Propuestas ofertadas por la UCM

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Desarrollo y caracterización de instrumentación para física nuclear experimental y física médica*
Título en inglés:	*Development and characterization of instrumentation for experimental nuclear physics and medical physics.*
Director/es:	*José Antonio Briz Monago, Paula Ibáñez García, José Manuel Udías Moinelo*
Institución:	*UCM*
Correos-e:	*josebriz@ucm.es, jmudiasm@ucm.es , pbibanez@ucm.es*
Dirección de realización:	*Facultad de Físicas, UCM*
Posibles fechas:	

Resumen:

Trabajo experimental en laboratorio para caracterizar detectores de radiación gamma que se usarán en física nuclear experimental y en física médica, como puede ser para imagen PET. El objetivo es estudiar la respuesta en energía, la resolución espacial y las propiedades temporales de distintos detectores, como cristales centelleadores inorgánicos acoplados a fotomultiplicadores de silicio (SiPM). A partir de estas medidas se hará una propuesta de diseño de un detector optimizado para alguna de estas aplicaciones.

Metodología:

- Revisión bibliográfica del estado del arte en detectores para física nuclear experimental y para imagen médica.
- Montaje experimental: preparación del sistema de detección (cristales, SiPM, electrónica de lectura y adquisición digital) y calibración con fuentes radiactivas (^{22}Na, ^{137}Cs, ^{60}Co…).
- Caracterización en energía: obtención de espectros, calibración en energía, estudio de la linealidad y de la resolución en energía.
- Caracterización temporal: medidas en coincidencia para obtener la resolución temporal en coincidencia (CTR) y estudio de su dependencia con la tensión de polarización, el umbral, la geometría del cristal y el método de timing.
- Caracterización espacial: estudio de la resolución espacial y, si procede, de la profundidad de interacción (DOI) en matrices de cristales o cristales monolíticos.
- Simulaciones Monte Carlo (Geant4/GATE, o simulación óptica) del sistema experimental para validar las medidas y explorar configuraciones alternativas.
- Análisis de datos con herramientas como ROOT o Python.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Optimización de la configuración de detectores en tomografía por emisión de positrones*
Título en inglés:	*Optimization of detector configuration in positron emission tomography*
Director/es:	*Mailyn Pérez Liva, Daniel Sánchez Parcerisa, Paula Ibáñez García*
Institución:	*UCM y ITEFI-CSIC*
Correos-e:	*mailynpl@gmail.com, dsparcerisa@ucm.es, pbibanez@ucm.es*
Dirección de realización:	*Facultad de Físicas, UCM*
Posibles fechas:	

Resumen:

La geometría de un escáner PET determina qué información se adquiere sobre la distribución de actividad y condiciona, por tanto, la calidad de las imágenes reconstruidas. En este Trabajo Fin de Máster se estudiará cómo optimizar la configuración de pares de detectores de un sistema PET, con el objetivo de identificar qué combinaciones proporcionan la mayor cantidad de información relevante para la reconstrucción..

Metodología:

Mediante simulación se analizarán diferentes configuraciones y se desarrollará una estrategia de selección que permita identificar elementos redundantes y estudiar cómo evoluciona la información disponible al modificar el número y la distribución de los detectores. El trabajo permitirá explorar el compromiso entre complejidad del sistema y capacidad de reconstrucción, así como determinar configuraciones más eficientes que mantengan prestaciones próximas a las de una geometría de referencia.

Las configuraciones obtenidas se evaluarán mediante reconstrucciones de phantoms y métricas cuantitativas de calidad de imagen. El proyecto combinará conceptos de física de detectores, formación de imagen tomográfica, simulación y optimización, proporcionando una introducción práctica al diseño de sistemas PET.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Diseño de un planificador de tratamientos para irradiaciones FLASH con rayos X de embriones de pollo
Título en inglés:	Design of a treatment planning system for FLASH X-ray irradiations of chicken embryos
Director/es:	Paula Beatriz Ibáñez García Daniel Sánchez Parcerisa
Institución:	Grupo de Física Nuclear (GFN-UCM), Dpto. de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid
Correos-e:	pbibanez@ucm.es dsparcerisa@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas Las medidas experimentales se realizarán en el irradiador FLASH de SEDECAL.
Posibles fechas:	Sin limitaciones temporales específicas. Las campañas de medida se coordinarán con la disponibilidad del irradiador en SEDECAL

Resumen:

La radioterapia FLASH, en la que la dosis se administra a tasas ultra-altas (>40 Gy/s), ha mostrado en modelos preclínicos una menor toxicidad en tejido sano manteniendo el control tumoral, aunque sus mecanismos biológicos aún no se comprenden completamente. El proyecto coordinado MUPPET (Multimodal Ultrasound-Photoacoustics-PET platform for quantitative radiobiology), desarrollado por el Grupo de Física Nuclear de la UCM y el ITEFI-CSIC, combinará PET, ultrasonidos ultrarrápidos e imagen fotoacústica para estudiar *in vivo* la respuesta metabólica, vascular y de oxigenación de embriones de pollo irradiados con un irradiador de rayos X de tasa FLASH desarrollado por el GFN-UCM junto con SEDECAL.

Para interpretar estas medidas es necesario conocer con precisión la dosis y la tasa de dosis depositadas en la muestra. Este TFM tiene como objetivo desarrollar una primera versión de un sistema de planificación (TPS) basado en simulación Monte Carlo, capaz de calcular mapas 3D de dosis y tasa de dosis en geometrías realistas de embrión, incorporando las características geométricas y espectrales del irradiador.

Las simulaciones se acelerarán mediante unidades de procesamiento gráfico (GPU), con el objetivo de obtener estimaciones de dosis y tasa de dosis en tiempo real o casi real. Esto permitirá conocer rápidamente las condiciones dosimétricas de cada irradiación y ajustar sus parámetros cuando sea necesario.

Finalmente, las distribuciones de dosis calculadas se validarán experimentalmente en el irradiador FLASH de SEDECAL mediante medidas con películas radiocrómicas.

Metodología:

1. Revisión bibliográfica sobre radioterapia FLASH, irradiadores preclínicos de rayos X y dosimetría de baja energía.

2. Modelado Monte Carlo del irradiador: descripción del tubo de rayos X, filtración y geometría de salida (p. ej. con PENELOPE/penEasy o Geant4/TOPAS), obtención del espacio de fases o del espectro y validación frente a perfiles y curvas de dosis en profundidad medidos previamente.

3. Construcción de geometrías realistas de la muestra (embrión, membrana corioalantoidea, soporte y medio) a partir de modelos analíticos o de imágenes de la propia plataforma.

4. Desarrollo del TPS: cálculo de mapas 3D de dosis y de tasa de dosis teniendo en cuenta la estructura temporal de los pulsos, y generación de campos preplanificados.

6. Validación dosimétrica con películas EBT-XD, irradiadas en la misma geometría que las muestras, y comparación con el cálculo mediante análisis gamma y de perfiles.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Física de radiaciones e interacción radiación-materia, dosimetría, nociones de simulación Monte Carlo y programación (Python, C/C++). Se valorará haber cursado asignaturas de física médica.

Bibliografía:

Vozenin, M. C. et al. (2025). Nature Reviews Cancer, 1-14.

Espinosa-Rodríguez, A. et al. (2023). Radiation Physics and Chemistry, 206, 110760.

Espinosa-Rodríguez, A. Tesis doctoral: Development of New Technologies in Proton Therapy: Range Verification and FLASH-RT, UCM, 2025.

Ibáñez, P. et al. (2021). Medical Physics, 48(12), 8089-8106.

Vidal, M., Ibáñez, P. et al. (2019). Physics in Medicine & Biology, 64(7), 075002.

Sánchez-Parcerisa, D. et al. (2014). Physics in Medicine & Biology, 59(23), 7341.

Sánchez-Parcerisa, D. & Udías, J. M. (2018). Journal of Applied Clinical Medical Physics, 19(4), 302-306.

García Díez, M. et al. (2023). Medical Physics, 50(5), 3184-3190.

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Imagen PET cuantitativa sin CT*
Título en inglés:	*CT-less Quantitative PET Imaging*
Director/es:	*Mojahed Sameer Mohd Abushawish* *Pablo Galve Lahoz* *José Manuel Udías Moinelo*
Institución:	*UCM, CSIC*
Correos-e:	*mojaheda@ucm.es* *pgalve@ucm.es* *jmudiasm@ucm.es*
Dirección de realización:	*UCM*
Posibles fechas:	*01/01/2027 - 30/09/2027*

Resumen:

Positron Emission Tomography (PET) is a key tool in clinical diagnosis and biomedical research, but accurate quantification of radiotracer uptake requires correcting for photon attenuation and scatter in the patient's body. These corrections usually rely on an attenuation map from a Computed Tomography (CT) scan acquired alongside the PET study. This increases system cost and complexity, and can introduce artifacts when patient motion or misregistration occurs between the two scans. Removing the need for CT would be especially valuable for dedicated PET systems, standalone or low-cost scanners, pediatric and longitudinal studies, and PET/MR imaging. This Master's thesis, will investigate methods to obtain quantitatively accurate PET images without a CT scan. It will build on the group's experience in PET instrumentation, image reconstruction, and Monte Carlo simulation.

