



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

|                             |                                                       |                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Departamento:</b>        | Arquitectura de Computadores y Automática             |                                                   |
| <b>Título:</b>              | Control de sistemas multiagente y sus aplicaciones    |                                                   |
| <b>Title:</b>               | Control of multi-agent systems and their applications |                                                   |
| <b>Supervisor/es:</b>       | Lía García Pérez / Juan Jiménez                       |                                                   |
| <b>E-mail supervisor/es</b> | liagar05@ucm.es / juan.jimenez@fis.ucm.es             |                                                   |
| <b>Número de plazas:</b>    | 4                                                     |                                                   |
| <b>Asignación de TFG:</b>   | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

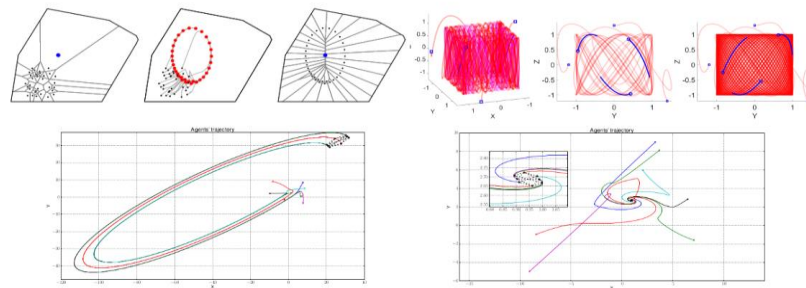
### Objetivos:

El objetivo principal del trabajo es introducirse al estudio de los sistemas dinámicos multiagente con su aplicación en el control distribuido de enjambres. Entre otras muchas aplicaciones, estos sistemas se pueden explotar para caracterizar campos escalares (por ejemplo, para la búsqueda y confinamiento de fuentes de contaminación), para barrer grandes volúmenes en operaciones de búsqueda y rescate, o para coordinar robots en tareas de vigilancia.

La propuesta de este TFG se centra en confeccionar algoritmos fundamentales (ver bibliografía) en multiagentes para alguna de las aplicaciones arriba nombradas. En particular, la adaptación se hará de manera informada; es decir, explotando las garantías y propiedades matemáticas de los algoritmos. Estas decisiones incluyen qué topología escoger para el grafo del enjambre, o qué información local han de compartir o medir los agentes. Finalmente, analizar los pros y contras a la hora de implementar el algoritmo para alcanzar el objetivo de la aplicación.

Sobre el aspecto técnico, este TFG requiere que el alumno se centre en dos componentes principales. Primero, sobre la teoría de grafos (mayormente álgebra lineal) que describe las interacciones locales entre los agentes. Segundo, sobre ecuaciones diferenciales ya que los agentes son dinámicos y sus estados evolucionan en el tiempo. En particular, los agentes evolucionan al tomar decisiones principalmente basadas en los estados relativos con sus vecinos en el grafo. La combinación de estas dos componentes se aborda en la asignatura *Sistemas dinámicos y realimentación* de cuarto año en el grado de física y doble grado de física

y matemáticas, aunque cursarla **no** es un requisito necesario para realizar el TFG. Se utilizará Python/Matlab para validaciones numéricas.



Diferentes ilustraciones de algoritmos en sistemas multiagente para el control y coordinación de agentes móviles.

#### Metodología:

1. Estudio, guiado por los supervisores, de la bibliografía en algoritmos para el control distribuido de enjambres.
2. Modelado matemático de la aplicación/problema, y selección de un algoritmo para su adaptación a medida conforme a la aplicación seleccionada.
3. Análisis de resultados y validación de garantías matemáticas en la solución proporcionada por el algoritmo.

#### Bibliografía:

- [1] Lara Briñón-Arranz, Alessandro Renzaglia, Luca Schenato. **Multi-Robot Symmetric Formations for Gradient and Hessian Estimation with Application to Source Seeking**. IEEE Transactions on Robotics, 2019, 35 (3), pp.782-789.  
<https://hal.inria.fr/hal-01991153>
- [2] HG de Marina. **Distributed formation maneuver control by manipulating the complex Laplacian**. Automatica, 2021. <https://arxiv.org/abs/2009.07625>
- [3] HG de Marina, J Jiménez, W Yao. **Leaderless collective motions in affine formation control**. Conference on Decision and Control (CDC) 2021.  
<https://arxiv.org/abs/2104.03412>
- [4] HG de Marina. **Maneuvering and robustness issues in undirected displacement-consensus-based formation control**. IEEE Transactions on Automatic Control, 2021.  
<https://arxiv.org/abs/2008.03544>
- [5] W Yao, HG de Marina, Z Sun, M Cao. **Distributed coordinated path following using guiding vector fields**. Proceedings IEEE International conference on Robotics and Automation (ICRA) 2021. <https://arxiv.org/abs/2103.12372>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

|                             |                                                       |                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Departamento:</b>        | Arquitectura de Computadores y Automática             |                                                   |
| <b>Título:</b>              | Análisis de misión de nano-satélite                   |                                                   |
| <b>Title:</b>               | Nano-satellites mission analysis.                     |                                                   |
| <b>Supervisor/es:</b>       | Segundo Esteban San Román                             |                                                   |
| <b>E-mail supervisor/es</b> | <a href="mailto:sesteban@ucm.es">sesteban@ucm.es</a>  |                                                   |
| <b>Número de plazas:</b>    | 2                                                     |                                                   |
| <b>Asignación de TFG:</b>   | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

### Objetivos:

Se debe realizar una revisión del estado del arte y tendencias en las misiones de pequeños satélites.

