

SESIÓN DE OTOÑO 2026
1 - 3 DICIEMBRE 2026
Aula M2

LIBRO DE RESÚMENES

Programa de Ponencias

Martes 1 diciembre 2026

09:30-10:30 Presentación Programas de doctorado de Física y Astrofísica.
10:30-10:45 David Santuy Muñoz
10:45-11:00 Antonio Jesus Robles Fernández
11:00-11:15 Santiago Tesouro Castro

11:15-11:45 Descanso

11:45-12:00 Laura García-Arias Tajuelo
12:00-12:15 Samuel Lozano Iglesias
12:15-12:30 Claudia Fernández Borreguero
12:30-12:45 Helena Segarra Adell
12:45-13:00 Raúl Molina-Prados Lallena
13:00-13:15 Pablo Ortega Flores
13:15-13:30 Juan Francisco González Linares

Miércoles 2 diciembre 2026

09:30-09:45 Biagio Giuseppe Banigi
09:45-10:00 Christian Durán Romero
10:00-10:15 Daniele Granata
10:15-10:30 Arturo Arroyo Castro

10:30-10:50 Descanso

10:50-11:05 José Yitzhak Aarón Chacaliaza Ricaldi
11:05-11:20 Cindy Mercedes Solano Cordero
11:20-11:35 Bárbara Díaz Cañadas
11:35-11:50 Julián Fernández-Avilés Gómez
11:50-12:05 Iván Colmenarejo Allavena

12:05-12:20 Descanso

12:20-12:35 Maria Karla Marin Diaz
12:35-12:50 Daniel Rizo Molina
12:50-13:05 Igor Vasilevskiy
13:05-13:20 Macarena Méndez Parrado

Jueves 3 diciembre 2026

09:30-09:45 Belén Valiente Pascual
09:45-10:00 Clara Lorenzo Corvo
10:00-10:15 Alberto Santamaría Barragan
10:15-10:30 Ivan Alfaro Rodríguez

10:30-11:00 Descanso

11:00-11:15 Almudena Guillén Sánchez
11:15-11:30 Lara Moral Almansa
11:30-11:45 María Molina Delicado
11:45-12:00 Jorge Buces Sáez
12:00-12:15 Luz Alexandra Diaz Pareja
12:15-12:30 Jorge Koronis Pérez

Presentación Programas de doctorado de Física y Astrofísica.

Armando Relaño Pérez
Vicedecano de Estudios de Grado, Máster y Doctorado

En esta presentación, se informará a los nuevos doctorandos y doctorandas sobre los procedimientos y plazos para llevar a cabo y completar una tesis doctoral en la Universidad Complutense de Madrid.

Programa de Doctorado en Física

El Niño y el calentamiento global: Mecanismos, evolución futura e impactos climáticos en Europa.

David Santuy Muñoz
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es el principal modo de variabilidad climática interanual a nivel global. Aunque se origina por la interacción océano-atmósfera en el Pacífico tropical, las anomalías climáticas que genera son capaces de alterar los patrones de circulación atmosférica a nivel global. Bajo el actual contexto de calentamiento climático, uno de los mayores desafíos actuales consiste en comprender cómo responderá este fenómeno al aumento de los gases de efecto invernadero. El cambio climático tiene el potencial no solo de modificar la amplitud y frecuencia de los eventos de El Niño, sino también de alterar sus posibles impactos en distintas regiones del planeta. En el caso de Europa, la influencia del Pacífico llega a través de complejos mecanismos de teleconexión, como la propagación de ondas de Rossby hacia el Atlántico Norte. Las proyecciones indican que el calentamiento global podría reconfigurar estas teleconexiones, intensificándolas y desplazándolas hacia el este. Comprender su evolución es esencial para evaluar los futuros impactos regionales y mejorar el potencial de predicción estacional en nuestras latitudes.

¿Puede el océano Atlántico hablar con el Pacífico?

Antonio Jesus Robles Fernández
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Diversos estudios han mostrado que el Atlántico y el Pacífico tropicales están conectados, y que esta conexión es más intensa en unas décadas que en otras. En esta charla se explicará, de forma introductoria, cómo puede un océano influir en el otro. En particular, veremos cómo un calentamiento anómalo del Atlántico ecuatorial durante el verano, conocido como Niño Atlántico, puede modificar los vientos sobre el Pacífico y favorecer la aparición de La Niña en el invierno siguiente. También se discutirá por qué esta conexión no funciona siempre igual: en determinados periodos, el estado del Pacífico hace que este responda con más fuerza a la influencia del Atlántico. Por último, se mostrará qué implica todo esto para la predicción de El Niño, ya que conocer lo que ocurre en el Atlántico puede ayudar a anticipar estos eventos con más de un año de antelación.

Assessing the impact of paleo-constraints on future Antarctic sea-level contribution uncertainty

Santiago Tesouro Castro
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Projections of the Antarctic Ice Sheet's contribution to future sea-level rise remain highly uncertain, partly due to uncertainties in how ice-sheet models represent the physical processes governing ice-sheet dynamics. In this study, we investigate whether observations of past ice-sheet evolution can help constrain model uncertainties in future projections. Using the Yelmo ice-sheet model, we perform an ensemble of simulations spanning the Last Glacial Cycle. We explore uncertainties in key model parameters and evaluate the simulations against paleo and present-day observations. The best-performing model configurations are then used to investigate the ice sheet's response to idealized future warming scenarios. We assess the potential of paleo-constraints to reduce projection uncertainty, identify the physical processes driving this uncertainty, and explore how the ice sheet's dynamical memory of past climate changes influences its future evolution.

Simulaciones Monte Carlo en Radioterapia Intraoperatoria

Laura García-Arias Tajuelo
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La radioterapia intraoperatoria (RIO) con electrones permite irradiar el tumor o el lecho tumoral durante la cirugía, reduciendo la exposición de los tejidos próximos mediante su desplazamiento o protección. La simulación Monte Carlo (MC) permite complementar las medidas experimentales y estudiar el comportamiento del haz en las condiciones de verificación previas al tratamiento. El objetivo de este trabajo es desarrollar y contrastar un modelo del montaje de control de RIO como herramienta para la caracterización y calibración de detectores y la investigación de situaciones de interés dosimétrico. Se ha desarrollado un modelo MC del montaje experimental utilizando el código de transporte de radiación PENELOPE y la herramienta penEasy, incorporando la geometría del aplicador y del soporte, así como los materiales presentes. Se han utilizado espacios de fases representativos del acelerador y se han calculado distribuciones de dosis en profundidad y perfiles laterales para energías de 6, 8, 10 y 12 MeV, utilizadas clínicamente en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón. La comprobación experimental incluye medidas con películas radiocrómicas y lecturas del detector MatriXX. Los resultados obtenidos se han interpretado considerando las aproximaciones geométricas del modelo, incluida la representación del borde del aplicador, y motivan profundizar en la caracterización de la respuesta del detector. El modelo proporciona una base para apoyar la calibración de detectores, interpretar sus lecturas y explorar configuraciones no disponibles experimentalmente. El conocimiento adquirido en su implementación y comprobación permite desarrollar nuevas simulaciones, orientar futuras medidas y extender esta metodología a los análisis mediante unidades de procesamiento gráfico (GPU) actualmente en desarrollo.

