



TRIBUNA • LUCA VOLPE Y JOSÉ ANTONIO PÉREZ HERNÁNDEZ (\*)

# Un nuevo paso hacia la energía de Fusión gracias a los Láseres

**C**ONSEGUIR energía limpia de forma casi ilimitada constituye uno de los sueños más perseguidos de la humanidad desde el comienzo de nuestra sociedad moderna y más especialmente en las últimas décadas en las que el cambio climático se está haciendo cada vez más y más patente. La energía generada mediante Fusión nuclear es uno de los candidatos más realistas para alcanzar este sueño y los científicos llevan trabajando en este campo más de 60 años. La Fusión nuclear es la forma más "natural" de generación de energía en el Universo. Sin embargo, este proceso no es fácil de obtener en la Tierra donde la energía nuclear se obtiene mediante Fisión, que es el proceso opuesto en el cual los átomos se "rompen" en vez de unirse como ocurre en la Fusión. Luego lo que parece ser un proceso "normal" en las estrellas donde el plasma es confinado por los intensos campos gravitatorios generados en las mismas, no es fácil de reproducir en la Tierra, al menos de forma controlada.

Este verano, en el Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) en Estados Unidos han estado muy cerca de demostrar que la Fusión Nuclear, de forma controlada, es posible en la Tierra. Científicos del National Ignition Facility (NIF), una infraestructura perteneciente al LLNL, han sido capaces de obtener una conversión de energía del 70%. Es decir, la energía obtenida ha sido un 70% de la energía aportada desde el exterior por los láseres para inducir el proceso de Fusión. Esta razón de conversión nunca había sido obtenida hasta el momento.

Este resultado renueva la esperanza y da un impulso al campo de investigación en la Fusión por láser con el fin de alcanzar uno de los sueños más ambiciosos de nuestra sociedad actual: "La construcción del primer reactor de Fusión Nuclear para la obtención de energía con fines civiles". Aunque el camino hacia el objetivo final aún es largo y todavía es necesario superar importantes retos tanto científicos como tecnológicos, es un hecho que uno de los puntos clave más relevantes ha sido alcanzado este verano.

**Pero, ¿qué es la Fusión por Láser?** El confinamiento del plasma para generar la reacción de Fusión puede realizarse mediante varias formas, siendo los esquemas más realistas el confinamiento mediante campos magnéticos muy intensos (Confinamiento Magnético) y el confinamiento mediante láseres ultra-intensos (Confinamiento Inercial).

Ambos esquemas tratan de reproducir las condiciones del interior del Sol donde se alcanzan valores óptimos de la densidad y temperatura de plasma para iniciarse la reacción de Fusión Nuclear, pero difieren en las densidades alcanzadas y en los tiempos de confinamiento.

En el caso de la Fusión por confinamiento magnético el tiempo de confinamiento es del orden de decenas de segundos para densidades de plasma hasta 10.000 veces menores de la densidad del aire (10 elevado a la 14, es decir, cien billones de partículas por centímetro cúbico). Mientras que en la Fusión por Láser el tiempo de confinamiento es extremadamente corto, de unos pocos nanosegundos (un nanosegundo es una millonésima de segundo) y las densidades de plasma son extremadamente altas, del orden de 10 elevado a la 24 (un cuatrillón) partículas por centímetro cúbico, que representa mil veces la densidad de la materia sólida.

El esquema de la Fusión por láser consta básicamente

de cuatro etapas: en la primera se focalizan 192 pulsos láser ultra-intensos en la pared interior de una cavidad cilíndrica para generar un flujo de Rayos X que converge a su vez en el centro geométrico de la cavidad.

En la segunda, este caudal de Rayos X irradia una esfera de dimensiones milimétricas (del tamaño de una bola de pimienta) donde está contenida una mezcla de

## El Centro de Láseres Pulsados (CLPU) de la Universidad de Salamanca ha trabajado y trabaja en experimentos que pueden aportar avances en el camino hacia una energía limpia e ilimitada como será la que aporte la Fusión Nuclear

combustible de Deuterio y Tritio (dos isótopos del Hidrógeno) induciendo la explosión de la pared externa de la esfera (ablación) mediante la cual se genera la implosión del combustible de Deuterio-Tritio contenido en la parte interna, de acuerdo con el principio de acción y reacción de Newton.

El tercer paso implica que durante la implosión el radio de la esfera se reduce considerablemente y como consecuencia la densidad y temperatura del combusti-

en Estados Unidos y la otra es el Laser Mega Joule (LMJ) ubicada en Burdeos (Francia). Ambos laboratorios pertenecen a los Ministerios de Defensa de sus respectivos países con un pequeño porcentaje, en torno al 20%, de acceso experimental para aplicaciones civiles. El NIF es una infraestructura que lleva operativa desde 2009 y el LML está parcialmente operativa desde hace algunos años. Se espera que esté a pleno funcionamiento en los próximos dos años.

La investigación en Fusión por Láser ha ido un paso más allá este verano con los fantásticos resultados que han comunicado nuestros colegas del NIF en el LLNL en USA. El pasado domingo 8 de agosto, se ha obtenido un importante resultado: la energía final obtenida en la reacción nuclear ha excedido el valor de 1.3 MegaJulios (un MegaJulio equivale a un millón de Julios). Considerando que la energía inicial aportada por el Láser para inducir la reacción ha sido de 1.8 MegaJulios significa que el rendimiento obtenido está en torno a 0.72 (más cercano a 1) con una mejora de unas ocho veces más de lo que se tenía hasta el momento.

