



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Simulación y Análisis de la Magnetodinámica de Dipolos Magnéticos con el Modelo de Landau-Lifshitz-Gilbert

**Descripción general** (resumen y metodología):

Este proyecto tiene como objetivo estudiar y comprender los términos fundamentales de las ecuaciones clásicas de la magnetodinámica a nivel microscópico, representadas por el modelo de Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) [1-3]. Estas ecuaciones describen el movimiento de precesión y la atenuación de un dipolo magnético en presencia de un campo magnético externo.

Se aplicarán a un conjunto de dipolos, considerando el potencial de interacción entre ellos (de acuerdo con distintos modelos) y las fluctuaciones térmicas. Además, se analizará el comportamiento de la magnetización frente a la variación del campo externo, con el propósito de obtener las dependencias entre los campos magnéticos B y H, así como la magnetización del material.

Finalmente, el estudiante llevará a cabo el desarrollo de un programa sencillo que implemente las ecuaciones anteriores, junto con las ecuaciones de Maxwell, utilizando el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD).

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

**Obj.1.** Comprender las ecuaciones fundamentales de la magnetodinámica de un dipolo en presencia de un campo magnético externo, analizando el modelo LLG que describe el movimiento de precesión y atenuación [1-3]. En este punto, se podrán visualizar gráficos del movimiento del dipolo.

**Obj.2.** Aplicar los conceptos adquiridos en el objetivo anterior para formular las ecuaciones magnetodinámicas de un conjunto de dipolos. Incluir componentes que consideren las fluctuaciones térmicas y el potencial de interacción entre dipolos. Resolver el problema de la magnetización frente al campo magnético (ciclo de histéresis) [4].

**Obj.3.** Utilizar las ecuaciones derivadas en el objetivo 1 para obtener un modelo de permeabilidad equivalente [3][5] en el caso de un sistema saturado en una dirección.

**Obj.4.** Integrar las ecuaciones del modelo LLG con las ecuaciones de Maxwell.

**Obj.5.** Discretizar las ecuaciones establecidas en el objetivo 4 mediante el método FDTD [6]. Implementar el programa en lenguajes como Python, C++, Fortran o MATLAB.

**Obj.6.** Diseñar un problema básico para simularlo utilizando la implementación del objetivo anterior. Obtener y analizar los resultados.

**Bibliografía básica:**

[1] Gilbert, Thomas L. "A phenomenological theory of damping in ferromagnetic materials." IEEE transactions on magnetics 40.6 (2004): 3443-3449.

[2] Goldstein, Herbert, Charles Poole, and John Safko. "Classical mechanics." (2002): 782-783.

[3] Pozar, David M. Microwave engineering. John Wiley & Sons, 2011.

[4] Liu, C. "The computation of modified Landau-Lifshitz equation under an AC field." CMC-TECH SCIENCE PRESS 5.2 (2007): 151.

[5] Ramprasad, R., et al. "Magnetic properties of metallic ferromagnetic nanoparticle composites." Journal of applied physics 96.1 (2004): 519-529.

[6] Taflove, Allen, Ardavan Oskooi, and Steven G. Johnson, eds. Advances in FDTD computational electrodynamics: photonics and nanotechnology. Artech House, 2013.

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** MIGUEL DAVID RUIZ-CABELLO NÚÑEZ

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** ELECTROMAGNETISMO

**Correo electrónico:** mcabello@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Ámbito de conocimiento/Departamento:**

**Correo electrónico:**

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ LÓPEZ

**Correo electrónico:** pinkyto04@correo.ugr.es