

## La fusión nuclear como solución a las necesidades energéticas

La sociedad requiere de nuevas alternativas para atender la creciente demanda energética de la población de manera sostenible. Con este cometido, investigadores de todo el mundo llevan décadas trabajando para conseguir energía de fusión, una fuente masiva y sostenible que está suponiendo un auténtico reto científico y tecnológico, aunque los plazos para conseguir su producción de manera industrial y comercialización pueden alargarse más allá de mediados de este siglo.

Como reconoce Carlos Hidalgo, jefe de la División de Física Experimental del Laboratorio Nacional de Fusión del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), “la búsqueda de fuentes de energía se remonta al amanecer del ser humano”. El problema actual es que las necesidades de la población se han multiplicado por un factor 100 a lo largo de la historia, y los avances en esa indagación han provocado cambios radicales en nuestra sociedad.

De hecho, los expertos calculan que la demanda de energía primaria de la humanidad habrá crecido un 25% en 2040, y estará cerca de doblarse a finales de siglo. Estas previsiones requerirán una inversión de más de 2 millones de millones de dólares al año en nuevos suministros de energía según el ‘World Energy Outlook 2018’ de la Agencia Internacional de la Energía. De no producirse esta situación y hallarse una solución factible, podría derivar en una crisis energética de gran magnitud.

### Nuevas alternativas

Carlos Hidalgo aboga por actuar con la mayor celeridad posible para hacer frente al cambio climático si el objetivo a largo plazo es “limitar, con un coste asumible, el aumento de la temperatura global del planeta a 2° C”. “La energía es la sangre que mueve la sociedad actual, y requiere de nuevas estrategias, tales como la fusión nuclear, para su desarrollo sostenible”, asegura.

Ante este panorama, la energía de fusión se postula como la principal fuente del mañana: limpia, segura y, en principio, ilimitada. Con todo, Hidalgo llama a la cautela, pues “la necesidad de nuevas estrategias para la generación, conversión y almacenamiento implica un desafío colosal”, mientras que la dinámica de los mercados energéticos está cada vez más condicionada por el crecimiento exponencial de la población y la demanda. Por eso hace un llamamiento para afrontar este desafío mediante una visión de futuro que mantenga la defensa de una política energética coherente y sostenida que fortalezca la beneficiosa relación entre educación, investigación e innovación.

La integración y optimización de criterios de física y tecnología se vislumbran como los principales desafíos para obtener energía de fusión dentro de varias décadas.

## Compromiso internacional

Afortunadamente, en la actualidad “la consecución de la fusión nuclear es un objetivo compartido a nivel planetario”, y la comunidad científica internacional trabaja de manera colaborativa en distintas alternativas con diferente grado de desarrollo.

El principal ejemplo de ello es el proyecto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), el mayor a nivel mundial, instalado en el sur de Francia y que tratará de recrear con fines industriales los procesos físicos que convierten al Sol en una fuente de energía extraordinaria. Siete grandes socios (Unión Europea, China, Japón, Rusia, India, Corea del Sur y Estados Unidos), que representan a más de la mitad de la población mundial, se han unido y llevan años trabajando para desarrollarlo.

Tal y como describe el jefe de la División de Física Experimental del Laboratorio Nacional de Fusión del CIEMAT, las investigaciones actuales van dirigidas al desarrollo de los elementos esenciales del programa de fusión, que se va a llevar a cabo en tres fases:

- **Corto plazo (<2020)**. Construcción de ITER; programa de investigación y desarrollo apoyando ITER; operación Deuterio-tritio en el tokamak JET; diseño conceptual de DEMO (reactor de demostración de la tecnología de la fusión nuclear); construcción de un dispositivo para validar materiales de fusión (IFMIF-DONES); y desarrollo de la línea stellarator.
- **Plazo medio (2030 – 2040)**. Primera explotación científica/tecnológica de ITER; primera explotación científica/tecnológica IFMIF-DONES; diseño de ingeniería de DEMO; desarrollo del concepto stellarator; y desarrollo de materiales y tecnología de reactores
- **Largo plazo (>2040)**. Optimización e integración de física y tecnología de ITER; finalización del diseño y construcción de DEMO; demostración de producción de electricidad y comercialización de tecnologías de fusión nuclear; y fase industrial de la fusión nuclear.