Cuando el equipo más débil gana: física de sistemas complejos e inteligencia artificial

Samuel Lozano Iglesias
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

¿Gana siempre el equipo formado por los mejores? Para abordar esta cuestión hemos diseñado un videojuego cooperativo en el que dos jugadores deben preparar ensaladas en una cocina compartida. Los experimentos, realizados con 700 parejas (1.400 participantes), muestran que, cuando el trabajo individual resulta costoso, los equipos formados por jugadores más lentos pero con habilidades complementarias superan a aquellos en los que ambos jugadores son rápidos en todas las tareas. Los agentes de inteligencia artificial basados en aprendizaje por refuerzo (RL) entrenados en el mismo videojuego reproducen e incluso predicen este comportamiento, siempre que incorporen dos sesgos: una tendencia a especializarse en las tareas que mejor desempeñan y una aversión al riesgo de rendir menos en equipo que de forma individual. Por último, nuestro modelo teórico de RL permite explicar el mecanismo subyacente: en los equipos de igual habilidad, repartirse el trabajo exige romper una simetría, mientras que en los equipos mixtos es precisamente la diferencia de habilidades la que la rompe.

Mejora de la resolución temporal y de la profundidad de interacción en detectores PET

Claudia Fernández Borreguero
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)-Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo" (ITEFI) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El PET es una técnica de imagen médica funcional que permite visualizar procesos metabólicos en el organismo. Al paciente se le administra un radiofármaco cuyos positrones, al aniquilarse con electrones del tejido, generan dos fotones gamma emitidos en direcciones opuestas. Un anillo de detectores registra ambos fotones en coincidencia, y cada detector consta de un cristal centelleador, que convierte la energía gamma en luz visible, acoplado a un fotosensor que la transforma en señal eléctrica. Midiendo además la diferencia en el tiempo de llegada de los dos fotones es posible acotar dónde se produjo la aniquilación. Esta modalidad, conocida como PET de tiempo de vuelo (TOF-PET), mejora la calidad de imagen y permite reducir la dosis o el tiempo de exploración. Su rendimiento depende de la resolución temporal en coincidencia (CTR), que en los sistemas clínicos más avanzados ronda hoy los 180 ps. Otro factor limitante es la profundidad de interacción (DOI) del fotón dentro del cristal, que afecta tanto a la posición como al tiempo medidos. Mi trabajo aborda ambos aspectos desde el desarrollo de nuevos materiales y el procesado de la señal de los detectores. Durante el doctorado he trabajado en la síntesis de centelleadores plásticos con distintos dopantes, en centelleadores líquidos basados en perovskitas y en medios líquidos capaces de desplazar la longitud de onda de los fotones Cherenkov hacia la región de mayor sensibilidad de los fotosensores. En esta presentación me centraré en el trabajo más reciente, en el que se estudia mediante simulación Monte Carlo la estimación conjunta de DOI y CTR en cristales con lectura por ambos extremos, comparando varios métodos, entre ellos uno basado en máxima verosimilitud.

De la radiación a la imagen: fundamentos físicos y desarrollo de un sistema PET compacto

Helena Segarra Adell
Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información "Leonardo Torres Quevedo" (ITEFI), CSIC

La tomografía por emisión de positrones (PET) permite obtener imágenes de procesos metabólicos del organismo mediante la detección de la radiación emitida por radionúclidos. Cuando un positrón se aniquila con un electrón, se generan dos fotones de 511 keV que viajan en direcciones opuestas. La detección de estos fotones en coincidencia permite localizar los eventos y reconstruir la distribución del radiofármaco en el organismo. A partir de estos principios, se explicará cómo se diseña y construye un sistema PET, desde los cristales centelleadores y los sensores que detectan la luz hasta la electrónica de adquisición y la reconstrucción de imágenes. Se abordará cómo la elección de los detectores y el procesamiento de las señales influyen en la capacidad del sistema para determinar la posición y el tiempo de interacción de los fotones. Estos conceptos se ilustrarán a través del desarrollo de un sistema PET compacto para investigación preclínica. Se presentará su diseño, basado en cristales centelleadores monolíticos acoplados a matrices de fotodetectores de silicio, y se explicarán las diferencias entre este tipo de detector y los detectores pixelados convencionales. También se introducirán los métodos utilizados para estimar la posición de interacción y mejorar la resolución temporal. Por último, se mostrarán los primeros resultados experimentales obtenidos y las principales limitaciones identificadas durante la caracterización del escáner. La charla ofrecerá una visión práctica de cómo los principios físicos se aplican al desarrollo de instrumentación para imagen médica, con el objetivo de acercar la tecnología PET a estudiantes de doctorado e investigadores de distintas disciplinas.

Cómo la visión parcial afecta al comportamiento colectivo emergente en materia activa con alineamiento.

Raúl Molina-Prados Lallena
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La materia activa está formada por partículas fuera del equilibrio capaces de obtener energía del entorno y transformarla en movimiento. Un buen ejemplo de esto son seres vivos como bacterias, pájaros, peces o incluso los mismos humanos. Esta presentación está enfocada en cómo las restricciones en el campo de visión y sus rupturas de simetría en la interacción afectan al comportamiento colectivo de partículas activas alienantes, tales como pájaros o peces. Para estudiar estos sistemas se han empleado herramientas de la física estadística fuera del equilibrio y de transiciones de fase. En el trabajo se muestra cómo la transición de fase presente en estos sistemas (desorden a orden colectivo) y las estructuras que forman estos agentes activos, se ven afectados por la aparición de puntos ciegos en la visión o la orientación de los ojos en la cabeza de los animales.

β-decay spectroscopy of neutron-rich A = 89 nuclei at Lohengrin

Pablo Ortega Flores
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La región de núcleos ricos en neutrones en torno a $A \approx 90$ es de especial interés para el estudio de la estructura nuclear y la comprensión del proceso de captura rápida de neutrones (proceso r). Propiedades como las vidas medias β, las masas nucleares y las probabilidades de emisión de neutrones retardados influyen en los cálculos de nucleosíntesis astrofísica. Se presenta el análisis de los datos de espectroscopía β obtenidos en el Institut Laue-Langevin (ILL), mediante el espectrómetro LOHENGRIN, durante el experimento 3-01-642. Se estudiaron productos de fisión de masa $A = 89$ utilizando detectores β y detectores de germanio de alta resolución, permitiendo analizar espectros γ y coincidencias β-γ y γ-γ. El trabajo se centra en el decaimiento del ^{89}Se y la reconstrucción del esquema de niveles excitados de baja energía del ^{89}Br, empleando coincidencias γ-γ, β-γ y considerando posibles contaminaciones de fondo. Paralelamente, se investiga la emisión de neutrones retardados del ^{90}Se mediante la identificación de transiciones γ asociadas al ^{89}Br, con el objetivo de determinar la probabilidad de emisión de neutrones, P_n. Se presentarán los resultados preliminares y los avances del análisis.