Metodología:

The project will review and evaluate alternative approaches to attenuation and scatter correction. These include joint estimation of activity and attenuation from the emission data itself, using time-of-flight information, and transmission data from intrinsic or external sources. The project will also explore deep learning, which offers a promising way to generate attenuation maps or directly corrected images from non-attenuation-corrected PET data. The methods will be assessed using realistic simulations and phantom studies, comparing their quantitative accuracy against conventional CT-based correction. The expected outcome is a clear picture of the feasibility, advantages, and limitations of CT-less quantitative PET, contributing to safer and more accessible molecular imaging.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Basic knowledge of Fortran/Python/Linux.

Bibliografía:

[1] S. Cherry, J. Sorenson, and M. Phelps, *Physics in Nuclear Medicine*. Elsevier, 2012. doi: 10.1016/C2009-0-51635-2.

[2] P. Galve, F. Arias-Valcayo, A. Villa-Abaunza, P. Ibáñez, and J. M. Udías, “UMC-PET: a fast and flexible Monte Carlo PET simulator,” *Phys Med Biol*, Jan. 2024, doi: 10.1088/1361-6560/ad1cf9.

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Evaluación de nuevos materiales centelleadores para detección de rayos gamma y partículas cargadas
Título en inglés:	Evaluation of new scintillator materials for the detection of gamma rays and charged particles
Director/es:	José Manuel Udías Moinelo, Luis Mario Fraile
Institución:	UCM
Correos-e:	jmudiasm@ucm.es, lmfraile@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Trabajo experimental en laboratorio para caracterización y puesta a punto de instrumentación de última generación. El objetivo es la medida de la respuesta en energía y tiempo materiales de diversos tipos de centelladores (inorgánicos, plásticos, fibras centelleantes) para su aplicación a la detección de radiación gamma y partículas cargadas, con aplicaciones en experimentos de espectroscopía, reacciones nucleares a baja energía, medida de tiempos de estados excitados, monitorización de rango en protonterapia y otros.

Esta investigación se realiza en el marco del proyecto TAU-PRTR: Tecnologías Avanzadas para la Exploración del Universo y sus Componentes . Financiado por el Gobierno de España y la UE, Fondos NextGeneration EU y PRTR.

Metodología:

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se requiere disponibilidad para dedicar suficiente tiempo a realizar medidas en el laboratorio de investigación del grupo.

Existe la posibilidad de financiación y de continuar la investigación realizando una tesis doctoral.

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Algoritmos de procesado digital de pulsos para medidas de tiempos con centelleadores rápidos
Título en inglés:	Digital pulse processing algorithms for timing measurements with fast scintillators
Director/es:	José Manuel Udías Moinelo, Luis Mario Fraile
Institución:	UCM
Correos-e:	jmudiasm@ucm.es, lmfraile@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Los detectores de centelleo son dispositivos que juegan un papel fundamental en una amplia gama de áreas de investigación, como la imagen médica o los estudios experimentales en estructura nuclear. Una de las propiedades fundamentales es la buena respuesta temporal que proporcionan. Con el uso cada vez más generalizado de sistemas totalmente digitales para el muestreo de pulsos se hace necesario un estudio sistemático de la respuesta y capacidad de proporcionar buena resolución temporal de los sistemas disponibles en el mercado, así como el desarrollo de algoritmos digitales avanzados para la medida precisa de tiempos con detectores de centelleo.

Esta investigación se realiza en el marco del proyecto TAU-PRTR: Tecnologías Avanzadas para la Exploración del Universo y sus Componentes . Financiado por el Gobierno de España y la UE, Fondos NextGeneration EU y PRTR.

Metodología:

El trabajo de fin de máster tratará de establecer los criterios necesarios para alcanzar la buena resolución temporal con sistemas digitales en función de sus parámetros fundamentales (tasa de muestreo, ancho de banda, resolución vertical, etc.). Además se pondrán a punto algoritmos totalmente digitales para medidas de tiempo y se compararán resultados de medidas experimentales usando los algoritmos propuestos con las técnicas tradicionales.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se requiere disponibilidad para dedicar suficiente tiempo a realizar medidas en el laboratorio de investigación del grupo.

Existe la posibilidad de financiación y de continuar la investigación realizando una tesis doctoral.

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Técnicas de procesado de datos y reconstrucción de imagen nuclear
Título en inglés:	Data processing and image reconstruction techniques for nuclear imaging
Director/es:	José Manuel Udías Moinelo
Institución:	UCM
Correos-e:	jmudiasm@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:
Se desarrollarán nuevas técnicas de procesado de datos y reconstrucción de imagen aplicados a datos reales de escáneres PET clínicos y preclínicos. Posibilidad de financiación.
Metodología:
Conocimientos previos recomendados (opcional):
Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Dispersión de leptones por núcleos
Título en inglés:	Lepton scattering off nuclei
Director/es:	José Manuel Udías Moinelo
Institución:	UCM
Correos-e:	jmudiasm@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

¿Por qué el Universo está hecho de materia en vez de materia y antimateria en iguales proporciones? ¿Cuál es el origen y naturaleza de la materia oscura? Las respuestas a éstas y otras cuestiones fundamentales podrían estar en las oscilaciones de neutrinos. Este fenómeno, que evidencia que los neutrinos tienen masa, ha abierto la puerta a Física más allá del Modelo Estándar y ha situado el estudio de estas partículas en la actual frontera del conocimiento. DUNE (https://www.dunescience.org/) e Hyperkamiokande (http://www.hyperk.org/) son los dos megaproyectos que mejor representan los planes de la comunidad a medio y largo plazo.

En estos experimentos de oscilaciones de neutrinos es esencial ser capaz de modelar con precisión la interacción entre el neutrino (proyectil) y el núcleo blanco que forma el detector, ya sea oxígeno (agua), carbono (aceites) y argón (detectores de argón líquido).

Metodología:

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Integración de redes neuronales en detectores de radiación
Título en inglés:	Integration of neural networks in radiation detectors
Director/es:	Joaquín López Herraiz
Institución:	UCM
Correos-e:	jlopezhe@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Se busca usar técnicas modernas de Edge Computing para integrar modelos de Inteligencia Artificial (IA) en detectores de radiación, como los utilizados en imagen médica, de manera que puedan realizar en el propio detector un primer análisis de las señales recibidas. Esto puede permitir una mayor tasa de cuentas y/o mejorar la calidad de los datos medidos. Se trabajará con diversos modelos de IA, buscando reducir su coste computacional para hacerlos rápidos y de bajo consumo, algo necesario para su uso práctico en detectores. La validación se realizará mediante simulaciones y datos reales en distintos escenarios.

Metodología:

Se emplearán herramientas de TinyML, como Edge Impulse, para ejecutar en un microprocesador modelos de IA de clasificación de los eventos detectados. Esto permitirá familiarizarse con dichos modelos, analizar sus capacidades y limitaciones, y determinar el hardware mínimo necesario para obtener un buen rendimiento. Posteriormente, se evaluará el sistema implementado con datos simulados y/o reales de distintos experimentos con fuentes de 22Na y 60Co, con el objetivo de verificar el progreso y la eficacia del enfoque desarrollado.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se busca tener disposición a aprender sobre simulaciones, redes neuronales y el análisis de datos reales y simulaciones. Se recomienda conocimientos de programación (Python).

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Aplicación de redes neuronales para el modelado del transporte de radiación
Título en inglés:	Application of neural networks to radiation transport modelling
Director/es:	Joaquín López Herraiz
Institución:	UCM
Correos-e:	jlopezhe@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:
Se busca usar técnicas modernas de Machine Learning para obtener un modelo rápido y preciso del rango de partículas cargadas (positrones, protones) en medios heterogéneos. Se considerarán aplicaciones en imagen médica nuclear y protonterapia.
Metodología:
La red neuronal se entrena con simulaciones Monte Carlo muy realistas, y una vez entrenada se evalúa tanto con datos simulados como reales.
Conocimientos previos recomendados (opcional):
Disposición a aprender sobre simulaciones y redes neuronales.
Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Análisis avanzado de datos PET mediante coincidencias múltiples
Título en inglés:	Advanced analysis of PET data using multiple coincidences
Director/es:	Joaquín López Herraiz
Institución:	UCM
Correos-e:	jlopezhe@ucm.es
Dirección de realización:	Facultad de Ciencias Físicas, UCM. Plaza de Ciencias 1, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Los escáneres de tomografía por emisión de positrones (PET) se basan fundamentalmente en la detección en coincidencia temporal de los dos pares de rayos gamma que se generan en la aniquilación de los positrones emitidos por radionúcleos como el Flúor-18. Éstos radionúcleos se colocan en moléculas de interés, y permiten obtener imágenes de su biodistribución. Un análisis más detallado de las detecciones que se realizan en un escáner PET muestra que no sólo hay coincidencias de dos rayos gamma, sino que también existen detecciones simultáneas de tres o más rayos gamma. El correcto tratamiento de estos casos puede mejorar la calidad de las imágenes PET.

