UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Doble Grado en Física y Matemáticas

CÓDIGO DEL TFG: 295-016-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Estadística de trayectorias y fluctuaciones de la corriente en sistemas fuera del equilibrio

Descripción general (resumen y metodología):

La comprensión de la física de los sistemas fuera del equilibrio constituye uno de los retos principales de la física teórica y la matemática aplicada actual. La clave para resolver este problema está codificada en las fluctuaciones presentes en estos sistemas. En este contexto, la **Teoría de Grandes Desviaciones (LDT, Large Deviation Theory)** surge como el marco matemático natural y unificador, permitiendo extender formalmente los principios de la física estadística de equilibrio al régimen de no equilibrio mediante el análisis asintótico de medidas de probabilidad asociadas a eventos raros. De esta manera, entender la estadística de estos eventos raros, las estructuras óptimas asociadas a estas fluctuaciones y su origen microscópico permitirá resolver este problema fundamental.

La complejidad abrumadora de este reto ha dificultado históricamente el avance en esta línea de investigación. Sin embargo, durante los últimos años han aparecido un conjunto de herramientas novedosas para investigar el comportamiento fluctuante de sistemas de muchos cuerpos fuera del equilibrio, que prometen cambiar radicalmente nuestra comprensión de la física del no equilibrio. En particular, se ha formulado una **Teoría Macroscópica de Fluctuaciones (MFT)** que permite estudiar el comportamiento fluctuante de sistemas difusivos de muchas partículas en interacción a través de ecuaciones en derivadas parciales estocásticas y problemas de control óptimo implícitos en el formalismo de LDT.

El objetivo de este trabajo consiste en realizar un estudio exhaustivo y una revisión bibliográfica de estas herramientas teóricas y matemáticas, prestando especial atención a la estadística de la corriente en sistemas difusivos fuera del equilibrio. Se revisarán los fundamentos de la Teoría de Grandes Desviaciones, y se analizará cómo la MFT describe las fluctuaciones de la corriente a través de un principio de grandes desviaciones. En este proceso, se entenderá el fenómeno de las transiciones de fase dinámicas relacionadas con procesos de ruptura espontánea de simetría a nivel fluctuante.

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

Objetivos planteados:

- **Fundamentos de Teoría de Grandes Desviaciones (LDT):** Estudiar el formalismo matemático de la LDT (funciones de grandes desviaciones, principios de contracción, teorema de Varadhan, teorema de Gartner-Ellis) como el lenguaje matemático de la física estadística.
- **Formulación de la MFT:** Desarrollar la estructura matemática de la Teoría Macroscópica de Fluctuaciones para sistemas difusivos, interpretando la acción hidrodinámica como una función de grandes desviaciones para las trayectorias de los campos de densidad y corriente.
- **Análisis de transiciones de fase dinámicas:** Estudiar los fenómenos de ruptura espontánea de simetría en las fluctuaciones.

Bibliografía básica:

- A. Dembo, O. Zeitouni, Large Deviations Techniques and Applications, Springer Science & Business Media (2009).
- R. S. Ellis, Entropy, Large Deviations, and Statistical Mechanics. Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften [Fundamental Principles of Mathematical Sciences], 271. Springer, reimpresión del original de 1985.
- C. Kipnis, C. Landim, Scaling limits of interacting particle systems. Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften [Fundamental Principles of Mathematical Sciences], 320. Springer-Verlag, Berlin (1999).
- H. Touchette, The large deviation approach to statistical mechanics, Physics Reports 478, 1 (2009).
- L. Bertini, A. De Sole, D. Gabrielli, G. Jona-Lasinio, C. Landim, Macroscopic fluctuation theory. Reviews of Modern Physics 87, 593 (2015).
- P.I. Hurtado, Optimal paths and dynamical symmetry breaking in the current fluctuations of driven diffusive media, SciPost Physics Lecture Notes 121, 1 (2026).
- C. Giardinà, J. Kurchan, L. Peliti, Direct evaluation of large-deviation functions, Physical Review Letters 96, 120603 (2006).

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se realizará una revisión bibliográfica de la literatura relacionada con la LDT y la MFT. En una primera fase, se llevará a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura científica relacionada con sistemas de muchos cuerpos fuera del equilibrio, incluyendo artículos científicos, libros, tesis doctorales y otros recursos académicos. Asimismo, se realizará una revisión de los fundamentos teóricos de la física estadística de equilibrio y sus diferencias fundamentales con la física de los sistemas fuera del equilibrio. Tras esta primera etapa, se profundizará en la teoría de grandes desviaciones como lenguaje matemático de la física estadística, y en la teoría macroscópica de fluctuaciones y su aplicación para comprender la estadística de corrientes en sistemas difusivos de muchos cuerpos. Finalmente, se procederá a revisar la bibliografía reciente sobre transiciones de fase dinámicas a nivel fluctuante.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: PABLO IGNACIO HURTADO FERNÁNDEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: phurtado@ugr.es

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

Nombre y apellidos: JUAN CALVO YAGÜE

Ámbito de conocimiento/Departamento: MATEMÁTICA APLICADA

Correo electrónico: juancalvo@ugr.es

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: NAIARA GONZÁLEZ CARRIQUE

Correo electrónico: ngoncar@correo.ugr.es