Development and characterization of fast-response detection systems for nuclear spectroscopy and medical applications

Juan Francisco González Linares
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)-Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)

The development of radiation detectors in recent decades has focused on improving their timing performance, particularly for applications in fast-timing nuclear physics and time-of-flight positron emission tomography (ToF-PET). In this context, the IEM-CSIC group is studying novel materials with fast timing capabilities for the development of a multipurpose mixed-detector array. One promising candidate is silicon carbide (SiC), a type of semiconductor. Recent studies have reported its fast response time, along with other advantageous properties, such as high radiation hardness and a wide bandgap. The first prototypes of SiC pixel detectors have been produced by IMB-CNM (Barcelona, Spain) and tested by our group to characterize their energy and time resolution. These tests included measurements using alpha sources and a comparison of different electronic readout chains, showing an energy resolution of $\sim 30keV$ at $5.8MeV$. The devices were also tested using the Transient Current Technique (TCT) at IMB-CNM to characterize their charge-collection performance under laser excitation and evaluate their timing response. Preliminary results indicate a timing response below 50 ps. Additional characterization techniques included Ion Beam Induced Charge (IBIC) and Time-Resolved Ion Beam Induced Charge (TRIBIC), performed at the CNA accelerator (Seville, Spain), to investigate the radiation hardness of these SiC detectors. In particular, these techniques were used to study changes in charge-collection properties associated with damage induced by proton and alpha-particle irradiation. These studies on SiC devices were carried out in parallel with the development of fast scintillator films based on nanostructured materials, such as perovskites, with the aim of developing a new generation of low-cost, versatile radiation detectors. Potential applications include ToF-PET systems with improved timing response.

Rethinking Thermodynamics in the Quantum Realm

Biagio Giuseppe Banigi
Departamento de Física Teórica (UCM)

Thermodynamics describes how energy is exchanged and transformed, setting fundamental limits on everything from engines to refrigerators. But what happens when the systems we study are governed by the laws of quantum mechanics? Quantum thermodynamics explores how concepts such as heat, work, and entropy apply to the quantum world. Beyond being a theoretical question, understanding thermodynamics at this scale is becoming increasingly relevant as we learn to control and manipulate increasingly small physical systems. In particular, I investigate what happens when the interaction between a quantum system and its environment becomes strong enough that they can no longer be treated as nearly independent entities. Under these conditions, the interaction with the environment becomes a fundamental part of the system's dynamics, and familiar thermodynamic intuitions may need to be reconsidered. Understanding these effects could open new perspectives on how energy is exchanged, transported, and stored in quantum systems, potentially helping us identify ways to improve the performance of quantum technologies. The broader goal is to understand how quantum mechanics and interactions with the environment shape the behaviour of physical systems, and what this teaches us about the fundamental principles of thermodynamics.

Física Trans-Planckiana en Cosmología Cuántica

Christian Durán Romero
Departamento de Física Teórica (UCM)

La inflación es una etapa del universo primitivo en la que este se expandió de forma extremadamente acelerada en una fracción ínfima de segundo. Durante esa expansión, las pequeñas fluctuaciones cuánticas se estiraron hasta escalas cosmológicas y se convirtieron en las semillas de las galaxias y de las anisotropías del fondo cósmico de microondas. Por ello, las escalas que hoy observamos fueron en su origen más pequeñas que la longitud de Planck, donde la física que conocemos deja de ser fiable. Es el problema transplanckiano. ¿Puede la física a esas escalas dejar una huella medible en el cielo? Una forma de explorarlo es con relaciones de dispersión modificadas (MDRs), relaciones energía-momento que se apartan de la relativista a muy altas energías. En esta tesis estudiamos campos cuánticos con MDRs en un universo en expansión. Al calcular magnitudes físicas, como la energía de las fluctuaciones, aparecen infinitos que hay que eliminar con cuidado para quedarnos con un resultado finito y con sentido físico. Es lo que se conoce como renormalización. Con MDRs la forma de hacerlo cambia, así que hemos desarrollado un nuevo método para eliminar esos infinitos, la sustracción asintótica, adaptado a estas teorías. Hemos mostrado además que las MDRs superlumínicas dan siempre física equivalente, mientras que las sublumínicas pueden conducir a física distinta. También hemos encontrado que la propia inflación borra los efectos de la renormalización, de modo que las predicciones estándar son robustas. Ahora estamos aplicando esto para calcular el espectro de las fluctuaciones primordiales con MDRs y compararlo con las observaciones del fondo cósmico de microondas. El objetivo último de la tesis es usar la cosmología cuántica de lazos, una propuesta de gravedad cuántica, para estudiar cómo estas fluctuaciones afectan a la propia geometría del universo y comprobar si de ahí surgen de forma natural las MDRs.

Emergent Cosmology from Quantum Gravity Condensates

Daniele Granata
Departamento de Física Teórica (UCM)

Group Field Theory (GFT) is a background-independent approach to quantum gravity in which spacetime emerges from the collective behaviour of fundamental quantum degrees of freedom, interpreted as discrete quanta of geometry. Within GFT condensate cosmology, the dynamics of these quantum-geometric degrees of freedom can give rise to an effective description of homogeneous and isotropic universes, providing a framework to investigate the cosmological consequences of quantum gravity. In this talk, I will discuss how interactions between GFT quanta of geometry can lead to an effective dynamical dark-energy behaviour at late cosmological times. Building on previous results, we consider a more general class of interacting GFT condensates, including Hermitian interactions, a non-trivial evolution of the condensate phase and an additional massless scalar matter field alongside the relational clock. We show that the resulting cosmological dynamics approaches an asymptotic de Sitter regime, characterised by an effective equation-of-state parameter approaching (w=-1). The evolution towards this regime can nevertheless exhibit non-trivial deviations from (w=-1), including phantom-like behaviour and, under suitable conditions, a crossing of the phantom divide. We investigate how these features depend on the condensate phase and on the momentum of the additional scalar field. Finally, we consider the contribution of multiple geometric modes and show that the asymptotic de Sitter behaviour is preserved when a single mode becomes dominant. These results further support the possibility that dynamical dark energy may emerge from the microscopic dynamics of quantum geometry.