Metodología:

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

Propuestas ofertadas por el CSIC

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Espectroscopía gamma en vuelo en la región noroeste del ^{80}Zr*
Título en inglés:	*In-beam gamma spectroscopy in the northeast region of ^{80}Zr*
Director/es:	*Andrés Illana*
Institución:	*IEM-CSIC*
Correos-e:	*andres.illana@csic.es*
Dirección de realización:	*IEM-CSIC, Calle Serrano 123, 28006 Madrid*
Posibles fechas:	*Desde enero 2027*

Resumen:

The mass region above ^{80}Zr (Z = N = 40), near to the N = Z line, has gained much attention during the last two decades due to the recent theoretical and experimental works published. Nuclei in this region can exhibit a transition from collective behaviour to spherical configuration. The latest results show a clear competition of the shape coexistence with triaxiality for nuclei above ^{80}Zr.

Metodología:

The master research project will consist of the data analysis of a recent Jurogam3/MARA experiment performed at JYU. You will analyse the different reaction channels produced during the experiment via the prompt gamma rays and the charged particles evaporated in the reaction. This will lead us to verify and expand the level scheme of different nuclei in the northeast region of ^{80}Zr.

During this work, you will familiarise yourself with the fundamental aspects of in-beam spectroscopy experiments and with the fusion-evaporation mechanism. You will also learn the most extended analysis tool in particle and nuclear physics, ROOT, and how to transform the physics into an analysis program in C++ or another language. Finally, you will improve your knowledge about nuclear structure and nuclear experimental techniques.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se recomienda cursar la asignatura de Técnicas Experimentales Avanzadas. Además, se valorarán conocimientos básicos de programación, en especial C++ o Python.

Bibliografía:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-31763-2_11
https://doi.org/10.1140/epja/s10050-020-00144-6
https://doi.org/10.1016/j.nimb.2023.04.040
https://root.cern

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio experimental de núcleos exóticos con GRIFFIN
Título en inglés:	Experimental Study of Exotic Nuclei with GRIFFIN
Director/es:	Bruno Olaizola Mampaso
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)
Correos-e:	Bruno.olaizola@csic.es
Dirección de realización:	IEM-CSIC, Serrano 123, 28006 Madrid
Posibles fechas:	Libre

Resumen:

The GRIFFIN array at TRIUMF, Canada, is currently the state-of-the-art decay spectrometer, with one of the highest gamma-ray efficiencies and a suite of ancillary detector that allows for in-depth decay experiments. It is routinely used to study the structure of some of the most exotic isotopes with extreme neutron-to-proton ratios.
What are you going to learn? During this work, you will familiarize yourself with GRIFFIN and TRIUMF, a world-leading laboratory. You will also learn to use powerful analysis tools like ROOT, the most commonly used software in the nuclear and particle physics field. Finally, you will gain in-depth knowledge about nuclear structure far from stability and a wide range of nuclear physics detectors, able to detect gamma rays or charged particles.

Metodología:

What are you going to do? The master research project will consist of the data analysis of recent GRIFFIN experiments. You will analyze the beta decay of exotic nuclei and build their level schemes, making use of different nuclear physics techniques, such as angular correlations, conversion electron spectroscopy or ultra-fast timing techniques.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se recomienda escoger la asignatura de Técnicas Experimentales Avanzadas de este máster. Conocimientos básicos de programación, en especial C++ o Python, son también recomendables.

Bibliografía:

https://griffin.triumf.ca/
https://root.cern/

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Experimentos de desintegración beta en ISOLDE, CERN
Título en inglés:	Beta-decay experiments at ISOLDE, CERN
Director/es:	Bruno Olaizola Mampaso, Andrés Illana Sisón
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)
Correos-e:	Bruno.olaizola@csic.es, andres.illana@csic.es
Dirección de realización:	IEM-CSIC, Serrano 123, 28006 Madrid
Posibles fechas:	Libre

Resumen:

The ISOLDE laboratory, at CERN, pioneered the development of radioactive beams, and it is still considered a world-class laboratory in nuclear physics. One of its experimental lines is the ISOLDE Decay Station (IDS), which is the permanent setup to conduct decay experiments of exotic nuclei, with a special focus on beta decay. The CSIC and UCM groups routinely use IDS to unravel the nuclear structure of isotopes far from the Valley of Stability.

What are you going to learn? During this work, you will familiarize yourself with the fundamental aspects of decays experiments at IDS, and with the ISOLDE facility at CERN. You will also learn how to use powerful analysis tools like ROOT, the most popular software in the nuclear and particle physics field. Finally, you will gain in-depth knowledge about nuclear structure far from stability and a wide range of nuclear experimental techniques

Metodología:

What are you going to do? The master research project will consist on the data analysis of recent IDS experiments. You will analyze the beta decay of exotic nuclei, building their level schemes and measuring the lifetime of excited state in the picoseconds (10-12 s) range.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se recomienda escoger la asignatura de Técnicas Experimentales Avanzadas de este máster. Conocimientos básicos de programación, en especial C++ o Python, son también recomendables.

Bibliografía:

https://isolde-ids.web.cern.ch/
https://root.cern/

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Física Nuclear Computacional
Título en inglés:	Computational Nuclear Physics
Director/es:	Bruno Olaizola Mampaso
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)
Correos-e:	Bruno.olaizola@csic.es
Dirección de realización:	IEM-CSIC, Serrano 123, 28006 Madrid
Posibles fechas:	Libre

Resumen:

Computational physics is a powerful tool in nuclear research. By simulating real experiments, researchers can design and understand highly complex detector setups and interpret intricate decay patterns. Such simulations are essential at facilities like CERN, where experimental geometries involve many detector types working together to measure observables such as gamma–gamma angular correlations.
What are you going to learn? You will learn to use Geant4, one of the most powerful simulation tools in nuclear and particle physics, and work with large nuclear data sets. You will gain hands-on experience in detector modeling, simulation-based analysis, and data-driven design, all valuable skills for future work in nuclear research, radiation physics, or medical applications.

Metodología:

What are you going to do? You will perform Geant4 simulations of beta-decay experiments at the ISOLDE Decay Station (IDS) at CERN. Your work will include modeling the detailed detector geometry, studying detection efficiencies, and angular correlations, and developing an automated script to extract nuclear data from the ENSDF database and integrate it into your simulations.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Previous knowledge in basic coding, with a special focus on C++ or, alternatively, Python.

Bibliografía:

https://isolde-ids.web.cern.ch/
https://geant4.web.cern.ch/

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Construcción y caracterización de un nuevo sistema de detección de partículas cargadas a partir de telescopios de amplia área y alta densidad de canales,*
Título en inglés:	*Construction and characterization of a new charged-particle detection system based on large-area, high-channel-density telescopes,*
Director/es:	*Luis Acosta, Olof Tengblad*
Institución:	*Instituto de Estructura de la Materia, CSIC*
Correos-e:	*luis.acosta@csic.es, olof.tengblad@csic.es*
Dirección de realización:	*Laboratorios de investigación del IEM-CSIC, Serrano 113bis, 121 y 123, 28006, Madrid.*
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Como parte del equipo adquirido de distintos proyectos nacionales y europeos, se cuenta con sofisticados detectores de silicio altamente segmentados y de gran área, para su uso en experimentos de dinámica nuclear y estructura nuclear, a realizarse en distintos laboratorios tanto nacionales como internacionales. El objetivo de este trabajo de fin de máster es construir el primer prototipo de medida con 4 de estos detectores en configuración de telescopio (DeltaE + E), y caracterizar su comportamiento con haces de partículas producidos en el acelerador de 5 MV del Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM). Una de las partes más importantes del proyecto, es que la adquisición de datos se hará con tarjetas digitalizadoras de amplia densidad de canales VMMR, las cuales actúan como receptores ópticos centralizados, evitando la electrónica de lectura convencional analógica/digital. La geometría de detección y el sistema mecánico del arreglo serán parte de las tareas del proyecto. La correcta adquisición de datos y el correcto funcionamiento del conjunto detector/tarjeta será también parte del trabajo a realizar.

Metodología:

-Estudio de bibliografía relacionada con el problema.
-Familiarización con los detectores doblemente segmentados de silicio.
-Construcción de la cadena electrónica y ensamble de sistema en cámaras de vacío
-Diseño y construcción del nuevo sistema (geometría y mecánica)
-Toma de datos con fuentes radiactivas y haces de partículas.
-Análisis de datos y obtención de resultados relevantes para el proyecto.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Formación en Física y/o ingeniería informática o electrónica

Bibliografía:

Daniel Fernández Ruiz. Eur. Phys. J. Plus (2026) 141:1026
https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-026-08260-w
Radiation Detection and Measurement (4th Edition) Knoll. ISBNs: 9780470131480, 9780470131480.

