque no captará en forma de electricidad la energía que produzca, allanará el camino para lograr una máquina que pueda llevar a cabo esa tarea.

La siguiente fase después del ITER, la conversión del calor en electricidad, se realizará en una central de demostración de la fusión llamada DEMO. Se prevé que la DEMO permitirá estudiar y demostrar un funcionamiento continuo o casi continuo, autosuficiencia en cuanto al combustible y la producción de energía en gran escala, incluida su conversión en electricidad; su conexión a la red eléctrica podría efectuarse en torno a 2050.

¿La fusión genera desechos radiactivos de la misma forma que la fisión nuclear?

El proceso de fusión más fácil de conseguir necesita dos isótopos del hidrógeno: deuterio y tritio. El tritio es radiactivo, pero su período de semidesintegración es breve (12,32 años). Se utiliza únicamente en cantidades relativamente pequeñas, por lo que, a diferencia de los núcleos radiactivos de período largo, no comporta ningún peligro serio.

La reacción deuterio-tritio da lugar a un átomo de helio (un gas inerte) y un neutrón, cuyas energías pueden aprovecharse para alimentar el reactor y producir electricidad, respectivamente. Por consiguiente, las reacciones de fusión no generan desechos radiactivos de período largo.

No obstante, la fusión generará la activación neutrónica de los materiales que rodean el plasma. Es decir, cuando los neutrones, por efecto de la reacción de fusión, chocan contra las paredes del reactor, la estructura de este y sus componentes se vuelven radiactivos. Por lo tanto, uno de los desafíos más importantes al construir las centrales de fusión del futuro es optimizar el diseño de construcción a fin de reducir al mínimo esa radiactividad inducida por los neutrones y las cantidades de desechos radiactivos resultantes.

¿Cuál es la función del OIEA en relación con el plasma de fusión y la tecnología de fusión?

Desde su creación en 1957, el OIEA apoya las investigaciones sobre fusión nuclear. El OIEA realiza numerosas actividades sobre la fusión nuclear con la orientación del [Consejo Internacional de Investigaciones sobre la Fusión](#), órgano asesor del OIEA integrado por miembros de todo el mundo.

El OIEA coordina las iniciativas internacionales de investigación y desarrollo tecnológico de la fusión, para lo cual da participación a físicos nucleares, científicos de los materiales, especialistas en datos nucleares, ingenieros y expertos en plasma, entre otros. También organiza la [Conferencia sobre Energía de Fusión](#), el mayor evento del mundo en el ámbito de la fusión nuclear.

Por medio del [taller del programa DEMO](#) el OIEA también hace las veces de nodo central para la elaboración de planes del programa y la puesta en marcha de nuevas actividades de investigación y desarrollo, con el objetivo de formular varios conceptos de reactores de demostración de la fusión.

En los últimos años el OIEA ha trabajado para elaborar directrices y documentos de referencia dirigidos a la comunidad de la fusión. Esos proyectos tienen por finalidad facilitar y optimizar los diferentes procesos y el intercambio de información sobre la investigación y el desarrollo en materia de fusión nuclear. Por ejemplo, el documento técnico del OIEA que se ha publicado recientemente, [Integrated Approach to Safety Classification of Mechanical Components for Fusion Applications](#) (IAEA-TECDOC-1851), es el primer documento con directrices internacionales relacionadas con la fusión nuclear.

¿Cómo contribuye el OIEA a la creación de capacidad?

La cooperación que se lleva a cabo entre laboratorios e instalaciones por conducto del OIEA contribuye de forma significativa al avance de la investigación y la tecnología de la fusión, así como a la elaboración de las directrices necesarias y las normas conexas.



Emplazamiento del ITER: vista aérea del lugar de construcción del ITER, junio de 2019.

(Fotografía: Organización ITER)

Por conducto de actividades coordinadas de investigación, se han establecido varias redes de pequeños dispositivos de fusión que se están utilizando con éxito para posibilitar un enfoque integrado en la búsqueda de soluciones para distintas cuestiones pendientes. Por ejemplo, en el marco de esas redes se están organizando experimentos conjuntos en los que participan expertos de distintas instituciones para poner a prueba las capacidades de una máquina en concreto, aumentando así la diversidad intelectual y potenciando al máximo los resultados científicos de la máquina. Los ciclos de la [Escuela Conjunta CIFT-OIEA sobre Física del Plasma](#) son otro ejemplo de iniciativa internacional que contribuye a la creación de capacidad en esta esfera.

Además, el OIEA aspira a ampliar la enseñanza y la capacitación de la próxima generación de científicos

e ingenieros especializados en fusión. Se trata de un objetivo de especial importancia, teniendo en cuenta que las actividades de investigación y desarrollo sobre fusión necesitan cada vez más tecnologías de última generación que ensanchen el horizonte de los conocimientos actuales.

MÁS INFORMACIÓN

División de Ciencias Físicas y Químicas
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Correo electrónico: Fusion-physics@iaea.org

Sitios web:

nucleus.iaea.org/sites/fusionportal

<https://www.iaea.org/es/temas/fusion>

www.iaea.org/publications/nuclear-fusion

Las *Notas Informativas* del OIEA son elaboradas por la Oficina de Información al Público y Comunicación
Redacción: Aabha Dixit

Para más información sobre el OIEA y su labor, visite www.iaea.org

síganos en    

o lea la publicación emblemática del OIEA, el *Boletín del OIEA*, en www.iaea.org/bulletin



OIEA, Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Correo electrónico: info@iaea.org • Teléfono: +43 (1) 2600-0 • Fax +43 (1) 2600-7