Cada alumno puede centrarse en un tipo de misión. Algunos ejemplos pueden ser: Soporte a un telescopio espacial, Formación para SAR o Visión Estereoscópica, captura de basura espacial, constelación para GNSS en La Luna o en Marte, Sombreado de ciudades, etc.

### Metodología:

Primero se acordará con el profesor un tipo de misión a estudiar.

Después se realizará una revisión del estado del arte en este tipo de misiones.

Posteriormente se analizarán las órbitas y maniobras necesarias. Tras elegir una posible solución se debe simular. A partir de estas simulaciones se deben extraer los requisitos de los sistemas de propulsión y control orbital.

### Bibliografía:

<https://alen.space/es/guia-basica-nanosatelites/>

<https://www.cubesat.org/>

<https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>

El profesor iniciará al alumno en la búsqueda de documentación relacionada con el sensor o actuador elegido.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

|                             |                                                                               |                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Departamento:</b>        | Arquitectura de Computadores y Automática                                     |                                                   |
| <b>Título:</b>              | Creación de Simulaciones Físicas Interactivas con Easy JavaScript Simulations |                                                   |
| <b>Title:</b>               | Building Interactive Physics Simulations with Easy JavaScript Simulations     |                                                   |
| <b>Supervisor/es:</b>       | Jesús Chacón Sombría                                                          |                                                   |
| <b>E-mail supervisor/es</b> | jeschaco@ucm.es                                                               |                                                   |
| <b>Número de plazas:</b>    | 3                                                                             |                                                   |
| <b>Asignación de TFG:</b>   | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>                         | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

### Objetivos:

El objetivo principal del trabajo es implementar una simulación interactiva de un sistema dinámico, con la ayuda de la herramienta *Easy JavaScript Simulations* (EJSS).

El sistema a modelar se elegirá entre los que se sugieren a continuación o una propuesta propia del alumno.

Al finalizar el trabajo, el alumno ha de ser capaz de:

- Comprender el proceso de modelización de un fenómeno físico.
- Realizar simulaciones del modelo mediante métodos numéricos.
- Proporcionar una interfaz gráfica interactiva para observar los resultados de la simulación del modelo.

Las simulaciones por computador facilitan la comprensión y estudio de modelos físicos complejos. Para obtener el máximo beneficio, es interesante dotarlas de interactividad y facilidad de uso [1]. La herramienta EJSS simplifica el proceso de creación, ocultando al desarrollador la programación de bajo nivel y permitiéndole centrar todos sus esfuerzos tanto en el modelado como en la visualización de resultados y la interacción con el modelo.

Existen muchos ejemplos de aplicación de EJSS. Algunos incluso van más allá de la simulación y permiten interactuar con sistemas reales, ya sea aprovechando los sensores y capacidades de los smartphones, o mediante la creación de laboratorios remotos que permiten acceder a sistemas experimentales a través de Internet [2]. En Internet existen números ejemplos de simulaciones realizadas con EJSS. Algunas de ellas, organizadas por temática, son:

(Astronomía) <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=14326>

(Física cuántica) <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=13753>

(Control Automático) <https://unilabs.dia.uned.es/blog/index.php?entryid=3>

(Oscilaciones) <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=14158>

Los ejemplos que se sugieren son:

- Un sistema de brazo flexible. <https://www.quanser.com/products/rotary-flexible-link/>
- Un sistema cuatrirrotor. <https://www.quanser.com/products/3-dof-hover/>
- Un sistema ventilador y plato. <http://www.kri.com.sg/fan.html>
- Vehículos autónomos.
- Un sistema de carro y cadena.
- Un brazo robótico.

### **Metodología:**

1. Selección del fenómeno físico a estudiar, motivación y justificación del beneficio de utilizar una simulación interactiva.
2. Obtención del modelo físico y de una representación adecuada para su implementación en una simulación por computador.
3. Identificación de las interacciones entre el usuario y el modelo de simulación, y especificación de la interfaz gráfica.
4. Implementación de la simulación utilizando la herramienta EJSS.

### **Bibliografía:**

[1] W. Christian, F. Esquembre, "Modeling physics with easy java simulations", Phys. Teacher, vol. 45, no. 8, pp. 475-480, 2007.