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Construcción y caracterización de un arreglo de cristales centelladores para el etiquetado de gammas, betas y partículas cargadas en experimentos de espectroscopía nuclear*
Título en inglés:	*Construction and characterization of a BGO crystal array for tagging gammas, betas, and charged particles in nuclear spectroscopy experiments.*
Director/es:	*Luis Acosta, Teresa Kurtukian*
Institución:	*Instituto de Estructura de la Materia, CSIC*
Correos-e:	*luis.acosta@csic.es, Teresa.Kurtukian@iem.cfmac.csic.es*
Dirección de realización:	*Laboratorios de investigación del IEM-CSIC, Serrano 113bis, 121 y 123, 28006, Madrid.*
Posibles fechas:	*A desarrollarse durante el primer semestre de 2027*

Resumen:

Como parte de un equipo PET francés que desinstaló sus detectores centelladores, recibimos un donativo de más de 30 cristales BGO con sus respectivos fotomultiplicadores. En una investigación precedente hemos probado el funcionamiento de dichos detectores, comprobando que es posible construir con ellos un arreglo de etiquetado principalmente para rayos gamma. En paralelo se está trabajando con fotomultiplicadores de silicio en combinación con perovskitas, materiales con capacidades de fotoluminiscencia y muy buena respuesta temporal. Ambos tipos de detectores de centelleo, combinados con nuevos prototipos de detectores semiconductores de Carburo de Silicio (SiC), pueden constituir un sistema potente de etiquetado de productos de reacción en medidas reales. El objetivo del presente trabajo es la realización de pruebas con los distintos tipos de detectores hasta formar un arreglo prototipo que pueda ser caracterizado con haces de partículas y en coincidencias de producción partícula-gamma.

Metodología:

-Estudio de bibliografía relacionada con el problema.
-Familiarización con los detectores BGO, las perovskitas y los SiC.
-Construcción de la cadena electrónica y realización de múltiples pruebas.
-Diseño y construcción de un prototipo experimental (geometría y mecánica, circuito eléctrico).
-Toma de datos con fuentes radiactivas y reacciones de coincidencia en aceleradores.
-Análisis de datos y obtención de resultados relevantes para el proyecto.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Formación en Física y/o ingeniería informática o electrónica

Bibliografía:

Radiation Detection and Measurement (4th Edition) Knoll. ISBNs: 9780470131480, 9780470131480.

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio de la reacción ^{22}Ne + d (blanco de CD_2) a 5,4 MeV/u en cinemática inversa
Título en inglés:	Study of the reaction 22Ne in deuterium (CD2 target) at 5.4 MeV/u in inverse kinematics
Director/es:	María José García Borge, Luis Acosta
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)
Correos-e:	mj.borge@csic.es, luis.acosta@csic.es
Dirección de realización:	IEM-CSIC, Serrano 113bis, 28006 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Nuestro grupo estudia núcleos en los límites de la estabilidad, incluidos los núcleos no ligados. Estas condiciones límite de la materia nuclear permiten conocer cómo interactúan los nucleones y por qué aparecen diferentes estructuras, como halos o estructuras moleculares en núcleos ligeros.

Especialmente en este proyecto estudiaremos reacciones de transferencia de neutrones accediendo a núcleos ligeros en la línea de goteo o resonantes. En particular, en un experimento realizado en HIE-ISOLDE en octubre del 2025 nos propusimos explorar la estructura y estados resonantes de ^{13}Be para comprender mejor la formación del núcleo halo ^{14}Be.

La reacción estudiada en HIE-ISOLDE [1] fue ^{11}Be(t,x) y ^{11}Be(d,x) [2]. El ^{22}Ne usado en el proceso de aumentar la carga del haz de ^{11}Be se presenta como un contaminante del haz de ^{11}Be que, si bien se mantiene durante el experimento en valores de unos pocos por cien, es necesario estudiar para conocer las contribuciones de fondo.

El estudio de la reacción ^{22}Ne(d,x) a 5,4 MeV/u constituye el tema de esta propuesta de trabajo de máster.

El estudio de las reacciones nucleares del ^{22}Ne es un tema candente y crucial de la astrofísica nuclear moderna, ya que este isótopo actúa como la fuente o el sumidero principal de neutrones en el interior de las estrellas durante la nucleosíntesis, siendo las principales reacciones de interés astrofísico ^{22}Ne(α,n)^{25}Mg [3] y ^{22}Ne(α,γ)^{26}Mg.

Metodología:

Para determinar las reacciones de transferencia se midió la energía y la distribución angular de la partícula ligera resultante, y sus coincidencias con radiación gamma si coincide que en el proceso se pueblan estados excitados. Para ello se diseñó un sistema de detectores de partículas basado en silicio que proporcionaba una cobertura angular casi completa: 5 detectores finos de diferente grosor y segmentados (DSSDs) para determinar la posición angular, acoplados a detectores gruesos (PADs) para recuperar la energía total, en configuración pentagonal, complementados por detectores circulares segmentados que cubren tanto las direcciones hacia delante como hacia atrás. Además, se añadieron centelleadores de nueva generación GAGG(Ce) para identificar reacciones en las que se pueblen estados excitados.

El análisis de las reacciones elásticas e inelásticas requiere estudiar espectros de partículas cargadas y de radiación gamma.

El objetivo es determinar las secciones eficaces diferenciales y, si el tiempo lo permite, compararlas con el modelo óptico. El trabajo se realizará en colaboración continua

con Sebastián Gómez, quien está analizando el canal principal, ^{11}Be(t,x) y ^{11}Be(d,x), como parte de su tesis.
Conocimientos previos recomendados (opcional):
El análisis de los datos requiere conocimientos de ROOT y estar familiarizado con centelleadores y su respuesta.
Bibliografía:
[1] M. J. G. Borge and K. Riisager, Eur. Phys. J. A (2016) 52: 334 [2] Experiment IS690: M. J. G. Borge et al., “Reaction Studies with neutron rich light nuclei at the upgraded SEC device” [3] A. Best et al., Eur. Phys. J. A (2025) 61: 99

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Búsqueda de la desintegración βp de 8B: análisis experimental y determinación del límite superior*
Título en inglés:	*Search for βp emission in the decay of 8B: experimental analysis and determination of the upper limit*
Director/es:	*Olof Tengblad*
Institución:	*IEM - CSIC*
Correos-e:	*Olof.tengblad@csic.es*
Dirección de realización:	*CSIC Serrano 113bis*
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

En este trabajo se propone realizar un análisis detallado de la desintegración βp del núcleo con halo 8B, que puebla la estructura altamente excitada de 8Be. El estudio se llevó a cabo en la estación de desintegración ISOLDE del CERN utilizando un sistema de detección de partículas cargadas de alta eficiencia, diseñado para maximizar la sensibilidad a canales de emisión poco probables.

El objetivo principal consiste en **caracterizar con precisión la posible emisión de protones retardados** desde el estado 1^+ 8Be situado a 17.640 keV, el cual se encuentra **385.6 keV por encima del umbral de emisión de protones**. Para ello, se requiere desarrollar una metodología de análisis que combine:

- la reconstrucción espectroscópica de las partículas emitidas tras la desintegración β,
- un modelado Monte Carlo completo del proceso de desintegración y de la respuesta del detector,
- y una evaluación estadística robusta que permita establecer un **límite superior** en ausencia de señal observada.

Este resultado constituye la base del trabajo: **desarrollar, validar y aplicar la metodología analítica necesaria para establecer este límite superior**, integrando técnicas experimentales, simulación avanzada y tratamiento estadístico.

Metodología:

- Preparar y depurar los datos experimentales obtenidos en IDS-ISOLDE.
- Reconstruir espectros de partículas cargadas y definir la región de interés.
- Implementar un modelo Monte Carlo del decaimiento y de la respuesta del detector.
- Optimizar la sensibilidad y comparar datos con simulaciones para buscar señal.
- Determinar el límite superior del branching ratio mediante análisis estadístico.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se requiere interés tanto por el trabajo experimental como por el análisis y las simulaciones, así como disponibilidad para participar activamente en las medidas de laboratorio realizadas por el grupo. El proyecto combina adquisición de datos, caracterización de detectores, análisis espectroscópico y desarrollo de

herramientas de simulación, por lo que se valorará la motivación por aprender y trabajar en estos ámbitos.