La estructura interna de los hadrones: el teorema de factorización TMD

Arturo Arroyo Castro
Departamento de Física Teórica (UCM)

Los núcleos atómicos están formados por protones y neutrones, que, a su vez, están compuestos por quarks y gluones. La interacción entre estos últimos está descrita por la cromodinámica cuántica (QCD, por sus siglas en inglés). Una de las propiedades fundamentales de esta teoría es el confinamiento de color: los quarks y gluones no pueden observarse libremente, sino que se encuentran agrupados formando estructuras neutras de color conocidas como hadrones.

Para comprender la estructura interna de los hadrones es necesario llevar a cabo experimentos en los que estos interaccionen, se creen o se destruyan. Para estudiar teóricamente estos procesos se utilizan los teoremas de factorización, que permiten separar la interacción entre las partículas de la información sobre la estructura interna de los hadrones. Esta última contiene información sobre la estructura interna de los hadrones.

Entre los teoremas de factorización más utilizados destacan el teorema de factorización colineal y el teorema de factorización TMD (Transverse Momentum Dependent, por sus siglas en inglés). A diferencia del primero, el teorema de factorización TMD conserva información sobre el momento transversal de los quarks y gluones. Esto permite estudiar cómo se distribuyen y se mueven los constituyentes de los hadrones, proporcionando una descripción más completa de su estructura interna. De esta manera, constituye una herramienta fundamental para llevar a cabo la tomografía de los hadrones.

Rumbo a la integracion fotonica

José Yitzhak Aarón Chacaliaza Ricaldi
Instituto de Óptica (IO-CSIC)

Con el propósito de establecer una ruta experimental integrada para el desarrollo de plataformas nanofotónicas que utilicen iones de tierras raras para la emisión de luz, se investigaron tres sistemas complementarios. En primer lugar, se obtuvieron nanovidrios de telurito dopados con Er^{3+}, obtenidos mediante una molienda rotacional prolongada a partir de vidrio bulk; posteriormente, estos se dispersaron en una matriz polimérica y se depositaron mediante spin-coating sobre sustratos de Si para obtener peliculas delgadas opticamente activas. En segundo lugar, se depositaron películas híbridas de polímero/nanovidrio sobre nanoestructuras metálicas fabricadas mediante FIB. La comparación entre las regiones situadas dentro y fuera de estas nanoestructuras evidencia una superposición espectral entre la emisión del Er^{3+} y la respuesta de banda ancha del Au, lo que indica una interacción plasmón-emisor a nanoescala. Finalmente, se prepararon películas delgadas de óxido de telurito y oxifluorotelurito dopadas con Er^{3+} mediante deposición por láser pulsado de nanosegundos, las cuales fueron sometidas a un recocido en O_2 a 315 ºC. Las emisiones de up-conversion y la emisión a 1.53 μm muestran un claro comportamiento de activación-extinción, con un tiempo de recocido óptimo de aproximadamente 6 h. En conjunto, estos resultados establecen un marco coherente de materiales y procesos que conectan nanovidrios, sistemas híbridos plasmónicos y películas delgadas, proporcionando una vía realista para la fabricación de dispositivos fotónicos integrados.

Imagen avanzada y modelado físico para el estudio de la vasculatura cerebral

Cindy Mercedes Solano Cordero
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La microscopía de localización por ultrasonidos (ULM) es una técnica de imagen biomédica que permite reconstruir la microvasculatura cerebral para estudiar diversas patologías. Se basa en la detección y el seguimiento de microburbujas intravasculares suministradas como agente de contraste. Sin embargo, la interpretación cuantitativa de estas imágenes sigue siendo un problema abierto, puesto que las velocidades y estructuras reconstruidas dependen tanto del flujo sanguíneo real como de factores físicos como su transporte, la propagación acústica y la adquisición. Poder separar estas contribuciones físicas de las anatómicas y fisiológicas es esencial para extraer parámetros fiables en ULM. Esta tesis aborda el desarrollo de un marco computacional multiescala que conecte la anatomía vascular, la dinámica del flujo sanguíneo y la formación de imágenes ultrasónicas. En una primera fase, a partir de imágenes anatómicas se reconstruye una red vascular tridimensional sobre la que se modela la distribución de caudales y velocidades, considerando las diferentes escalas del sistema circulatorio. Sobre esta red se simula el transporte de microburbujas y las imágenes de ULM. La implementación inicial utiliza el código SIMUS, que está basado en la propagación de ultrasonidos en medios homogéneos. Su extensión a medios heterogéneos permitirá estudiar específicamente los efectos de atenuación y aberración inducidos por el cráneo. En una segunda fase, se busca establecer la relación entre los parámetros fisiológicos del modelo y los biomarcadores identificables en las imágenes de ULM. Para ello, se propone estudiar la sensibilidad de las reconstrucciones ante dichos parámetros. Los desarrollos preliminares realizados permiten tener una cadena de simulación completa, cuya validación física y experimental constituye una etapa fundamental del trabajo. Una vez validada, se espera que nuestra metodología permita identificar los límites de precisión y aplicabilidad de ULM, así como fundamentar el diseño de estrategias de adquisición y reconstrucción para imagen cerebrovascular transcraneal.

Caracterización cuantitativa de imágenes ecográficas mediante radiomica y modelos estadísticos de clasificación.

Bárbara Díaz Cañadas
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

El ictus isquémico constituye una de las principales causas de discapacidad y mortalidad, siendo la aterosclerosis carotídea una de sus fuentes potencialmente prevenibles. La evaluación clínica se basa principalmente en el grado de estenosis, aunque el riesgo también depende de características de vulnerabilidad de la placa. Así, la ecografía modo B ofrece información morfológica en tiempo real, siendo necesario desarrollar herramientas que permitan cuantificar objetivamente sus características. La radiómica es una metodología de análisis que permite transformar imágenes médicas en conjuntos de variables cuantitativas mediante la extracción de características matemáticas. Estas incluyen descriptores estadísticos de la distribución de intensidades, características morfológicas y parámetros de textura que cuantifican la heterogeneidad y las relaciones espaciales entre niveles de gris. Su combinación con técnicas de bioestadística y aprendizaje automático permite explorar asociaciones entre patrones de imagen y características biológicas de los tejidos. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un procedimiento reproducible de análisis radiómico aplicado a la ecografía carotídea. Se analizaron imágenes B-mode in vivo de 126 pacientes del HU La Paz, clasificados según cuatro categorías de vulnerabilidad Plaque-RADS. El procesamiento incluyó la normalización de intensidades mediante referencias tisulares, el remuestreo espacial y la evaluación de diferentes estrategias de discretización de niveles de gris. Se extrajeron inicialmente 115 características. Su reproducibilidad se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC), filtros de variabilidad y redundancia, y la correlación de Spearman. La selección estadística de variables se integró en un procedimiento de validación cruzada repetida (10×5) para modelos de clasificación binaria y multiclase, evaluados mediante diversas métricas. Tras los filtros de reproducibilidad y redundancia se retuvo un conjunto de 11 características candidatas. La clasificación binaria alcanzó un AUC de 0,758, mientras que los modelos de tres y cuatro categorías mostraron un rendimiento más limitado, ligado al tamaño muestral y desequilibrio entre clases. Las siguientes fases abordarán la integración de datos procedentes de distintos sistemas de adquisición y de información histológica.

