

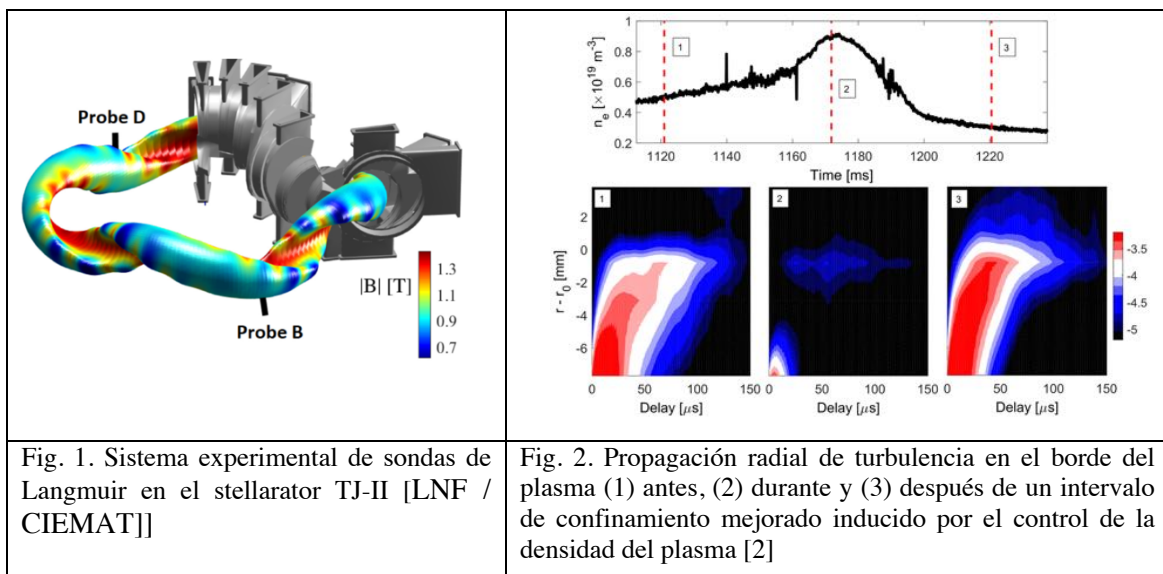
Sobre el control de la turbulencia en plasmas

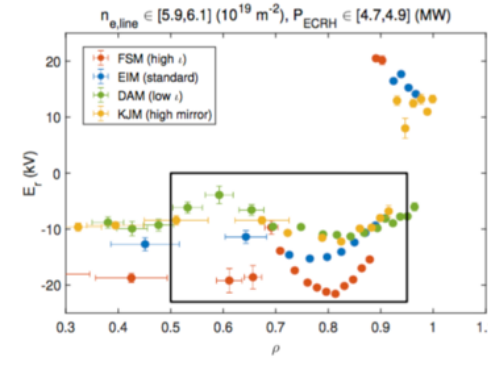
El problema básico por resolver en la física de plasmas de fusión confinados magnéticamente es comprender los mecanismos físicos que controlan el transporte de partículas y energía. La optimización de las propiedades del confinamiento, requerimiento especialmente importante para la consecución de la fusión termonuclear controlada, está íntimamente ligada a la configuración de campos eléctricos en el plasma.

En trabajos recientes se ha estudiado el impacto del campo eléctrico radial (E_r) en el transporte de turbulencia en el borde y el Scrape-Off Layer (SOL, la capa de plasma fuera de la zona confinada) del stellarator TJ-II [Fig. 1]. En un conjunto de experimentos, se modificó E_r mediante la aplicación de un voltaje a una sonda de ‘biasing’ (polarización) [1]. En otro, se provocó una transición espontánea de confinamiento, acompañado por un cambio significativo de E_r en el borde del plasma, manipulando el cebado externo del plasma [2]. En ambos casos se utilizaron sondas de Langmuir para estudiar el efecto de E_r sobre la propagación de la turbulencia. Así, se pudo demostrar que flujos con cizalla (asociados con variaciones radiales de E_r) no sólo suprimen la turbulencia localmente, sino que además disminuyen la propagación radial de la misma [Fig. 2].

Experimentos realizados en el stellarator W7-X [Fig. 3] han demostrado la influencia de la topología magnética para modificar la magnitud y los gradientes de campos eléctricos [3] [Fig. 4]. Adicionalmente, los regímenes con confinamiento optimizado inducidos por inyección de “pellets” están asociados al desarrollo de fuertes gradientes de campo eléctrico [4]. Los resultados obtenidos hasta la fecha son consistentes con la interpretación de que los gradientes de campo eléctrico modulan la magnitud del nivel de turbulencia. Estas observaciones, pioneras en el gran experimento Europeo W7-X, se han obtenido mediante el sistema de reflectometría Doppler, diseñado y construido con el liderazgo del grupo CIEMAT.

Estos resultados son de suma importancia para entender cómo se establece y cómo se puede manipular la anchura de la capa de plasma externo al plasma confinado (SOL) en plasmas de fusión nuclear. Esta capa tiende a ser muy estrecha, lo que implica que la potencia que sale del plasma se deposita en una zona pequeña de la pared, generando estrés térmico y daños en los materiales. Estas nuevas observaciones pueden dar pie a técnicas de manipulación del SOL mediante campos eléctricos en escenarios relevantes para la operación de reactores de fusión y, dado que los fenómenos turbulentos afectan al transporte en sistemas de propulsión espacial, a mejorar la eficiencia de sistemas de propulsión.



	
Fig. 3 Stellarator W7-X [Instituto Max Planck, Greiswald, Alemania]	Fig. 4 Influencia de la topología magnética en perfiles de campos eléctricos en W7-X [3]

- [1] G. Grenfell, B.Ph. van Milligen, U. Losada, T. Wu, B. Liu, C. Silva, M. Spolaore and C. Hidalgo. Measurement and control of turbulence spreading in the Scrape-Off Layer of TJ-II. [Nucl. Fusion, 59:016018, 2019.](#)
- [2] G. Grenfell, B.Ph. van Milligen, U. Losada, T. Estrada, B. Liu, C. Silva, M. Spolaore and C. Hidalgo. The impact of edge radial electric fields on edge-SOL coupling in the TJ-II stellarator. [Nucl. Fusion, 60:014001, 2019.](#)
- [3] D. Carralero, T. Estrada, T. Windisch, J. L. Velasco, J. A. Alonso, M. Beurskens, S. Bozhenkov, H. Damm, G. Fuchert, Y. Gao, M. Jakubowski, H. Nieman, N. Pablant, E. Pasch, G. Weir, and the Wendelstein 7-X team. Characterization of the radial electric field and edge velocity shear in Wendelstein 7-X , Nucl. Fusion (2020) en prensa
- [4] T. Estrada, D. Carralero, T. Windisch, A. Alonso, J.M García-Regaña, E. Sánchez, J.L. Velasco and W7-X Team, Radial electric field and density fluctuations measured by Doppler reflectometry during the post-pellet enhanced confinement phase in W7-X, [28th IAEA Conference, Nice 2020](#)