Bibliografía:

- G. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 4th Ed., Wiley, 2010.
- W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1994.
- S. Humphries, Principles of Charged Particle Acceleration, disponible en: http://www.fieldp.com/cpa.html
- Proposal ISOLDE INTC-P-482: https://cds.cern.ch/record/2222324/files/INTC-P-482.pdf
- GEANT4 — documentación oficial y ejemplos de aplicación. https://geant4-userdoc.web.cern.ch
- ROOT — documentación oficial y guías de análisis de datos. https://root.cern/doc/master/group__Tutorials.html

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio de diseño de un futuro experimento WASA-FRS con un nuevo imán solenoide ASuCA
Título en inglés:	Design study of a future WASA-FRS experiment with the new ASuCA solenoid magnet
Director/es:	Christophe Rappold
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Departamento de Física Nuclear
Correos-e:	christophe.rappold@csic.es
Dirección de realización:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

El hipernúcleo es un estado ligado de protones, neutrones e hiperones (bariones que contienen un quark extraño). Los estudios experimentales de hipernúcleos permiten determinar las interacciones barión-barión dentro de la simetría de sabor SU(3).
En el estudio de hipernúcleos en colisiones de iones pesados, la colaboración WASA-FRS demostró que una configuración experimental con un solenoide y un espectrómetro de alta resolución permite observar hipernúcleos con precisión en GSI-FAIR. El detector central de WASA se basa en un imán solenoidal compacto con un campo máximo de 1T. Para el futuro experimento, se está preparando para su envío a GSI-FAIR un nuevo solenoide procedente del centro RCNP de Osaka, Japón. Este nuevo solenoide, llamada ASuCA, es el doble de grande y tiene un campo magnético máximo de 2,6T. Una nueva campaña experimental se plantea para finales de 2027 y principios de 2028 con este nuevo solenoide ASuCA.
Objetivos: El presente TFM se centrará en el estudio del diseño del futuro experimento mediante simulaciones con Geant4. A partir de las características de los sistemas actuales de seguimiento de partículas de la configuración WASA-FRS, el estudio analizará la viabilidad del experimento y las mejoras que aportará el nuevo imán ASuCA al estudio de hipernúcleos ricos en protones y en neutrones.

Metodología:

La investigación consistirá en implementar el nuevo imán solenoidal ASuCA en el marco de Geant4 de la colaboración WASA-FRS. A continuación, se estudiará la eficiencia del algoritmo de identificación de partículas mediante simulaciones de Geant4. Una vez determinadas las eficiencias diferenciales de la identificación de partículas y la reconstrucción de trayectorias, se llevará a cabo un estudio de viabilidad de la observación de hipernúcleos con la nueva configuración.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Física nuclear experimental, Python & C++, Geant4 framework, ROOT framework.

Bibliografía:

T. R. Saito et al. New directions in hypernuclear physics, NATURE REVIEWS PHYSICS, 3, pp. 803 - 813. (2021)
T. R. Saito et al. The WASA-FRS project at GSI and its perspective Nucl.Instrum.Meth.B 542 pp. 22-25 (2023)

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Algoritmo de deep learning para el clustering de señales de los detectores de fibra centelleadora en el experimento WASA-FRS
Título en inglés:	Deep-learning algorithm for signal clustering in the scintillating-fibre detectors of the WASA-FRS experiment
Director/es:	Christophe Rappold
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Departamento de Física Nuclear
Correos-e:	christophe.rappold@csic.es
Dirección de realización:	Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC), Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

El hipernúcleo es un estado ligado de protones, neutrones e hiperones (bariones que contienen un quark extraño). Los estudios experimentales de los hipernúcleos permiten determinar las interacciones barión-barión en el marco de la simetría de sabor SU(3).

En el estudio de los hipernúcleos en colisiones de iones pesados, la colaboración WASA-FRS demostró que un montaje experimental con un solenoide y un espectrómetro de alta resolución permite observar con precisión los hipernúcleos en GSI-FAIR. El análisis de los datos de la campaña experimental de 2022 sigue en curso.

Objetivos: El objetivo de este TFM será mejorar el algoritmo de agrupamiento de los medidas de los detectores de “tracking” de fibras centelleantes utilizados en el experimento. Se prevé utilizar métodos de aprendizaje profundo para mejorar la eficiencia del agrupamiento de medidas. El TFM se centrará en desarrollar métodos de aprendizaje profundo para agrupar las capas de fibras de cada estación de tracking en medidas de puntos tridimensionales.

Metodología:

La investigación consistirá en implementar un nuevo algoritmo para agrupar los impactos registrados en la capa de fibras y obtener medidas 3D mediante técnicas de aprendizaje profundo. El entrenamiento supervisado se basará en simulaciones del montaje experimental realizadas con Geant4. Será necesario evaluar varias estrategias para determinar el método óptimo. Se evaluará la eficiencia de este método y se comparará con la del método establecido. A partir del modelo de aprendizaje profundo, se crearán estimadores adicionales para complementar las mediciones 3D con información sobre el ángulo y el pre-tracking.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Física nuclear experimental, Machine Learning, Python & C++, Geant4 framework, ROOT framework.

Bibliografía:

T. R. Saito et al. New directions in hypernuclear physics, NATURE REVIEWS PHYSICS, 3, pp. 803 - 813. (2021)

T. R. Saito et al. The WASA-FRS project at GSI and its perspective Nucl.Instrum.Meth.B 542 pp. 22-25 (2023)

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Desintegración β en modelos de campo medio
Título en inglés:	Mean-field description of β decay
Director/es:	Luis M. Robledo, Samuel A. Giuliani
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia – CSIC, Universidad Autónoma de Madrid
Correos-e:	luis.robledo@uam.es, samuel.giuliani@csic.es
Dirección de realización:	Departamento de Física Teórica, Facultad de Ciencias, UAM. Calle Francisco Tomás y Valiente 7, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid
Posibles fechas:	Sin limitaciones temporales

Resumen:

Most bound nuclei are unstable against β decay, in which a neutron is converted into a proton, or vice versa. A microscopic description of β decay is therefore essential for a wide range of applications, from understanding the production of the heavy elements in nature to searching for physics beyond the Standard Model.

The goal of this Master's thesis is to develop a microscopic model of β decay based on protons and neutrons as explicit degrees of freedom and an energy-density functional providing an effective description of the nucleon–nucleon interaction.

Metodología:

Numerical calculations of nuclear wavefunctions based on nuclear energy density functionals and self-consistent mean-field methods.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Basic knowledge of computer programming.

Bibliografía:

- P. Ring and P. Schuck, The Nuclear Many-Body Problem (Springer, 2004)

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Propiedades de fisión de núcleos superpesados
Título en inglés:	Fission properties of superheavy nuclei
Director/es:	Samuel A. Giuliani, Luis M. Robledo
Institución:	Instituto de Estructura de la Materia – CSIC, Universidad Autónoma de Madrid
Correos-e:	samuel.giuliani@csic.es, luis.robledo@uam.es
Dirección de realización:	Instituto de Estructura de la Materia, Calle Serrano 123, 28006 Madrid
Posibles fechas:	Sin limitaciones temporales

Resumen:

Fission is one of the dominant decay modes of the heaviest nuclei found in nature and produced in the laboratory. An accurate description of this process is therefore crucial for understanding the limits of stability of the nuclear chart.
The goal of this Master's thesis is to describe spontaneous fission from microscopic calculations, in which nuclei are treated as quantum many-body systems composed of protons and neutrons.

Metodología:

Numerical calculations of nuclear wavefunctions based on nuclear energy density functionals and self-consistent mean-field methods.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Basic knowledge of computer programming.

Bibliografía:

- P. Ring and P. Schuck, The Nuclear Many-Body Problem (Springer, 2004)
- N. Schunck and L. M. Robledo, Rep. Prog. Phys. 79, 116301 (2016).

Propuestas ofertadas por el CIEMAT

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Nuevas estrategias para la validación de algoritmos de reconstrucción e identificación de quarks pesados en CMS
Título en inglés:	Novel Strategies for the Validation of Heavy-Flavor Reconstruction and Identification Algorithms in CMS
Director/es:	Juan Pablo Fernández Ramos, Isabel Josa Mutuberría
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	juanpablo.fernandez@ciemat.es, Isabel.josa@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

El TFM propone diseñar nuevas estrategias para validar algoritmos de reconstrucción e identificación de quarks pesados (jets originados por quarks charm y bottom) en CMS utilizando estados ligados de quarks pesados (J/ψ, Y y hadrones D y B). El estudiante desarrollará herramientas de análisis, estudiará datos simulados y reales e investigará anomalías observadas durante el proceso de validación. El objetivo es aumentar la confianza en las herramientas empleadas para medidas de precisión y búsquedas de nueva física.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio del bosón de Higgs del SM en el canal de desintegración H → WW → 2l2v en el experimento CMS usando datos del Run 3.
Título en inglés:	A study of the SM Higgs boson in the WW to 2l2nu decay channel at the CMS experiment using Run 3 data
Director/es:	Dermot Moran
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Dermot.Moran@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

El descubrimiento en 2012 del bosón de Higgs del Standard Model (SM), con una masa del orden de 125 GeV, por los experimentos ATLAS y CMS del LHC del CERN representó un avance fundamental en la física de partículas. Desde entonces, el bosón de Higgs ha sido estudiado en diversos canales de producción y desintegración, incluyendo H → WW → 2l2v. Este proyecto estudiará la señal del bosón de Higgs en el canal H → WW → 2l2v utilizando datos del Run 3 de CMS, con el objetivo de medir su sección eficaz de producción. El análisis incluirá la optimización de la selección de eventos, el estudio y la estimación de los principales fondos del Modelo Estándar, y la extracción de la señal del bosón de Higgs mediante técnicas de discriminación cinemáticas o multivariantes. Se utilizarán regiones de control para validar el modelado y las predicciones de los principales procesos de fondo.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Búsquedas de nuevas partículas con larga vida media en el experimento CMS del LHC
Título en inglés:	Search for long-lived particles in the CMS experiment at the LHC
Director/es:	Alberto Escalante del Valle
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Alberto.Escalante@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