Echoflex: Desarrollo y Caracteración de Zapatas Flexibles para Inspección Ultrasónica de Geometrías Complejas

Julián Fernández-Avilés Gómez
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La inspección por ultrasonidos constituye una de las técnicas de Ensayos No Destructivos (END) más utilizadas en la industria para la detección y evaluación de defectos internos. Sin embargo, la inspección de componentes con geometrías, superficies curvas o accesibilidad limitada continúa representando un desafío debido a las dificultades para garantizar un acoplamiento acústico adecuado entre el transductor y la pieza. En este contexto, se ha desarrollado un material llamado Echoflex^TM, con propiedades prometedoras para su uso como acoplante flexible de ultrasonidos, como alternativa a las soluciones convencionales rígidas, al permitir una mejor adaptación a la superficie inspeccionada y una mayor estabilidad de la señal ultrasónica.

Este trabajo abordará la caracterización de varias configuraciones de la fabricación de Echoflex^TM, en especial su conformabilidad mecánica y propiedades acústicas relevantes, entre ellas la velocidad de propagación, la atenuación y la impedancia acústica. También se tratarán las diferentes posibles aplicaciones que este material tendrá en industrias como la nuclear y la aeroespacial, con resultados que confirman su validez comparándolo con otras técnicas utilizadas actualmente para superar la limitación que supone el acoplamiento de ultrasonidos en superficies complejas.

Procedimientos de calibración y corrección multi-paramétrica para escáneres PET preclínicos y clínicos

Iván Colmenarejo Allavena
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

La tomografía por emisión de positrones (PET) exige una calibración precisa de sus detectores para obtener una buena resolución temporal y energética. En este trabajo se presentan los procedimientos de calibración multiparamétrica desarrollados sobre dos prototipos del escáner HELMET: uno preclínico de alta resolución para pequeños animales (campo de visión 15×15×16 cm) y uno clínico dedicado a neuroimagen cerebral. La calibración temporal combina la corrección por discriminador de frente de subida (LED), que elimina la dependencia del tiempo de detección con la amplitud de la señal, con el alineamiento por centroides de detectores y cristales. Este alineamiento utiliza una fuente puntual centrada, de modo que cualquier desviación en Δt es puramente electrónica y no geométrica. Con ambas correcciones aplicadas se obtiene una resolución temporal en coincidencia (CRT) de $\approx 1,3ns$ FWHM en los dos sistemas, lo que permite reducir la ventana de coincidencias a ~ 2–$2.5ns$ y mejorar el rechazo de eventos aleatorios. Adicionalmente, se aborda la estimación de la profundidad de interacción (DOI) mediante lectura dual en ambos extremos del cristal. El parámetro α —diferencia normalizada entre la luz recogida por los SiPM superior e inferior— se alinea por cristal y se transforma en posición axial mediante ajuste por función de distribución acumulada (CDF) a la ley de Beer-Lambert, obteniéndose una resolución espacial en DOI con una dispersión gaussiana de $\sigma \approx 1.1mm$. La corrección DOI-energía recupera un desplazamiento del fotopico de 511 keV de ~ 45–$50keV$ a lo largo del cristal en el escáner preclínico, habilitando ventanas de energía más estrechas y mejor rechazo de dispersión.

MnTe and Altermagnetism: Crystal Growth and Physical Properties of Materials for Quantum Technologies

Maria Karla Marin Diaz
Departamento de Física Materiales (UCM)

Materials with unusual magnetic and electronic properties are attracting interest for future technologies, particularly spintronics and electronic devices. Among these, topological materials and altermagnets are of particular interest because of their distinctive electronic structures and magnetic properties. This PhD project investigates materials for quantum technologies, focusing primarily on MnTe, an antiferromagnetic material and a candidate altermagnet. A key part of the research is the growth of single crystals by chemical vapour transport (CVT), which enables the investigation of intrinsic physical properties while providing well-defined crystalline surfaces for structural and electronic characterisation. Polycrystalline samples are also prepared by arc melting. The main objective is to understand how crystal structure, magnetic order and electronic properties are related, and how these relationships can be modified through Fe substitution in MnTe. Other systems, including FeTaSe2 and ZrxHf1 $-$ xTe, are investigated as complementary platforms for studying topological phenomena and phase transitions. The characterisation combines X-ray and neutron powder diffraction, scanning and transmission electron microscopy, angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES), electrical transport, magnetic susceptibility and heat-capacity measurements. Preliminary results on Fe-substituted MnTe show changes in magnetic susceptibility and low-temperature transport, while the antiferromagnetic transition remains visible near room temperature. The resistivity exhibits a low-temperature upturn consistent with Kondo-like magnetic scattering, alongside non-monotonic magnetoresistance and a hysteretic nonlinear Hall contribution. Structural and compositional analyses also indicate that the Fe content incorporated into the crystals is lower than the nominal concentration. FeTaSe2 is currently being characterised, while work on ZrxHf1 $-$ xTe is at an earlier stage. Overall, this research aims to clarify the interplay between magnetism, crystal structure and electronic properties in materials of interest for future quantum technologies.

Modulación de fenómenos magnéticos mediante estímulos externos no magnéticos

Daniel Rizo Molina
Departamento de Materiales (UCM)

En la actualidad, el aumento del consumo energético global hace imprescindible el desarrollo de tecnologías más eficientes. Por ello, una de las áreas de interés científico en la Física del Estado Sólido se centra en la creación de materiales multifuncionales con menor consumo energético en su funcionamiento. En esta tesis doctoral, el objetivo principal es el desarrollo de materiales magnéticos multifuncionales en los que las propiedades magnéticas se puedan modular mediante estímulos externos no magnéticos, como deformación, campo eléctrico y/o temperatura, lo cual permitiría reducir drásticamente el gasto energético en futuros dispositivos tecnológicos y memorias de almacenamiento. Hasta este momento, se ha trabajado en heteroestructuras formadas por capas delgadas magnetostrictivas crecidas sobre sustratos piezoeléctricos, en las que la aplicación de voltaje modula la anisotropía magnética de las capas mediante la deformación inducida por el sustrato, un fenómeno conocido como Voltage-Controlled Magnetic Anisotropy (VCMA). La caracterización estructural y morfológica de estas heteroestructuras se ha realizado mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), de Fuerzas Atómicas (AFM) y Difracción de Rayos X (XRD). El comportamiento magnetoeléctrico se ha analizado mediante Efecto Kerr Magneto-Óptico (MOKE) y Microscopía de Fuerzas Magnéticas (MFM), aplicando voltaje in situ para estudiar la modulación de las propiedades magnéticas derivadas de la deformación del sustrato piezoeléctrico. Las capas magnetostrictivas de NiFe y FeGa se han crecido mediante electrodeposición sobre sustratos de LiNbO3, lo que ha permitido desarrollar sistemas VCMA libres de plomo y tierras raras industrialmente escalables, capaces de competir con otros sistemas más caros y restringidos por las políticas de la UE, y con gran estabilidad frente a la aplicación de sucesivos ciclos de voltaje.