## Plazos e hitos del Programa Europeo de Fusión (ITER)

Fuente: Roadmap, de Eurofusion

Aunque este es el principal proyecto de investigación internacional, no se trata del único. El Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de EE. UU. está desarrollando fusión inducida por láser; la Isla de la Ciencia, en la provincia china de Anhui, alberga el Tokamak Superconductor Experimental Avanzado; Alemania cuenta con el stellarator Wendelstein 7-X, etc. Y el Instituto Tecnológico de Massachusetts se ha volcado en el proyecto Sparc, que supondrá la creación de una planta de energía que, dentro de aproximadamente 15 años, trabajará como un microsól que podría producir el calor suficiente para generar 200 megavatios de manera continua, sin provocar contaminación (energía con la que se podría suministrar una ciudad de unos 200.000 habitantes).

## Desafíos de futuro

En cualquier caso, el objetivo final de la investigación internacional en este campo es diseñar, en definitiva, centrales de generación de energía de fusión que sean seguras, fiables, sostenibles, que no dañen el medioambiente y sean económicamente viables.

Sin embargo, todos los proyectos existentes se mueven en amplios periodos de tiempo, que ponen en evidencia las dificultades de la investigación y nos emplazan a un mínimo de tres décadas para que el proceso de obtención de energía sea totalmente factible. Y si se atiende a las expectativas pronunciadas por Johannes Schwemmer, director de Fusion for Energy, la agencia europea encargada de gestionar el proyecto ITER, su industrialización y comercialización se demorará al menos hasta 2060.

El éxito final dependerá también de que se mantenga el flujo de inversión. Se estima que tan solo el proyecto ITER costará 22 millardos de euros, aunque más del 80% de la inversión se realiza en forma de componentes que construyen los socios en sus propias industrias nacionales. Más preocupante es la situación creada en la Unión Europea (que costea el 45,6% del proyecto) por el Brexit, aunque Reino Unido tiene intención de prolongar su participación.

Además, los científicos deberán ser capaces de abordar una serie de desafíos, como “la integración y optimización de criterios de física y tecnología”. En el aspecto de la física de plasmas, Hidalgo confiesa que se requiere confinar eficientemente un plasma en ignición, es decir, “lo suficientemente reactivo como para producir sustancialmente más energía que la consumida en el proceso de generación del plasma”. Desde el punto de vista tecnológico “se precisa demostrar la autosuficiencia en la generación de tritio, y el desarrollo de materiales resistentes a los intensos y muy energéticos flujos de neutrones de fusión nuclear”.

## Demanda Energética Mundial

Fuente: World Energy Outlook 2018, de la Agencia Internacional de la Energía

### Cómo se genera la Energía de Fusión

“Lo que hace a los seres humanos realmente únicos es nuestra capacidad de imaginar y moldear el futuro haciendo uso de la alianza científico-tecnológica. Un ejemplo de esta característica es la búsqueda del control de la energía que mueve el universo: la fusión nuclear”, confiesa Carlos Hidalgo. No obstante, las reacciones de fusión son las que liberan la energía que alimenta al Sol y las estrellas. Para que pueda ocurrir la fusión, los núcleos reaccionantes deben vencer la repulsión electrostática y acercarse lo suficiente como para permitir que entre en juego la fuerza nuclear atractiva.

Las investigaciones actuales operan mediante dos estrategias para la obtención de la energía:

– **Confinamiento magnético.** Requiere calentar los núcleos reaccionantes a temperaturas unas 15 veces mayores que la del centro del Sol (estimada en unos 15 millones de grados) y aislarlos térmicamente del ambiente circundante mediante un intenso campo magnético (dispositivos tokamak o stellarator). Se produce la fusión por confinamiento gravitatorio. Es la estrategia por la que apuesta el proyecto ITER.

– **Confinamiento inercial.** No usa un campo magnético para impedir que el plasma toque las paredes del reactor, sino que propone un combustible para lograr que una pequeña porción de deuterio y tritio logren implosionar. Así, todo el material se condensa de una forma violenta y resulta la unión de los núcleos de deuterio y tritio.

### **Ha colaborado en la elaboración de este artículo...**

Carlos Hidalgo es investigador del Laboratorio Nacional de Fusión en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT España), donde en la actualidad lidera la División de Física Experimental. Su trabajo de investigación se centra en el estudio de plasmas de alta temperatura. Ha trabajado en distintos laboratorios de Europa, EE.UU. y Japón. Cuenta con numerosas publicaciones en revistas internacionales de física del estado sólido y física de plasmas de fusión nuclear. Complementa su actividad investigadora con actividades docentes.