[2] R. Heradio, L. de la Torre, and S. Dormido, "Virtual and remote labs in control education: A survey", Annual Reviews in Control, vol. 42, pp. 1–10, 2016.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

|                             |                                                                                                           |                                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Departamento:</b>        | Arquitectura de Computadores y Automática                                                                 |                                                   |
| <b>Título:</b>              | Diflusion: modelado de difusión de gripe aviar                                                            |                                                   |
| <b>Title:</b>               | Diflusion: avian influenza diffusion modeling                                                             |                                                   |
| <b>Supervisor/es:</b>       | José I. Gómez Pérez. – Christian Tenllado                                                                 |                                                   |
| <b>E-mail supervisor/es</b> | <a href="mailto:jigomez@ucm.es">jigomez@ucm.es</a> – <a href="mailto:tenllado@ucm.es">tenllado@ucm.es</a> |                                                   |
| <b>Número de plazas:</b>    | 3                                                                                                         |                                                   |
| <b>Asignación de TFG:</b>   | Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>                                                     | Selección por expediente <input type="checkbox"/> |

### Objetivos:

Diflusion es un proyecto ya en marcha

(<https://influenzaaviar.github.io/aplicacionWeb/>) que pretende proporcionar una alerta temprana ante posibles casos de gripe aviar en comarcas ganaderas españolas.

El modelo predictivo actual incluye información acerca de las migraciones de aves silvestres para determinar la probabilidad de que un brote comunicado en otro país de Europa acabe llegando a España.

El objetivo de este TFG es mejorar el modelo de migraciones actual (muy sencillo y basado en anillamientos) utilizando información de avistamientos de aves de varias fuentes.

Dicho modelo se integrará en el modelo predictivo, que se podría evolucionar empleando algoritmos de aprendizaje supervisados.

### Metodología:

Se prevén las siguientes tareas para el desarrollo del proyecto:

- Estudio del desarrollo actual de Diflusion
- Estudio de fuentes de datos disponibles: eBird y Movebank
- Estudio de modelos de migración de aves silvestres existentes
- Propuesta de nuevo modelo de migración de aves silvestres basado en las fuentes de datos estudiadas
- Implementación en Python de un prototipo del modelo
- Integración, si procede, del nuevo modelo en la herramienta Diflusion

**Bibliografía:**

- Web de difusion. <https://influenzaaviar.github.io/aplicacionWeb/>
- Portal eBird. <https://ebird.org/home>
- Portal Movebank. <https://www.movebank.org/>
- I. Iglesias et al. DiFLUtion: A new spatiotemporal early warning system for HPAI. *International Journal of Infectious Diseases*, Volume 116, Supplement, 2022.
- D. Sheldon et al. "Collective Inference on Markov Models for Modeling Bird Migration". *Proceedings of the 20th International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'07)*, 2007.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2022-23

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

|                             |                                                                                                             |                                                              |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Departamento:</b>        | Arquitectura de Computadores y Automática                                                                   |                                                              |
| <b>Título:</b>              | Implementación Cuántica de Problemas NP modelados como Hamiltonianos de Ising                               |                                                              |
| <b>Title:</b>               | Quantum Implementation of NP Problems modeled as Ising Hamiltonians                                         |                                                              |
| <b>Supervisor/es:</b>       | Alberto A. del Barrio y Guillermo Botella                                                                   |                                                              |
| <b>E-mail supervisor/es</b> | <a href="mailto:abarriog@ucm.es">abarriog@ucm.es</a> , <a href="mailto:gbotella@ucm.es">gbotella@ucm.es</a> |                                                              |
| <b>Número de plazas:</b>    | 2                                                                                                           |                                                              |
| <b>Asignación de TFG:</b>   | Selección directa <input type="checkbox"/>                                                                  | Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/> |

### Objetivos:

El objetivo de este TFG es la implementación de problemas NP que puedan modelarse mediante Hamiltonianos de Ising [1]. Dichos modelos han aumentado su repercusión en los últimos años gracias al gran desarrollo de los computadores cuánticos. Por medio de este tipo de computación, es posible resolver problemas de optimización basados en Hamiltonianos de Ising de forma eficiente.

Por ejemplo, problemas de particionado de grafos, el problema de las N-reinas o problemas cuya formulación se basa en ILP (Integer Linear Programming), pueden modelarse como Hamiltonianos de Ising.

En el presente proyecto se implementarían algunos de estos problemas por medio de algún entorno de programación de computadores cuánticos, como por ejemplo Qiskit [2], Cirq [3], Braket [4] o Microsoft QDK [5], y se probarían al menos en simulación local y/o en la nube.

### Metodología:

1. Estudio de problemas NP que se modelan con Hamiltonianos de Ising.
2. Estudio de entornos de programación de computadores cuánticos.
3. Programación de algoritmos y simulación local con pocos qubits.
4. Simulación en la nube con mayor número de qubits (hasta 30 aproximadamente).

**Bibliografía:**

- [1] Lucas A (2014) Ising formulations of many NP problems. Front. Physics 2:5. doi: 10.3389/fphy.2014.00005
- [2] <https://qiskit.org/textbook/preface.html>
- [3] <https://quantumai.google/cirq>
- [4] <https://docs.aws.amazon.com/braket/index.html>
- [5] <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/development-kit/quantum-computing/>