In-plane response of alternating-twist multilayers: the hidden role of the golden ratio

Igor Vasilevskiy
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

Stacking two graphene sheets with a small relative twist creates a moiré pattern in which electrons almost stop moving at the so-called magic angle, and the bilayer can exhibit some exotic properties, namely superconductivity. When more sheets are stacked with alternating twists, superconductivity survives, and each stack has not one but several magic angles. A natural question is how these multilayers respond to a magnetic field applied parallel to the sheets, since experiments use this response to learn about the nature of their superconductivity. This question can be addressed by first considering a four-layer stack. Its two magic angles are set by the golden ratio φ and its inverse, and the magnetic response at each of them turns out to be equally simple: $\varphi^{-6}/5$ and $\varphi^{6}/5$ times that of a bilayer, a difference of more than two orders of magnitude. The origin of the golden ratio points to a picture that works for any number of layers N: the system can be described in terms of bilayers with an effective thickness, which depends only on the magic angle and sets how strongly the stack responds. Stacks with an odd number of layers show essentially no response, while for even N only the smallest magic angle is enhanced. These results help to interpret the measurements on these materials, and the general theory is now being completed for a follow-up publication.

Procesado mecánico y térmico de la hexaferrita tipo W $SrZnFe_{17}O_{27}$: consecuencias estructurales y magnéticas

Macarena Méndez Parrado
Departamento de Materiales (UCM)

Las hexaferritas de tipo W presentan una imanación de saturación superior a la de las ferritas de tipo M, lo que las hace atractivas para imanes permanentes sin tierras raras. No obstante, su baja coercitividad restringe su uso práctico. Este trabajo explora dos rutas de procesado, la molienda mecánica y el recocido posterior, para aumentar la coercitividad de $SrZnFe_{17}O_{27}$ sin perder demasiada imanación. Tras 120 minutos de molienda húmeda, la coercitividad pasa de 0,17 a 1,04 kOe, a costa de una reducción de la imanación de saturación de en torno al 26 %, probablemente por los defectos microestructurales generados. El recocido en aire eleva después la coercitividad hasta 2,54 kOe a 900 °C y recupera parte de la imanación perdida. La difracción de rayos X muestra que, a esa temperatura, la fase W se ha descompuesto en un 56 % en ferrita de tipo M y hematita. El análisis de curvas de inversión de primer orden (FORC) revela un endurecimiento magnético progresivo, ligado a varias poblaciones magnéticas, que apunta a que tanto la recuperación microestructural como el cambio de fase contribuyen al efecto. Las simulaciones de los ciclos de histéresis reproducen mejor los datos experimentales con un campo medio de interacción positivo de unos 1 kOe. En conjunto, los resultados aclaran cómo el procesado y las transformaciones de fase condicionan las propiedades magnéticas de las ferritas de tipo W y permiten valorar su potencial como imanes permanentes.

Laser fabrication of vibrating microcavities on silicon: dynamic and static study

Belén Valiente Pascual
Departamento de Óptica (UCM)

Silicon's exceptional optical and electrical properties make it a key material for developing micro- and nanoscale technologies. In this work, we demonstrate the formation of vibrating microcavities by irradiating a Si (111) wafer covered with a micrometer-thick SiO_2 layer using single femtosecond laser pulses $(120, \mathrm{fs},\ 800, \mathrm{nm})$. At fluences above the silicon evaporation threshold, material removal and interfacial processes cause the SiO_2 layer to bulge, forming microcavities of varying heights. These structures produce optical interference patterns that can be used to characterize their geometry. The early stages of microcavity formation were investigated using time-resolved Femtosecond Microscopy, a pump–probe technique that provides sub-picosecond temporal resolution. The results reveal melting and surface evaporation at the Si/SiO_2 interface, leading to transient surface bulging, followed by cooling and contraction of the SiO_2 layer until it reaches its final configuration. The slower dynamics were studied using Real-Time Reflectivity (RTR) measurements, which revealed complex, long-lasting reflectivity oscillations. At delays exceeding $1, \mu s$, periodic oscillations associated with membrane vibrations at well-defined resonance frequencies were observed. Re-excitation with laser fluences below the modification threshold confirmed that the microcavities can be driven into vibration without further modifying their structure. Their resonance frequencies lie in the MHz range and can be continuously tuned by varying the laser fluence. The experimental oscillation frequencies show good agreement with theoretical predictions, supporting the interpretation of the microcavities as vibrating membranes. These results demonstrate a controllable approach to fabricating and exciting microscale resonant structures using ultrafast laser processing, highlighting their potential for applications as acoustic resonators.

Caracterización de la turbulencia atmosférica marciana mediante medidas radiativas del Radiation and Dust Sensor (RDS)

Clara Lorenzo Corvo
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

El polvo desempeña un papel fundamental en la atmósfera marciana al interactuar con la radiación solar mediante procesos de dispersión y absorción, modificando así tanto los flujos de energía reflejada como los de energía absorbida y alterando directamente las tasas de calentamiento del planeta. Estos cambios en las tasas de calentamiento, tanto en la superficie como en el interior de la atmósfera, constituyen uno de los principales motores de la dinámica atmosférica marciana. A su vez, los movimientos atmosféricos resultantes influyen en la distribución espacial y el levantamiento de las partículas de polvo, estableciendo un complejo sistema de retroalimentación no lineal. El Radiation and Dust Sensor (RDS), que forma parte del conjunto instrumental Mars Environmental Dynamics Analyzer (MEDA) a bordo del rover Perseverance de la misión Mars 2020, es un radiómetro que mide la irradiancia solar descendente en la superficie en múltiples bandas espectrales. Las fluctuaciones temporales rápidas de la irradiancia medida están asociadas a variaciones en la concentración de polvo inducidas por la turbulencia atmosférica. La mayoría de los estudios previos sobre la turbulencia atmosférica marciana se han basado en medidas in situ realizadas cerca de la superficie (por ejemplo, mediante sensores de viento y temperatura), lo que ha limitado considerablemente nuestra comprensión de la turbulencia marciana a mayores altitudes. En cambio, el carácter integrado a lo largo de la columna atmosférica de las observaciones radiométricas del RDS proporciona sensibilidad a las fluctuaciones de polvo a mayores altitudes, permitiendo estudiar procesos turbulentos que, de otro modo, resultarían difíciles de observar directamente. En este trabajo, estudiamos las series temporales de las fluctuaciones de irradiancia medidas por el RDS para caracterizar sus propiedades espectrales en el contexto de la turbulencia atmosférica. Analizamos el comportamiento en el rango inercial e introducimos un marco de modelización de turbulencia sintética que, al considerar el polvo como un trazador pasivo y perfecto, nos permite examinar directamente cómo responde la señal del RDS a la turbulencia atmosférica. En particular, este enfoque permite evaluar cómo las variaciones del comportamiento turbulento entre distintas capas atmosféricas, junto con la estructura del perfil vertical de la atmósfera, influyen tanto en las fluctuaciones de la señal del RDS como en las características de su rango inercial.