A la espera de información más detallada, si estos resultados una vez que sean analizados en profundidad se confirman, demostrarán que la Fusión Nuclear se ha obtenido, de forma controlada, en la Tierra sin ninguna duda

**¿Por qué este resultado es importante para el Centro de Láseres Pulsados de Salamanca?** La demostración de la Fusión Nuclear inducida por Láser ha sido una de las razones que ha motivado el rápido desarrollo tecnológico de los láseres ultra-intensos en las últimas décadas. El sistema láser de petavatio VEGA, instalado en el Centro de Láseres Pulsados (CLPU) ubicado en el Parque Científico en el Campus de Villamayor, es actualmente el láser más intenso de España y uno de los más intensos de Europa. Haces de partículas aceleradas a energías relativistas y plasma en condiciones extremas son generados actualmente de forma rutinaria con el láser VEGA en los múltiples experimentos llevados a cabo en los últimos años desde que se encuentra operativo.

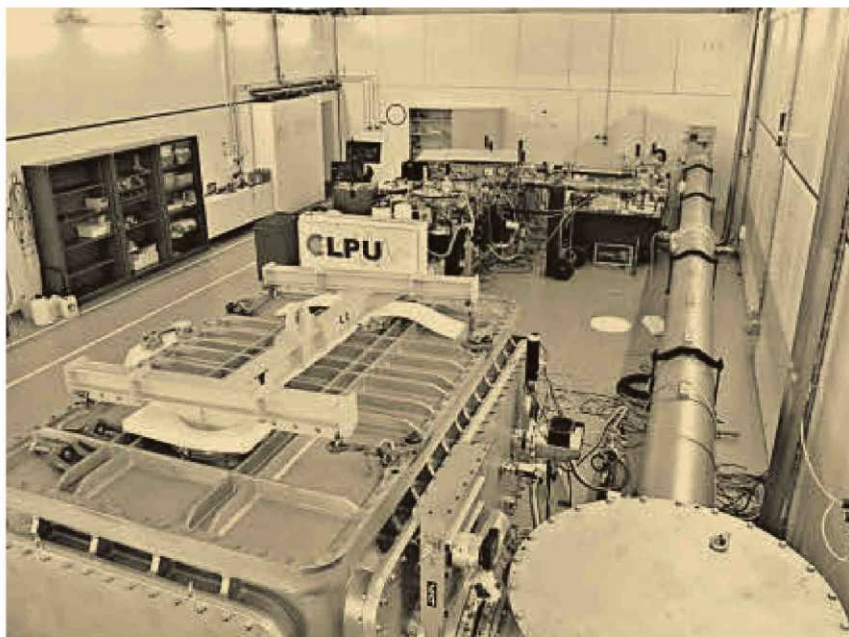
La investigación en el campo de la Fusión por láser forma parte del programa científico del CLPU donde, en 2020, ha sido llevado a cabo un experimento liderado por L. Volpe y científicos de la Unión Europea y Estados Unidos para estudiar el poder de frenado de los iones acelerados mediante el láser en un estado de plasma particular denominado "Warm Dense Matter".

Los resultados de este experimento, que se han enviado a la revista Nature, representan un paso importante para entender cómo los iones acelerados por el láser depositan la energía en el plasma siendo este proceso uno de los procesos clave en la reacción de Fusión nuclear.

Además, la alta tasa de repetición de disparo a la que opera el láser VEGA es fundamental para el estudio de las técnicas y del diagnóstico de los blancos de interacción utilizados (Targetry) en Fusión por láser ya que para hacer "operativo" un reactor de Fusión se necesitaría una tasa de varios disparos por segundo. En las condiciones actuales, el NIF solo pueden realizar unos pocos disparos por día. Por todo esto los trabajos del láser de petavatio salmantino pueden aportar avances en el camino hacia la Fusión Nuclear.

(\*) Luca Volpe es director de la cátedra Láser-Plasma del CLPU en la USAL.

José Antonio Pérez Hernández es científico especializado del CLPU.



ble aumentan hasta unos valores extremos, unas mil veces la densidad de un sólido y varios centenares de millones de grados, siendo éstas las condiciones requeridas para que se inicie la Fusión Nuclear. El láser induce la reacción Nuclear a escala micrométrica, que en condiciones óptimas, generará una cantidad de energía superior a la aportada para generar la reacción.

## "Este verano en el Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) de Estados Unidos han estado muy cerca de demostrar que la Fusión Nuclear, de forma controlada, es posible en la Tierra"

Por último, la unión del deuterio y el tritio (de ahí el nombre de Fusión Nuclear, porque se unen dos núcleos) da lugar a la formación de un átomo de Helio más un neutrón y genera una energía de 17.6 megaelectronvoltios (un megaelectronvoltio equivale a un millón de electronvoltios) por cada reacción. Esto implica que la fusión libera una gran cantidad de energía.

Este tipo de experimentos de Fusión por Láser, en principio y a día de hoy, solo son posibles en dos infraestructuras en todo el mundo. Una de ellas es el NIF