Este Trabajo de Fin de Máster se centrará en la búsqueda de nueva física más allá del Modelo Estándar, con especial atención a la producción y detección de partículas de larga vida (long-lived particles, LLPs) cuyos tiempos de vida dan lugar a desplazamientos macroscópicos antes de su desintegración. Este tipo de partículas aparece de forma genérica en una amplia variedad de escenarios de física más allá del Modelo Estándar, como consecuencia de acoplamientos débiles, escalas de masa jerárquicas o simetrías aproximadamente conservadas, y puede dar lugar a firmas experimentales poco convencionales. En este contexto, el trabajo estudiará y desarrollará estrategias de búsqueda en el experimento CMS del Large Hadron Collider (LHC), centrándose en señales compatibles con modelos de sectores oscuros que producen partículas de larga vida y estados finales de baja energía, cuyas características dificultan su reconstrucción, identificación y selección mediante las técnicas de análisis convencionales.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio de procesos del Modelo Estandard (SM) con estados finales de dileptones en datos tomados por el experimento CMS a energías centro de masas de 13.6 TeV
Título en inglés:	Study of SM processes with dilepton final states using data at sqrt(s) = 13.6 TeV taken by the CMS experiment.
Director/es:	Javier Brochero
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Javierandres.Brochero@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

El CERN alberga el acelerador de partículas más potente jamás construido, el Large Hadron Collider (LHC). CIEMAT participa en uno de sus cuatro experimentos principales, el Compact Muon Solenoid (CMS). Durante el Run 3 (2022–2026), el LHC ha producido una cantidad de datos sin precedentes a una energía de centro de masas de 13,6 TeV, incluyendo un gran número de eventos de producción de pares de quarks top, lo que permite realizar medidas cada vez más precisas de procesos del Standard Model (SM). Este proyecto propone estudiar el estado final dileptónico, con el objetivo de medir simultáneamente las secciones eficaces de producción de pares de tops y de otro proceso del SM, como Z+jets o la producción de dibosones. A través de este análisis, el estudiante se familiarizará con las principales herramientas y técnicas utilizadas en física experimental de partículas, incluyendo el análisis de datos, muestras simuladas, selección de eventos, estimación de fondos y el tratamiento de las incertidumbres sistemáticas. También se podrán explorar técnicas de ML para optimizar la selección de eventos.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio de sensibilidad a procesos con violación del sabor leptónico en futuros colisionadores
Título en inglés:	Sensitivity studies of lepton-flavour-violating processes at future colliders
Director/es:	Cristina Martín Pérez, María Cepeda Hermida
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Cristina.Martin@ciemat.es, MariaLuisa.Cepeda@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

Este TFM tiene como objetivo estudiar la sensibilidad del Future Circular Collider en su fase electrón-positrón (FCC-ee) a desintegraciones del bosón de Higgs y el bosón Z con violación de sabor leptónico (LFV), como H/Z -> e mu, H/Z -> e tau y H/Z -> mu tau, procesos prácticamente prohibidos en el Modelo Estándar pero predichos con tasas observables en diversos escenarios de nueva física. El estudiante analizará muestras simuladas de señal y fondo, desarrollará estrategias de selección y optimización de eventos para maximizar la sensibilidad del análisis y estimará el potencial de descubrimiento y exclusión del FCC-ee. El proyecto proporcionará formación en simulaciones Monte Carlo, reconstrucción de eventos, análisis estadístico y herramientas modernas de análisis en física de altas energías, ofreciendo una introducción completa a la física experimental en futuros colisionadores.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Ensamblaje y validación de los fotodetectores del experimento de neutrinos DUNE
Título en inglés:	Assembly and validation of the photodetectors for the Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE)
Director/es:	Clara Cuesta Soria
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Clara.Cuesta@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

El Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) requiere un sistema de detección de luz de alta eficiencia para la reconstrucción de las interacciones de neutrinos en argón líquido. En este Trabajo Fin de Máster se aborda el ensamblaje masivo y la validación de los fotodetectores, denominados X-ARAPUCAs, en el laboratorio de criogenia del CIEMAT. En primer lugar, se ensamblarán las X-ARAPUCA, dispositivos capaces de captar la luz ultravioleta producida en las interacciones en argón líquido, desplazarla hacia el rango visible y guiarla hasta fotomultiplicadores de silicio (SiPMs), donde será finalmente detectada, todo ello integrado en un módulo altamente reflectante. La validación, realizada en nitrógeno líquido, permitirá comprobar individualmente el correcto funcionamiento de cada fotodetector y determinar parámetros relevantes de su respuesta, como la ganancia, mediante el análisis de los datos obtenidos en el laboratorio. Los fotodetectores serán posteriormente instalados en el experimento DUNE, situado en el Sanford Underground Research Facility (SURF), en Dakota del Sur, Estados Unidos.

Metodología:

Análisis de datos y trabajo en laboratorio

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Reconstrucción con machine learning de interacciones de neutrinos usando luz de centelleo en el experimento SBND
Título en inglés:	Machine-learning reconstruction of neutrino interactions using scintillation light in the SBND experiment
Director/es:	José Ignacio Crespo Anadón
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	jcrespo@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

El experimento SBND es una detector de cámara de proyección temporal de argón líquido (LArTPC) a tan solo 110 m del origen del haz de neutrinos BNB en Fermilab (Estados Unidos) tomando datos desde 2024. Su programa de física incluye búsquedas de neutrinos estériles y otra física más allá del Modelo Estándar, medidas precisas de interacciones neutrino-núcleo, y el desarrollo de la tecnología LArTPC. Con el sistema de fotodetección más avanzado de su clase, SBND puede reconstruir interacciones con precisión espacial de centímetros y determinar su tiempo con precisión de nanosegundos. En este trabajo se explorará el uso de redes neuronales con arquitecturas de vanguardia para mejorar la reconstrucción de la luz de centelleo, aumentando la sensibilidad del experimento a nueva física.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

SBND Collaboration. Scintillation light in SBND: simulation, reconstruction, and expected performance of the photon detection system. Eur. Phys. J. C 84, 1046 (2024). https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-024-13306-3

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	LiquidO: Una nueva tecnología para la detección de Neutrinos
Título en inglés:	LiquidO: A new technology for neutrino detection.
Director/es:	Diana Navas Nicolás, Carmen Palomares Espiga
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Diana.Navas@ciemat.es, mc.palomares@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

Las incógnitas abiertas en física de neutrinos exigen enormes detectores (>kton), con gran resolución energética y que sean capaces de distinguir las partículas resultantes de la interacción del neutrino. Un detector con estas características basado en un diseño simple y no muy costoso supondría un avance enorme para este campo. LiquidO es una nueva tecnología basada en el uso de líquido centellador opaco y fibras centelladoras que es capaz de identificar neutrinos de baja energía, distinguir neutrinos de anti-neutrinos y conocer su punto de interacción con gran precisión, resolviendo las limitaciones del método tradicional de detección (centellador transparente). El trabajo propuesto se integra en el primer experimento que se está llevando a cabo con la tecnología LiquidO: un detector de 10 toneladas que tiene como objetivo principal monitorizar un reactor nuclear usando por primera vez los anti-neutrinos generados en las reacciones de fisión. Consiste en el análisis de datos de un prototipo de ~60 litros, donde se probarán los diferentes componentes, y del análisis de datos simulados del detector final. El trabajo tiene lugar en el entorno de una colaboración internacional en la que participan institutos de investigación y universidades de Francia, Gran Bretaña, Portugal y Alemania.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Búsqueda de materia oscura con el experimento DEAP-3600
Título en inglés:	Dark Matter search with DEAP-3600 experiment.
Director/es:	Roberto Santorelli
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	Roberto Santorelli@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

La naturaleza de la materia oscura es uno de los principales problemas abiertos de la física fundamental. Aunque su existencia está respaldada por numerosas observaciones astrofísicas y cosmológicas, todavía se desconoce qué partículas la componen y cómo interaccionan con la materia ordinaria. Este Trabajo Fin de Máster propone realizar una búsqueda de materia oscura utilizando los datos del experimento DEAP-3600, un detector con aproximadamente 3,3 toneladas de argón líquido instalado en el laboratorio subterráneo SNOLAB, en Canadá. El estudio se centrará en señales no convencionales que podrían no haber sido identificadas en los análisis estándar. Como caso de estudio se considerarán modelos de Inelastic Boosted Dark Matter (iBDM), en los que partículas energéticas del sector oscuro pueden producir varios depósitos de energía separados dentro del detector. Esta topología característica ofrece una vía prometedora para distinguir una posible señal de materia oscura del fondo experimental. El trabajo combinará el análisis de datos reales con simulaciones Monte Carlo para estudiar la señal esperada, buscar posibles eventos compatibles y evaluar la sensibilidad de DEAP-3600 a diferentes escenarios de materia oscura. El proyecto proporciona formación en física de partículas y astropartículas, análisis de datos, simulación y técnicas experimentales de bajo fondo, y está especialmente indicado para estudiantes interesados en continuar con un doctorado en el área.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudios para reducir el tiempo muerto del sistema de veto de DarkSide-20k
Título en inglés:	Studies to reduce the dead time of the veto system of DarkSide-20k
Director/es:	Vicente Pesudo
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	vicente.pesudo@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

DarkSide-20k es un detector de WIMPs en construcción en LNGS (Laboratori Nazionali del Gran Sasso) en Italia. Consta de una TPC de doble fase de argón como detector central y dos detectores de centelleo de argón como veto de neutrones y de muones, respectivamente. En este TFM se estudiarán maneras de mejorar la sensibilidad del experimento, intentando minimizar el tiempo muerto asociado a coincidencias espurias entre el detector del veto y la TPC central.

Metodología:

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio de las prestaciones de la misión espacial HERD para la medida de electrones en los rayos cósmicos de alta energía
Título en inglés:	Study of the performance of the HERD space mission for the measurement of high-energy cosmic-ray electrons
Director/es:	Miguel Angel Velasco Frutos, Jorge Casáus Armentano
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	MiguelAngel.Velasco@ciemat.es, Jorge.Casaus@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	A acordar

Resumen:

Las medidas de precisión del flujo de rayos cósmicos realizadas mediante experimentos en plataformas espaciales permiten abordar cuestiones fundamentales, tales como su origen y propagación, la naturaleza de la materia oscura y la posible existencia de antimateria primordial. Las observaciones actuales de los flujos de electrones y positrones abarcan un rango de energías desde unos cientos de MeV hasta unos pocos TeV. Estas medidas revelan estructuras que no pueden explicarse por completo mediante modelos convencionales sobre el origen y el transporte de los rayos cósmicos en la galaxia. El experimento HERD, que se instalará en la Estación Espacial China (CSS) en 2029, permitirá aumentar significativamente la estadística disponible de electrones y positrones y extender las medidas existentes hasta energías de decenas de TeV. Para alcanzar estos objetivos, HERD contará con varios subdetectores especializados capaces de determinar con precisión las propiedades de las partículas incidentes. Entre ellos, el calorímetro electromagnético desempeñará un papel esencial, ya que permitirá medir la energía de las partículas y discriminar eficientemente la componente de electrones y positrones frente al fondo dominante de protones. En este trabajo se estudiarán la respuesta y las prestaciones de dicho calorímetro con el fin de evaluar su capacidad para alcanzar los objetivos científicos de la misión.

Metodología:

Análisis de datos

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Caracterización de detectores clover de germanio para medidas de activación en n_TOF (CERN)*
Título en inglés:	*Characterization of germanium clovers for activation measurements at n_TOF (CERN)*
Director/es:	*Víctor Alcayne Aicua* *Diana Bachiller Perea* *Trinitario Martínez Pérez*
Institución:	*Departamento de Fisión del CIEMAT*
Correos-e:	*victor.alcayne@ciemat.es* *diana.bachiller@ciemat.es* *trino.martinez@ciemat.es*
Dirección de realización:	*CIEMAT, Avenida Complutense 40, 28040, Madrid (Metro Ciudad Universitaria)*
Posibles fechas:	*Incorporación lo antes posible. El trabajo se realizará principalmente en los laboratorios del CIEMAT de forma presencial.*

Resumen:

El trabajo consistirá en la caracterización de dos detectores tipo Clover de germanio de alta pureza (HPGe) recientemente adquiridos por el CIEMAT. Cada detector está compuesto por cuatro cristales de HPGe y un blindaje activo de BGO que actúa como sistema de supresión Compton. Estos detectores han sido adquiridos para realizar futuras medidas de activación en n_TOF (CERN), a donde está previsto que sean trasladados en 2028.

El trabajo comprenderá una campaña de medidas con fuentes radiactivas de calibración en los laboratorios del CIEMAT, orientada a determinar la eficiencia de detección en función de la energía, la resolución energética y la resolución temporal de los detectores. Asimismo, se evaluará el rendimiento del modo de suma de coincidencias entre cristales (addback) y la eficacia de la supresión Compton proporcionada por el detector BGO, cuantificada a través de la mejora de la relación pico-total. Los resultados experimentales se complementarán con simulaciones Monte Carlo realizadas con Geant4, con el fin de reproducir la función de respuesta de los detectores y validarla frente a los datos medidos.

Esta caracterización constituye un paso imprescindible para garantizar el funcionamiento óptimo de los detectores y la fiabilidad de las futuras medidas en n_TOF.

Durante el desarrollo del trabajo, el estudiante adquirirá formación en el manejo de detectores semiconductores de HPGe y de la electrónica y sistemas de adquisición de datos asociados; en técnicas de espectroscopía gamma y de calibración en energía y eficiencia; en el análisis de datos experimentales con ROOT; en la simulación Monte Carlo del transporte de radiación con Geant4; y en la validación de modelos de simulación frente a

medidas experimentales. Asimismo, se familiarizará con el contexto científico de las medidas de reacciones inducidas por neutrones en n_TOF y con la dinámica de trabajo en un centro de investigación de referencia.

Metodología:

El trabajo se desarrollará en las siguientes fases: (i) montaje experimental de los detectores y puesta a punto de la electrónica y del sistema de adquisición de datos; (ii) calibración en energía y en eficiencia con fuentes radiactivas de actividad conocida, y determinación de la resolución energética y temporal de cada cristal; (iii) análisis del modo *addback* y evaluación de la supresión Compton proporcionada por el blindaje activo de BGO; (iv) desarrollo de un modelo detallado de los detectores en Geant4 y simulación de su función de respuesta; y (v) validación del modelo mediante la comparación sistemática de los resultados simulados con los experimentales, incluyendo el análisis de las incertidumbres asociadas.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Conocimientos opcionales:
• Fundamentos de física nuclear y detección de radiación.
• Programación en C++ y análisis de datos con ROOT.
• Uso básico de software Monte Carlo (Geant4).

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Evaluación de códigos avanzados de comportamiento de combustible nuclear: Impacto del preprocesado de datos*
Título en inglés:	*Assessment of advanced nuclear fuel performance codes: Impact of data preprocessing*
Director/es:	*Francisco Feria Márquez, Carlos Aguado Basabe*
Institución:	*CIEMAT*
Correos-e:	*francisco.feria@ciemat.es, Carlos.aguado@ciemat.es*
Dirección de realización:	*CIEMAT, Avda. Complutense 40, Madrid*
Posibles fechas:	*No hay limitaciones temporales*

Resumen:

Uno de los aspectos fundamentales en la evaluación de la seguridad del combustible nuclear es disponer de capacidades predictivas fiables sobre su comportamiento termo-mecánico ante las condiciones a las que puede estar sometido durante su operación en el reactor. En este sentido, los códigos de modelado termo-mecánico de barra de combustible son herramientas en continuo desarrollo y validación. Este trabajo forma parte de las actividades de la Unidad de Seguridad Nuclear del CIEMAT, que emplea códigos como FAST, TRANSURANUS y OFFBEAT. Parte de estas actividades se están llevando a cabo dentro de grupos de especialistas de la OCDE\NEA, donde CIEMAT contribuye. En este contexto, el objetivo de este trabajo es continuar con la validación de los códigos mencionados mediante la simulación de experimentos realizados en reactores experimentales, de los cuales se dispone de datos de referencia para comparación. Como parte de la evaluación se incluirá el preprocesado de datos de entrada de los códigos, que requiere de métodos de filtrado y condensación que está actualmente en discusión dado su impacto en las predicciones de los códigos.

Metodología:

- Entrenamiento con códigos y herramientas de preprocesado a emplear.
- Recopilación de datos de experimentos a simular.
- Simulación de experimentos.
- Postprocesado de resultados.
- Análisis de impacto del preprocesado en las predicciones mediante técnicas de análisis de sensibilidad.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Optimización de configuraciones magnéticas para dispositivos de fusión de tipo stellarator*
Título en inglés:	*Optimization of magnetic configurations for stellarator fusion devices*
Tutor/es:	*José Luis Velasco, Edilberto Sánchez*
Institución:	*Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT*
Correos-e:	*joseluis.velasco@ciemat.es ; edi.sanchez@ciemat.es*
Dirección de realización:	*CIEMAT, Avda. Complutense 40, Madrid*
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

In the next years, ITER, a magnetic confinement device of the tokamak type, is expected to prove the feasibility of nuclear fusion as a large-scale and carbon-free source of energy. In parallel, the successful construction and first experimental campaigns of the optimized stellarator Wendelstein 7-X [1] are demonstrating the viability of this type of magnetic confinement device as an alternative concept for a fusion commercial reactor.

Your research work will consist of searching for stellarator magnetic configurations with reactor-relevant plasma confinement properties, as well as feasible superconducting coils [2,3]. For this purpose, you will employ the most advanced numerical stellarator optimization tools [4] in high-performance supercomputers [5]. This will be done in close collaboration with several researchers of the Laboratorio Nacional de Fusión and related international fusion laboratories. In doing so, you will become familiar with the cutting-edge theoretical developments —and with their experimental validation— needed to model and optimize the different aspects of stellarator physics.

Metodología (opcional):

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía (opcional):

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Wendelstein_7-X

[2] https://sites.fusion.ciemat.es/jlvelasco/research-areas/stellarator-optimization/

[3] https://sites.fusion.ciemat.es/jlvelasco/research-areas/piecewise-omnigenous-stellarators/

[4] https://desc-docs.readthedocs.io/en/stable/

[5] https://docs.hpc.cineca.it/hpc/pitagora.html

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Simulaciones de estabilidad y transporte en stellarators mediante códigos girocinéticos
Título en inglés:	Stability and transport simulations in stellarators using gyrokinetic codes
Director/es:	Edilberto Sánchez, José Manuel García Regaña
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	edi.sanchez@ciemat.es, jose.regana@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Turbulence is considered one of the key issues limiting energy and particle confinement in present magnetic confinement fusion devices. Nowadays, the study of turbulence in magnetized plasmas largely relies on gyrokinetic theory [1]. This formalism, based on first principles, makes plasma turbulence more tractable and permits the development of simulation codes. Nevertheless, the numerical simulation of plasma instabilities and the turbulence they produce using gyrokinetic codes requires huge computational resources and is only possible using large supercomputers.

Metodología:

This master's thesis proposal deals with the numerical simulation of plasma instabilities and turbulence in stellarator devices employing the global gyrokinetic code EUTERPE [2], which allows the simulation of the full radial domain. It continues previous work carried out at the Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT [3]. The project will include simulations in the Mare Nostrum-5 [4] and/or Pitagora [5] supercomputers. The outcome of numerical simulations will eventually be compared with experimental measurements from the stellarators TJ-II [6], operated at the Laboratorio Nacional de Fusión, in Madrid, and W7-X [7], the most advanced stellarator in the world, in operation at the Max Planck Institute für Plasmaphysik, in Greifswald, Germany.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Conocimientos de programación, preferiblemente FORTRAN (lenguajes en que está escrito EUTERPE) y Python (para diagnósticos de la salida del código)

Bibliografía:

[1] P. Catto. Plasma Phys. 20 719-722 (1978).
[2] R. Kleiber, et al. Computer Physics Communications 295 (2024) 109013.
[3] http://fusionsites.ciemat.es/picgklnf/
[4] https://www.bsc.es/es/marenostrum/marenostrum-5.
[5] https://docs.hpc.cineca.it/hpc/pitagora.html
[6] http://www.fusion.ciemat.es/tj-ii-2/
[7] https://www.youtube.com/watch?v=u-fbBRAxJNk

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Teoría y simulación de la turbulencia en plasmas de stellarators
Título en inglés:	Theory and simulation of stellarator plasma turbulence
Director/es:	José Manuel García Regaña, Iván Calvo
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	jose.regana@ciemat.es, ivan.calvo@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

Thermonuclear fusion and its success as a future energy source rely on achieving tolerable levels of heat transport losses from the confined plasma. In current experiments, these losses are largely attributed to turbulent processes associated with fluctuations of the plasma's electromagnetic fields, with characteristic spatial scales on the order of the Larmor radius of the plasma species. The theoretical framework used to study these fluctuations is gyrokinetic theory [1].

The quantitative evaluation of the transport driven by gyrokinetic turbulence is typically performed through numerical simulations on massively parallel computing platforms. For tokamaks, gyrokinetic codes are already mature and have been extensively validated against experiments. However, while tokamaks are axisymmetric (which reduces the dimensionality of the equations), stellarators are intrinsically three-dimensional, introducing additional challenges and, until recently, leading to slower progress in the field (see e.g. [2]).

Metodología:

The goal of this master's thesis project is to investigate turbulence in stellarator plasmas using the modern, advanced gyrokinetic code stella [3]. The project will include applications to present-day stellarators such as W7-X (Greifswald, Germany) [4], LHD (Toki, Japan) [5], and TJ-II (Madrid, Spain) [6]. A strong interest in theory and numerical simulations is highly recommended for the candidate.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Se recomienda un fuerte interés en teoría y simulaciones numéricas.

Bibliografía:

[1] P. Catto, Plasma Phys. 20, 719 (1978)
[2] P. Helander et al., Plasma Phys. Control. Fusion 54, 124009 (2012)
[3] M. Barnes et al., J. Comput. Phys. 391, 365 (2019)
[4] https://www.youtube.com/watch?v=u-fbBRAxJNk
[5] http://www.lhd.nifs.ac.jp/en/home/lhd.html
[6] http://fusionsites.ciemat.es/tj-ii
Página web: http://fusionsites.ciemat.es/icalvo/

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Confinamiento de partículas alfa en dispositivos optimizados de fusión por confinamiento magnético
Título en inglés:	Alpha-particle confinement in optimized magnetic confinement fusion devices
Director/es:	José Luis Velasco
Institución:	CIEMAT
Correos-e:	joseluis.velasco@ciemat.es
Dirección de realización:	CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid
Posibles fechas:	*Especificar si hay limitaciones temporales*

Resumen:

In the next years, ITER, a magnetic confinement device of the tokamak type, is expected to prove the feasibility of nuclear fusion as a large-scale and carbon-free source of energy. In parallel, the successful construction and first experimental campaigns of the optimized stellarator Wendelstein 7-X [1] are demonstrating the viability of this type of magnetic confinement device as an alternative concept for a fusion commercial reactor. Very good confinement of fusion-generated alpha particles is a sine qua non for a fusion reactor. These very energetic ions are expected to contribute to heat the fusion reactants, which implies that their confinement time must be sufficiently longer than the time that it takes them to thermalize by giving their energy to the plasma. An even more restrictive criterion is set by the heat loads on the walls: alpha particles that are promptly lost, and that therefore retain most of their original energy, could damage the plasma-facing components of the reactor wall.

Metodología:

Your research work will consist of analyzing the alpha-particle confinement [2] for stellarator magnetic configurations with otherwise reactor-relevant plasma confinement properties [3]. For this purpose, you will employ the most advanced numerical tools [4] in high-performance supercomputers [5]. This will be done in close collaboration with several researchers of the Laboratorio Nacional de Fusión and related international fusion laboratories. In doing so, you will become familiar with the cutting-edge theoretical developments —and with their experimental validation— needed to model and optimize the different aspects of stellarator physics.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Bibliografía:

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Wendelstein_7-X
[2] https://sites.fusion.ciemat.es/jlvelasco/research-areas/fast-ion-confinement/
[3] https://sites.fusion.ciemat.es/jlvelasco/research-areas/piecewise-omnigenous-stellarators/
[4] https://github.com/ascot4fusion/ascot5
[5] https://docs.hpc.cineca.it/hpc/pitagora.html

Propuestas ofertadas por otras instituciones

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO DE FÍSICA NUCLEAR

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	*Evaluación de la propagación del daño cerebral radioinducido por tratamientos de protonterapia*
Título en inglés:	*Radioinduced brain damage spread evaluation in protontherapy treatments*
Director/es:	*Jesús García Ovejero*
Institución:	*Clínica Universidad de Navarra*
Correos-e:	*jgarciao@unav.es*
Dirección de realización:	*Clínica Universidad de Navarra* *C. del Marquesado de Sta. Marta, 1* *28027 Madrid*
Posibles fechas:	*1/11/2026-30/05/2027*

Resumen:

Una de las principales contrapartidas para el uso de hadronterapias para el tratamiento clínico de tumores son los efectos secundarios asociados a la elevada deposición de energía lineal (LET) de estas partículas al final de su trayectoria. Existe evidencia sólida de que regiones cerebrales especialmente radiosensibles en las que se deposita niveles de dosis intermedios (>40 Gy) con elevados valores de LET pueden desencadenar procesos de radionecrosis.

Una de las dificultades metodológicas a la hora de evaluar esta correlación es que las imágenes de resonancia magnética en las que se observan estos efectos secundarios se adquieren transcurridos unos meses tras la irradiación, de manera que la necrosis alcanza regiones adyacentes al lugar donde se originó el daño.

En este estudio se buscará identificar, a partir de imágenes de paciente anonimizados, el posible origen del daño inducido por el tratamiento y determinar unos valores umbral de dosis-LET, incorporando simulaciones Monte Carlo para el cálculo preciso del LET en haces de protonterapia.

Metodología:

Para alcanzar los objetivos planteados se llevará a cabo una retroproyección temporal del daño utilizando un autómata celular a partir de las regiones diagnosticadas como radionecróticas en las resonancias de pacientes anonimizados tratados con protonterapia en la Clínica Universidad de Navarra.

Conocimientos previos recomendados (opcional):

Programación en Matlab y Python.

Experiencia en planificación de tratamientos de radioterapia con sistema RayStation.

Bibliografía:

McIntyre et al. (2023), Cancers 15, 4268

Congo et al. (2026), International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 124,842