Prospección geotérmica inicial en cuencas sedimentarias españolas: Campaña gravimétrica en la cuenca de Calatayud

Alberto Santamaría Barragan
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica

La transición energética hacia fuentes de cero emisiones destaca la relevancia de la energía geotérmica como un recurso renovable continuo y de alta disponibilidad. En España, las cuencas sedimentarias cenozoicas del interior peninsular presentan son de gran interes para el aprovechamiento de recursos de baja y media entalpía. Este trabajo se enmarca en una investigación orientada a la evaluación del potencial geotérmico en España, tomando como zona de estudio piloto la cuenca de Calatayud (Cadena Ibérica). Como paso inicial del proyecto, se ha realizado una campaña gravimétrica para definir la arquitectura del subsuelo y las principales estructuras tectónicas de la cuenca de Calatayud. El método gravimétrico constituye una herramienta fundamental en las fases tempranas de prospección ya que identifica el contraste de densidad entre el relleno sedimentario y el basamento, así como para cartografiar fallas profundas que puedan actuar como vías de circulación para fluidos térmicos. En esta comunicación se detallan la adquisición y el procesado de los datos de gravedad recopilados, incluyendo la obtención del mapa de anomalía de Bouguer y la separación de componentes regional y residual. La modelización 2D/3D a partir de la anomalía residual permite estimar la variación en la profundidad del relleno de la cuenca e identificar discontinuidades estructurales que puedan tener relacion con la respuesta térmica regional. Los resultados preliminares permiten acotar los sectores con mayor potencial dentro de la cuenca y establecer una metodología replicable para la caracterización de otros sistemas geotérmicos sedimentarios en el territorio nacional

---

Modelización numérica e instrumentación para eventos hidrometeorológicos extremos en el Pirineo

Ivan Alfaro Rodríguez
Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica (UCM)

Los eventos hidrometeorológicos extremos en los Pirineos son frecuentes y suponen graves riesgos. Algunos ejemplos son las tormentas convectivas, seguidas de inundaciones rápidas, y las avalanchas de nieve. Pese a tratarse de fenómenos comunes en esta región, el cambio climático está cambiando las dinámicas de los mismos y, en algunos casos, aumentando su frecuencia e intensidad. En este contexto, mi investigación de doctorado se centra en varias fases. En primer lugar, se trata de caracterizar los tipos de precipitación extrema en los Pirineos desde el punto de vista sinóptico (configuración atmosférica a gran escala), su variabilidad y sus tendencias, utilizando datos históricos desde 1950. En segundo lugar, se aborda la relación entre los procesos de tormentas convectivas intensas y la posterior escorrentía, para lo que se acoplan el modelo atmosférico WRF y el hidrológico HEC-HMS. Estos modelos se calibran con eventos históricos, para después utilizar esta combinación como predicción en situaciones de riesgo. Además, se acompaña este trabajo de modelización con la instalación de sensores de instrumentación en campo, como estaciones meteorológicas y sensores de caudal. Estos sirven tanto para calibrar los modelos con datos como para desarrollar sistemas de alerta temprana. Finalmente, se abordará el estudio del manto nivoso pirenaico para mejorar la comprensión de las condiciones antecedentes de grandes avalanchas de nieve. Para ello, se realizarán simulaciones invernales con el modelo atmosférico WRF, acoplándolo a modelos de manto de nieve multicapa como SNOWPACK. De forma complementaria a estos objetivos, participo en campañas de investigación en campo en distintas zonas de España y el extranjero, destacando el estudio que llevamos a cabo en la cordillera del Pamir (Kirguistán) en verano de 2025, donde analizamos zonas de montaña con variedad de riesgos.

Cosmological perturbations in Loop Quantum Cosmology

Almudena Guillén Sánchez
Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC)

Las perturbaciones cosmológicas son las responsables de la formación de estructuras en el Universo. Computamos su amplitud a través del espectro primordial de potencias, con el que se calculan observables como el mapa de fluctuaciones de temperatura del CMB. Aunque los datos observacionales encajan satisfactoriamente con las predicciones del modelo cosmológico estándar, este parece predecir una potencia ligeramente superior a la observada a grandes escalas, lo que podría manifestar la existencia de una nueva física. Entre las propuestas para suavizar esta tensión se encuentran los modelos de cosmología cuántica. En este trabajo, nos centraremos en la Cosmología Cuántica de Lazos híbrida. Estudiaremos la evolución de las perturbaciones desde el origen del Universo y trataremos de obtener una parametrización analítica del espectro de potencias, que presente supresión a grandes escalas y que manifieste cuáles son los parámetros físicos de nuestro modelo.

Técnicas clásicas e inteligentes para el control individual del ángulo de paso deaerogeneradores orientado a la toma de decisiones

Luz Alexandra Diaz Pareja
Sección Departamental de Arquitectura de Computadores y Automática

Esta ponencia presenta los avances de una investigación doctoral centrada en el desarrollo de técnicas clásicas e inteligentes para el control individual del ángulo de paso de las palas de aerogeneradores, orientadas a mejorar la toma de decisiones y el desempeño de estos sistemas. El aumento de las dimensiones y la potencia de los aerogeneradores plantea nuevos desafíos para sus sistemas de control, debido a la variabilidad del viento y a las cargas mecánicas que afectan a sus componentes. En este contexto, el control de pitch desempeña un papel fundamental en la regulación de potencia y la mitigación de cargas estructurales. En esta primera etapa de la investigación se estudian controladores convencionales PI y PID, implementados mediante estrategias de control colectivo (CPC) e individual simplificado (IPC), así como un controlador Fuzzy PI basado en lógica difusa. Sus parámetros se optimizan mediante algoritmos genéticos y se evalúan utilizando una función objetivo que combina índices de regulación, cargas mecánicas y esfuerzo de actuación. Las estrategias se comparan mediante simulaciones del aerogenerador de referencia IEA de 15 MW, utilizando OpenFAST y MATLAB/Simulink bajo condiciones de viento turbulento. Los resultados muestran mejoras en el desempeño global de los controladores optimizados, aunque existen compromisos entre la precisión de regulación y la mitigación de cargas. Finalmente, se presentan las futuras líneas de investigación, que incluyen el desarrollo de estrategias de control individual más avanzadas, la optimización multiobjetivo y su aplicación a aerogeneradores marinos flotantes.

