



**Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas  
(curso 2021-2022)**

*Responsable de tutorización:* Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda  
*Correo electrónico:* jvicente@ugr.es  
*Departamento:* Física Aplicada  
*Área de conocimiento:* Física Aplicada

*Responsable de cotutorización:* Juan Calvo Yagüe  
*Correo electrónico:* juancalvo@ugr.es  
*Departamento:* Matemática Aplicada  
*Área de conocimiento:* Matemática Aplicada

*(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)*  
*Estudiante que propone el trabajo:*

*Título:* Dinámica no lineal en campos magnéticos triaxiales no estacionarios  
*Número de créditos:* 6 ECTS 12 ECTS

*Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):*

1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

*Descripción y resumen de contenidos:*

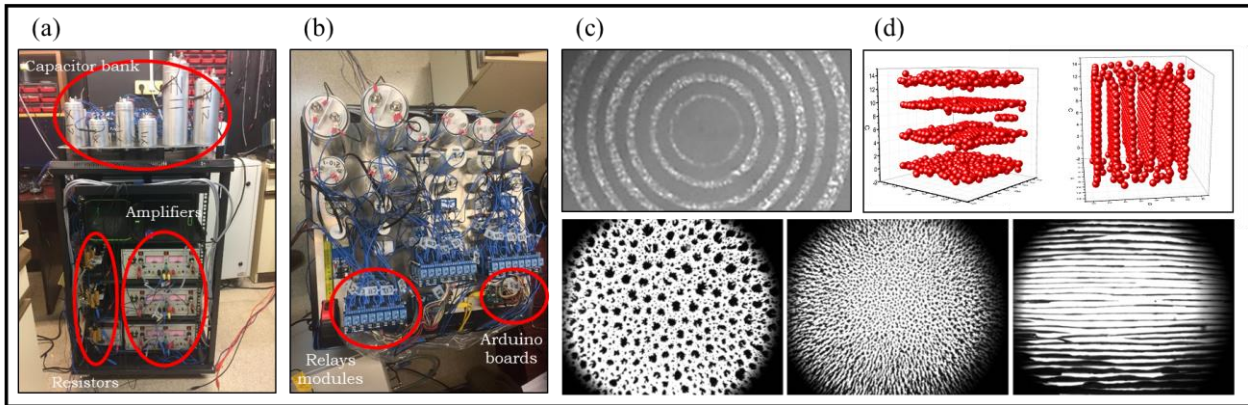
Las suspensiones coloidales son sistemas modelo mesoscópicos de sistemas atómicos fundamentales. Además, en determinadas circunstancias, mediante la utilización de campos electromagnéticos es posible generar estructuras exóticas y evitar cuellos de botella cinéticos hacia el sistema arrestado. El comportamiento de los mismos bajo campos no estacionarios de alta frecuencia no se entiende a día de hoy.

*Actividades a desarrollar:*

En el marco de esta propuesta, el/la candidat@ tendrá ocasión de realizar cálculos teóricos, poner a punto una técnica de simulación y llevar a cabo algunos experimentos en laboratorio. Todo ello, en estrecha colaboración con miembros del equipo y en el marco de varios proyectos de investigación en curso.

Los cálculos teóricos darán cuenta de la formación de patrones minimizando la energía magnetostática del sistema. Las simulaciones numéricas permitirán estudiar la dinámica bajo campos alternos, y en particular, calcular el estado de esfuerzo. Finalmente, los experimentos permitirán visualizar las estructuras en 3D con cámaras de alta velocidad en régimen de

deformación controlada. En el marco de los experimentos a realizar, cabe destacar que nuestro grupo de investigación trabaja actualmente en la construcción de un equipo singular, inédito a nivel internacional, que permite visualizar la microestructura interna de líquidos magnéticos en presencia de campos triaxiales no estacionarios en un microscopio confocal ultra-rápido de alta resolución.



**Figura 1.-** a) Generador de campos magnéticos triaxiales no estacionarios. b) Banco fractal de condensadores para alcanzar frecuencias del orden de 1 kHz. c) Estructuras visualizadas experimentalmente. d) Estructuras simuladas por dinámica molecular.

### *Objetivos planteados*

- Revisión bibliográfica sobre autoensamblado dirigido en líquidos magnéticos
- Construcción de un diagrama de fase – frecuencia
- Elaboración de un modelo micromecánico por minimización de energía
- Adaptación de las técnicas de simulación dinámica molecular a campos 3D
- Visualización de las estructuras generadas con un reomicroscopio confocal

### ***Bibliografía***

- J. E. Martin and A. Snezhko, Driving self-assembly and emergent dynamics in colloidal suspensions by time-dependent magnetic fields, *Rep. Prog. Phys.*, 76, 126601, 2013
- J. R. Morillas and J. de Vicente, Magnetorheology in saturating fields, *Physical Review E*, 99, 062604, 2019

Firma del estudiante

(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización