

Ondas de Alfvén y su interacción con partículas rápidas en plasmas de fusión

La presencia de campos magnéticos introduce una fuerte anisotropía en las propiedades de los plasmas, siendo la variación de las magnitudes del plasma mucho más acusadas en la dirección perpendicular al campo magnético que en la dirección paralela. El campo magnético permite la propagación de ondas de Alfvén, descubiertas por el premio Nobel H. Alfvén.

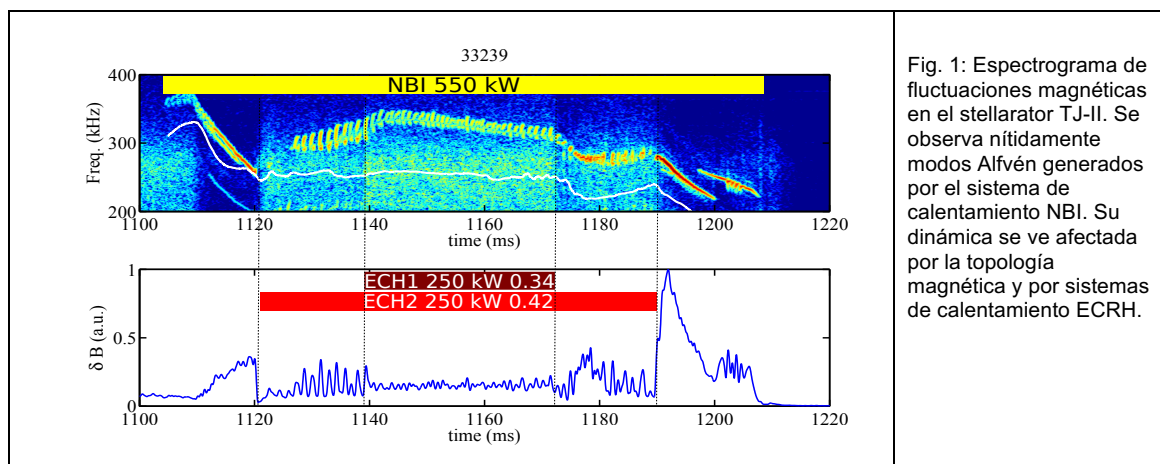
La excitación de ondas de Alfvén mediante la inyección de haces de partículas neutras (NBI) es un fenómeno ampliamente documentado y estudiado en plasmas de fusión nuclear [Fig. 1]. El motivo fundamental de estos estudios es entender en qué medida la excitación de dichas ondas mediante las partículas cargadas de alta energía generadas en la reacción de fusión (partículas alpha) pueden influenciar su confinamiento y, en consecuencia, el rendimiento del reactor.

En el stellarator TJ-II los haces de calentamiento de partículas energéticas generan una amplia variedad de inestabilidades de tipo Alfvén que permite contribuir a la investigación tanto teórica como experimental de los fenómenos asociados a estas inestabilidades. Su excitación depende de dos aspectos fundamentales; la topología magnética del plasma y la energía y trayectorias de los iones rápidos generados por la inyección de haces NBI.

El objetivo de los trabajos desarrollados recientemente ha sido el de modelar la topología magnética teniendo en cuenta las corrientes presentes en el plasma, siendo una de ellas la corriente generada por los haces de NBI, y el estudio de los consiguientes espectros de modos Alfvén. El cálculo se lleva a cabo mediante códigos Montecarlo (FAFNER y ASCOT), para obtener la función de distribución de iones rápidos en el plasma, y mediante un modelo teórico de la corriente inducida por estos iones [1]. Con esta información podemos calcular el espectro de inestabilidades Alfvén asociado a la topología magnética y abordar su posible desestabilización al resonar con las partículas rápidas del haz NBI usando códigos, como FAR3d, para calcular resonancias y ritmos de excitación.

Finalmente, las ondas generadas en el plasma (tales como los modos Alfvén) interactúan con la turbulencia generada por gradientes de presión perpendiculares al campo magnético. El estudio de esta interacción es uno de los grandes retos al que actualmente se enfrenta la comunidad de plasmas. El objetivo final es la validación del marco teórico como método predictivo en escenarios de reactores de fusión nuclear.

Es una cuestión abierta clarificar en qué medida las ondas magneto-hidrodinámicas afectan a los dispositivos de propulsión espacial.



[1] S. Mulas, J. Kontula, E. Olivares, A. Cappa, D. López-Bruna, M.J. Mantsinen, M. Liniers, F. Castejón, E. Ascasíbar, T. Kurki-Suonio, I.L. Arbina and TJ-II Team. "Estimations of Neutral beam current drive in the TJ-II stellarator". 22nd International Stellarator and Heliotron Workshop, Madison, USA (2019).