Tres algoritmos de multiplicación de matrices dispersas en un mismo chip: un acelerador en FPGA para redes neuronales

Jorge Koronis Pérez
Sección Departamental de Arquitectura de Computadores y Automática

Antecedentes. En redes neuronales (visión o lenguaje), el cálculo dominante es multiplicar matrices de pesos por las de activaciones. La poda anula muchos pesos, y funciones de activación como ReLU, muchas activaciones, así que muchas capas multiplican dos matrices dispersas: guardar sólo sus no nulos ahorra memoria y cálculo. Hay tres algoritmos clásicos de multiplicación de matrices; el de menor latencia depende de las dimensiones y densidad matriciales por capa. Los aceleradores de esta multiplicación que cambian de algoritmo por capa, que sepamos, sólo existen en simulación. Para construirlos, la síntesis de alto nivel (HLS) permite describirlos en C++; partimos de nuestro trabajo previo sobre sus optimizaciones.

Objetivos. Implementar un acelerador así en una tarjeta para cálculo masivo con FPGA y memoria de gran ancho de banda. Para minimizar su latencia, buscamos maximizar la paralelización del cálculo, que exige adaptar los algoritmos a la arquitectura de la FPGA. Queremos saber si HLS permite expresar un diseño tan complejo y si compensa cambiar de algoritmo por capa.

Resultados preliminares. El acelerador pasa la validación frente a una referencia calculada en procesador en 511 capas de 8 redes convolucionales y transformer. Añadir unidades de cálculo en las tres regiones del chip reduce la latencia en el dispositivo, sumada sobre las capas. Ninguno de los tres algoritmos minimiza la latencia en todas las capas: elegir en cada una, midiendo de antemano, el de menor latencia reduce la latencia agregada frente a uno fijo. Una versión del acelerador con los tres algoritmos permite elegir uno en cada capa sin reconfigurar la FPGA. Frente a un procesador, la latencia del prototipo la limita principalmente su baja frecuencia de reloj.

Futuras actuaciones. Usar aritméticas de menor precisión y medir su efecto en memoria ocupada, tráfico con memoria, latencia, energía de la placa y precisión de resultados.

Programa de Doctorado en Astrofísica

Chemical complexity in precursors of Solar-type systems

Lara Moral Almansa
Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA)

Dense cores set the initial conditions for the process of star formation. Gas and solids undergo a continuous evolution from their early stages in molecular clouds to their incorporation into a growing planet through a proto-planetary disk. Although this evolution takes place over the course of several million years, it is now believed that the chemical composition of the disk is largely influenced by the physical and chemical conditions present in the progenitor molecular cloud. In fact, some of the molecules detected in planet-forming disks, comets and asteroids are thought to be inherited from the starless/prestellar core phase. The physical and chemical properties of cold, dense cores and their evolution into a collapsing core must be characterized in order to understand how much of the complex organic material is inherited by minor bodies in planetary systems. In this contribution, I will present the first high-sensitivity maps of COMs carried out toward the prototypical L1544 starless core in the Taurus molecular cloud, showing the spatial variations of O-bearing Complex Organic Molecules (COMs), which provide essential information about their formation mechanisms under the coldest interstellar conditions.

Inteligencia Artificial en FPGA para el procesado de señal en tiempo real

María Molina Delicado
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

El Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) será el mayor observatorio de rayos gamma de muy alta energía. Los Large-Sized Telescopes (LST) contarán en el futuro con una cámara avanzada (AdvCam) cuyo sistema de disparo debe decidir en tiempo real, en escalas de nanosegundos, qué sucesos corresponden a cascadas atmosféricas y cuáles al fondo de luz del cielo nocturno. Esta tesis doctoral se desarrolla en torno a la Central Trigger Processor board (CTPb), el subsistema de la AdvCam basado en FPGA que tomará esta decisión. La línea principal de trabajo se centra en el segundo nivel de trigger (L2), que debe reducir la frecuencia de sucesos de entrada en un orden de magnitud sin perder datos significativos. Para ello se emplean algoritmos de Machine Learning en FPGA mediante síntesis de alto nivel, lo que exige un compromiso entre eficiencia de clasificación, consumo de recursos y latencia. Se presentará el estado del trabajo: el prototipo de la CTPb para un tercio de la cámara, la implementación hardware de una red convolucional 2D como referencia y la exploración de preprocesados y modelos reducidos, más sencillos y adecuados para hardware. En paralelo, se desarrolla una línea complementaria sobre la clasificación automática de modulaciones, detección y mitigación de interferencias en comunicaciones satélite, que comparte con el trigger el mismo reto: ejecutar redes neuronales en FPGA con latencia y recursos acotados. Esta línea compara distintas arquitecturas de red desde el punto de vista de su coste hardware y actualmente se está trasladando a una plataforma RFSoC, con vistas a procesar señales reales. Ambas líneas convergen en un mismo objetivo: el desarrollo de aceleradores de Inteligencia Artificial eficientes y reutilizables en FPGA para aplicaciones donde la decisión debe tomarse en tiempo real.

Del trigger al análisis estéreo: aprendizaje profundo para bajar el umbral de energía de la Advanced Camera del LST

Jorge Buces Sáez
Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica (UCM)

Los Large-Sized Telescopes (LST) del Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) están diseñados para detectar rayos gamma de muy alta energía a partir de unas pocas decenas de GeV. La nueva Advanced Camera (AdvCam), basada en fotomultiplicadores de silicio, con 7987 píxeles y digitalización continua a 1 GHz, abre la posibilidad de rediseñar por completo la cadena de trigger y de análisis para bajar aún más ese umbral. En esta contribución presento una cadena de trigger para la AdvCam en varias etapas. Un primer nivel (L1) basado en sumas digitales por grupos de píxeles selecciona las ventanas temporales candidatas. Después, una red neuronal convolucional diseñada para su implementación en FPGA (cuantizada a 8 bits) decide en tiempo real si cada ventana contiene una cascada atmosférica o solo fondo de cielo nocturno. Para que la comparación sea justa, todas las configuraciones se evalúan a la misma tasa de trigger de fondo. Además, se estudia cómo influyen la tasa de entrada a la red y las restricciones del hardware. Frente a los triggers clásicos (OR y TDSCAN), la red aumenta el área efectiva a las energías más bajas, que es donde está el mayor interés científico. En la segunda parte presento el análisis estéreo de los cuatro LST con modelos de aprendizaje profundo (transformers, redes neuronales de grafos y nubes de puntos), para reconstruir la energía, la dirección y el tipo de partícula, con el objetivo de mejorar el rendimiento a baja energía. Ambas líneas forman una cadena común, desde la selección de eventos en la cámara hasta la reconstrucción final, orientada a ampliar el alcance de CTAO hacia las energías más bajas.