



▲ Fabricación en Italia de una de las vasijas de vacío del ITER. Cortesía de la Organización ITER.

“Gracias a los progresos alcanzados en diversas disciplinas —desde la física y la ciencia computacional a la ingeniería y la ciencia de los materiales—, la energía de fusión está avanzando de forma constante para dejar de ser una visión y convertirse en una realidad.”

Rafael Mariano Grossi,  
Director General del OIEA

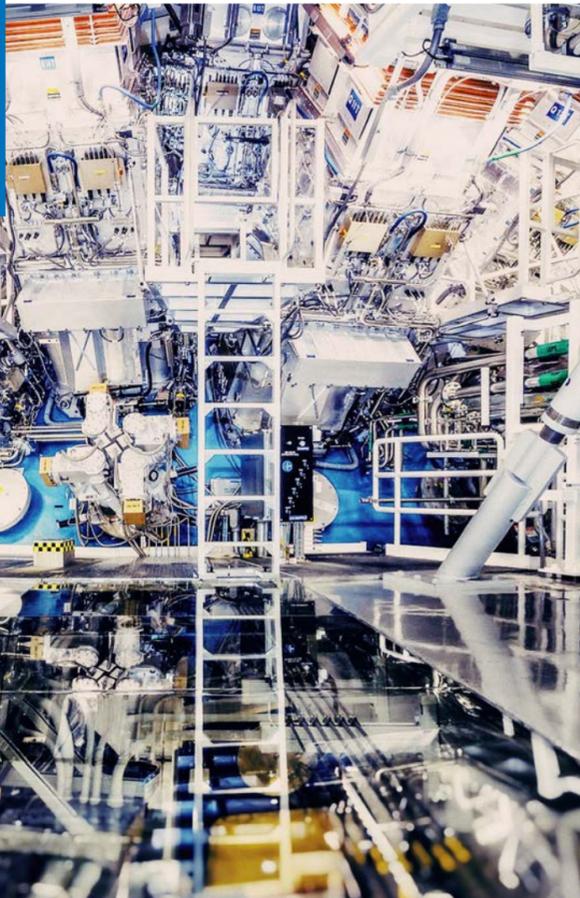
Presentación de

# IAEA WORLD FUSION OUTLOOK 2023

## La energía de fusión: presente y futuro

Rafael Mariano Grossi, Director General del OIEA

# La energía de fusión promete ser una fuente de energía limpia, potencialmente ilimitada y con bajas emisiones de carbono.



Me enorgullece presentar el primer número de la publicación IAEA World Fusion Outlook, convencido de que se convertirá en una referencia mundial de información fidedigna y novedades sobre una fuente de energía limpia, verdaderamente fascinante y prometedora, potencialmente ilimitada y con bajas emisiones de carbono: la energía de fusión.

Los avances científicos y tecnológicos, junto con la creciente demanda de energía limpia para impulsar las economías, mitigar el cambio climático y proteger nuestro planeta, además de la reciente y considerable inversión de capital en la industria de la fusión, están estimulando iniciativas internacionales encaminadas a lograr la primera central de fusión nuclear de producción de energía económicamente viable. Empresas privadas han atraído miles de millones de dólares de los Estados Unidos procedentes de empresas de capital de riesgo, de fondos de inversión y fondos soberanos, así como de otros inversionistas empresariales. Dado que los desafíos asociados con la ciencia y la tecnología de fusión son enormes, para impulsar la energía de fusión se necesita una mayor financiación privada combinada con el compromiso de los Estados.

Este año han surgido varias iniciativas gubernamentales nuevas que incluyen la fusión como la respuesta a la urgencia del cambio climático. Entre ellas cabe mencionar UK Industrial Fusion Solutions Ltd. del Reino Unido, el Consejo de la Industria de la Fusión del Japón, la Ley sobre la industria de cero emisiones netas (Net-Zero Industry Act) de la Comisión Europea —que incluye la promoción de inversiones en tecnologías de fusión—, y el documento de posición de Alemania sobre investigación de la fusión, así como la asignación en el marco del Programa de desarrollo de la fusión basado en hitos, del Departamento de Energía de los Estados Unidos, de 46 millones de dólares a ocho empresas comerciales dedicadas a la fusión. ■

## Propulsar el futuro de la fusión

Algunos de los mayores desafíos que aún quedan por resolverse en relación con la fusión atañen al logro de condiciones que permitan una reacción de fusión autosostenida en un gas ionizado caliente y denso o plasma, el mismo tipo de reacción que genera la energía de las estrellas. Entre esos desafíos se encuentran temperaturas extremadamente altas, que superan los 100 millones de grados Celsius; el confinamiento de larga duración del plasma caliente dentro del núcleo de la cámara; una primera pared del dispositivo de fusión capaz de soportar condiciones extremas; el cierre del ciclo del combustible, y la extracción y el aprovechamiento de la enorme cantidad de energía producida. En 2023 se han producido tres avances importantes que ayudan a superar estos desafíos. El primero es el tokamak superconductor experimental avanzado de China, que demostró un modo de operación de tokamak que mejora el confinamiento de la energía o la retención del plasma a largo plazo y, a su vez, evita la acumulación de impurezas. El segundo es el desempeño nunca visto del estelarator más avanzado y recientemente mejorado W7-X en Alemania,

que logró una larga descarga de plasma con una alta producción de energía, demostrando así la posibilidad de acoplar de forma continuada grandes cantidades de energía en el plasma y retirar calor de forma controlada. Por último, en julio de 2023, la Instalación Nacional de Ignición de los Estados Unidos de América logró una ganancia de energía científica aún mayor que la anunciada el año pasado. Los avances en otro desafío relacionado con la fusión impulsaron la certidumbre reglamentaria para la creciente industria de la fusión, ya que la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos anunció que su marco regulador nacional de la fusión será distinto del reglamento de centrales de fisión nuclear existente. ■

## El OIEA: un punto neurálgico para la investigación y el desarrollo de la fusión

El OIEA lleva más de 60 años promoviendo la investigación y el desarrollo en materia de energía de fusión y sigue apoyando firmemente las actividades de investigación y desarrollo y el despliegue futuro congregando a la comunidad de la fusión para crear soluciones que aborden los desafíos tanto científicos como técnicos. Durante los últimos años el OIEA ha aumentado sus actividades de fusión en una labor multidisciplinaria. Por ejemplo, ocupándose de manera holística las instalaciones de energía de fusión e integrando prácticas óptimas y enseñanzas extraídas de centrales de generación de energía de fisión eficaces en iniciativas encaminadas a lograr la producción de energía de fusión, según proceda. La investigación y la tecnología de la ciencia de la fusión — como las ciencias del plasma y de los materiales, los datos fundamentales de los procesos de la fusión, los marcos reguladores, la concesión de licencias, la seguridad tecnológica nuclear, la gestión de los desechos nucleares, las cuestiones relacionadas con la responsabilidad por daños nucleares y los aspectos económicos de las instalaciones de fusión nuclear— están presentes en todos los departamentos técnicos y todas las unidades organizativas del OIEA. El Comité de Coordinación de la Fusión Nuclear del OIEA, órgano interno intersectorial establecido en 2019, coordina las actividades programáticas relacionadas con la fusión en la Organización. El Consejo Internacional de Investigaciones sobre la Fusión y los Grupos Asesores Permanentes sobre Energía Nuclear y sobre Aplicaciones Nucleares del OIEA proporcionan asesoramiento sobre diversas actividades clave que el OIEA lleva a cabo para fortalecer la cooperación internacional en materia de investigación y desarrollo de la fusión y para mejorar la actual tecnología punta. ■

## Poner la energía de la fusión al alcance de todos

El OIEA presta apoyo a sus Estados Miembros en la labor de acelerar el desarrollo de la energía de fusión mediante un amplio abanico de instrumentos y procesos. Por ejemplo, proporcionando



“Para superar este grandioso desafío de ingeniería del siglo XXI, la colaboración internacional es vital.”

Rafael Mariano Grossi,  
Director General del OIEA

diversos foros relacionados con la fusión, como la Conferencia sobre Energía de Fusión —de carácter bienal—, talleres del Programa DEMO y reuniones técnicas periódicas, así como otros eventos en los que los expertos pueden intercambiar conocimientos y experiencias. El OIEA, además, acoge el Portal de Fusión y numerosas bases de datos y códigos, como el Sistema de Información de Dispositivos de Fusión; facilita el acceso a servicios radiológicos y analíticos a través de organizaciones e instalaciones asociadas; gestiona proyectos coordinados de investigación; realiza actividades de enseñanza y capacitación; y promueve alianzas estratégicas, a menudo a través de acuerdos de cooperación formal —normalmente bilaterales—, como la cooperación de larga data con la Organización ITER desde su creación y más recientemente con organizaciones de los Estados Unidos de América y China. El año pasado, el OIEA fue clave en la formación de Women in Fusion, una organización sin fines de lucro destinada a promover la paridad de género en la comunidad de la fusión y a establecer un entorno de trabajo acogedor para todas las personas. Los avances alcanzados gracias a estas actividades están publicados en documentos técnicos y publicaciones del OIEA, en revistas científicas examinadas por homólogos, en el Portal de Fusión y en medios sociales y canales de divulgación. ■

## Satisfacer la demanda de energía del mañana

Para intensificar su apoyo a los Estados Miembros, el OIEA está acelerando la investigación y el desarrollo de la generación de energía de fusión, a fin de satisfacer la demanda energética del mañana y mitigar las emisiones de carbono. Para superar este grandioso desafío de ingeniería del siglo XXI, la colaboración internacional es vital. Como organización internacional, el OIEA seguirá trabajando junto con países, otras organizaciones y la industria de la fusión de todo el planeta —un sector en rápido crecimiento— con miras a afrontar los desafíos científicos y tecnológicos y ayudar a canalizar la reserva de talento, nutrir la cadena de suministro, establecer prácticas óptimas de gestión del conocimiento e interactuar con el público para que la energía de fusión sea una realidad. ■

Próximamente:  
**IAEA's WORLD FUSION OUTLOOK 2023.**  
Escanee para obtener más información.



**43** empresas del sector privado en distintas partes del mundo.

**\$6200** millones de dólares invertidos en empresas de fusión.

**60** años promoviendo la investigación y el desarrollo de la energía de fusión en el OIEA.

▲ En diciembre de 2022 se dio un importante paso adelante: la Instalación Nacional de Ignición (NIF) del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, en los Estados Unidos de América, consiguió por primera vez una ganancia de energía científica, una reacción de fusión controlada que produce una cantidad de energía mayor que el aporte de energía invertido. Cortesía del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore.