



REF	TÍTULO PLAN DE FORMACIÓN	TUTOR/A y COTUTOR/A
ICMM-01.	Simulación avanzada de materiales magnéticos nanoestructurados	Silvia Gallego Queipo
ICMM-02.	Fabricación de nanopartículas de aleaciones de alta entropía para catálisis sostenible	Lidia Martínez Orellana e Yves Huttel
ICMM-03.	Síntesis de nanopartículas metálicas. Caracterización y sostenibilidad	Sabino Veintemillas y Yilian Fernández
ICMM-04.	Láseres estocásticos como base para computación neuromórfica	Ceferino López y Antonio Consoli
ICMM-05.	Preparación y caracterización de MOF, su escalado y procesado en condiciones sostenibles e industrializables	Javier Pérez Carvajal
ICMM-06.	Nanomateriales magnéticos para tecnologías emergentes en aprovechamiento energético.	Agustina Asenjo Barahona
ICMM-07.	Nuevos materiales para la degradación de contaminantes emergentes mediante fotocatalisis solar	Eva M García Frutos
ICMM-08.	Estados cuánticos en materiales bidimensionales. La revolución de la twistrónica	Leni Bascones
ICMM-09.	Fabricación aditiva de sistemas inteligentes autónomos flexibles	Miguel Algueró y Harvey Amorin
ICMM-10.	Dispositivos optoelectrónicos sostenibles basados en perovskitas de haluro: diseño y modelado electro-óptico	Sol Carretero Palacios
ICMM-11.	Computación cuántica con estados exóticos de espín y luz	José Ángel García-Abadillo Uriel
ICMM-12.	Catálisis verde para la conversión de residuos en productos de valor añadido	Eva M Maya Hernández
ICMM-13.	Aprendizaje Automático Cuántico para la Mejora de la Teoría del Funcional de la Densidad	Xi Chen y Yue Ban
ICMM-14.	Materiales orgánicos inteligentes sensibles a estímulos para aplicaciones en tintas de seguridad	Berta Gómez-Lor Pérez y Mohammad Afsar Uddin
ICMM-15.	Modelización de la respuesta térmica de nanopartículas magnéticas para el tratamiento de cáncer	Oxana Fesenko Morozova
ICMM-16.	Criticality and Information Processing in Cavity-Optomechanics	Pedro David García y Belén Valenzuela
ICMM-17.	Nanogeneradores y sensores biodegradables mediante impresión 3D avanzada	Bern Wicklein y Cristina Pascual
ICMM-18.	Electrónica flexible y sostenible mediante cristalización a baja temperatura por química en disolución	Iñigo Bretos Ullívarri
ICMM-19.	Diseño y síntesis de materiales orgánicos e híbridos porosos multifuncionales para aplicaciones catalíticas y nanotecnológicas	M Marta Iglesias Hernández
ICMM-20.	Microscopía de fuerzas controlada por inteligencia artificial para energía y salud	Ricardo García
ICMM-21.	Electrónica superconductora basada en el efecto Josephson	Rubén Seoane Souto
ICMM-22.	Ingeniería de sensores de grafeno: dispositivos de respuesta ultrarrápida y sensibilidad atomolar	Irene Palacio Rodríguez
ICMM-23.	Diseño de Interferómetros Térmicos en Materiales 2D: Controlando la Dualidad Onda-Partícula del Calor	Guilherme Vilhena
ICMM-24.	Estudio de electrolitos complejos tipo "crowded systems" para almacenamiento de energía.	M ^a Concepción Gutiérrez y María Luisa Ferrer
ICMM-25.	Origen Atómico de la Fricción: Descifrando las "Huellas Vibracionales" de la Disipación	Pedro Serena

Simulación avanzada de materiales magnéticos nanoestructurados

ICMM-01. Silvia Gallego Queipo
sgallego@icmm.csic.es

Oferta preferente titulaciones:
Física e Ingeniería de Materiales,
Ingeniería Física, Química
Computacional

Nuestro grupo investiga materiales nanoestructurados funcionales orientados al desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras, principalmente en las áreas de espintrónica, nuevas arquitecturas computacionales (computación cuántica y neuromórfica) y nanotecnologías magnéticas (nanopartículas para aplicaciones biomédicas o imanes permanentes sostenibles). Utilizamos modelos magnéticos multiescala: partimos de la descripción de la estructura electrónica con formalismos de mecánica cuántica (DFT, la teoría de funcional de densidad), usando los parámetros magnéticos fundamentales así obtenidos en modelos atomísticos de dinámica de espín que abordan escalas espaciales mayores e incluyen la presencia de estímulos externos (campos y temperatura). Para los sistemas más complejos, incorporamos técnicas de aceleración basadas en modelos de alto rendimiento y aprendizaje automático.

El propósito de esta metodología es la comprensión rigurosa de las propiedades de materiales y fenómenos físicos de interés. Entre las líneas de investigación actuales están la reducción de contenido de tierras raras en imanes permanentes preservando su eficiencia; la manipulación de las propiedades en la intercara entre dos materiales disimilares para lograr funcionalidades específicas; la estabilización y evolución dinámica de órdenes magnéticos no colineales; y la búsqueda de nuevos materiales magnéticos bidimensionales de Van der Waals. La persona que se una a nuestro grupo podrá desarrollar su trabajo en cualquiera de estos temas, según sus preferencias y motivación. La versatilidad de nuestros métodos permite también explorar otras temáticas relacionadas bajo común acuerdo.

Este proyecto ofrece la adquisición de conocimientos fundamentales de magnetismo y física teórica de la materia condensada, y el contacto con temas de investigación de vanguardia. El uso de entornos de computación de alto rendimiento y el ambiente de trabajo internacional complementan la adquisición de habilidades.

Fabricación de nanopartículas de aleaciones de alta entropía para catálisis sostenible

ICMM-02. Lidia lidia.martinez@icmm.csic.es Oferta preferente titulaciones:
Martínez huttel@icmm.csic.es Física e Ingeniería de Materiales
Orellana e
Yves Huttel

Las aleaciones de alta entropía (HEA) son materiales multielemento con composición uniforme que presentan propiedades físicas, mecánicas y funcionales excepcionales. A escala nanométrica, combinan características intrínsecas con efectos de tamaño, lo que las hace ideales para aplicaciones avanzadas en catálisis y energía. La mezcla aleatoria de elementos genera superficies diversas, permitiendo un ajuste preciso y un enfoque innovador en el diseño de catalizadores.

Este proyecto se centra en la síntesis, caracterización y evaluación funcional de nanopartículas HEA con composición $\text{Fe}_{20}\text{Co}_{20}\text{Cr}_{20}\text{Mn}_{20}\text{Pt}_{20}$, diseñadas para aprovechar efectos sinérgicos que mejoran el rendimiento catalítico. La novedad radica en su fabricación mediante una técnica física verde: una Fuente de Agregación en fase Gas (GAS) basada en pulverización magnetrón, que produce nanopartículas puras y sin ligandos en condiciones de ultra alto vacío, superando limitaciones de métodos químicos como impurezas y subproductos.

Los objetivos son:

1. Síntesis y optimización en fase gas usando una GAS, ajustando parámetros como potencia de pulverización y flujo de argón para controlar tamaño, composición y rendimiento.
2. Caracterización avanzada mediante AFM, SEM-EDX, STEM con mapeo EELS/EDX, XPS para química superficial, UV-Vis para banda óptica y medición del ángulo de contacto para evaluar mojabilidad.
3. Evaluación funcional en aplicaciones energéticas y ambientales: pruebas electrocatalíticas, Reacción de Evolución de Oxígeno (OER), Reacción de Evolución de Hidrógeno (HER), y Reacción de Reducción de Oxígeno (ORR) midiendo sobrepotencial, pendiente de Tafel y estabilidad, y análisis foto catalítico para degradación de contaminantes bajo luz solar simulada.

Este trabajo busca desarrollar nanocatalizadores altamente eficientes y estables, demostrando una ruta completa desde el diseño hasta la aplicación, con impacto potencial en catálisis sostenible y energía renovable.

Síntesis de nanopartículas metálicas. Caracterización y sostenibilidad

ICMM-03.	Sabino	sabino@icmm.csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física; Química e Ingeniería Química; Ingeniería de Materiales
	Veintemillas Verdaguer y Yilian Fernández	y.f.afonso@csic.es	

La creciente disponibilidad de productos electrónicos de consumo de bajo coste está generando un volumen cada vez mayor de residuos electrónicos. En respuesta, el concepto de electrónica "verde" ha cobrado impulso en la comunidad científica, impulsando el desarrollo de materiales más sostenibles.

El objetivo principal de este proyecto es integrar al estudiante en la investigación sobre nanomateriales y procesos de síntesis más sostenibles. Esta investigación se lleva a cabo en el marco del proyecto europeo HyPELignum y de una subvención Juan de la Cierva (JDC2024-053418-I), cuyo objetivo es proponer y demostrar un enfoque holístico, desde los componentes básicos hasta el final de la vida útil/reciclaje de sistemas electrónicos.

Para la realización de este proyecto se propone la participación del estudiante en la síntesis de nanopartículas metálicas mediante un proceso de poliol asistido por microondas, también participará en la caracterización de estas nanopartículas, utilizando técnicas como la difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, magnetometría, para analizar su estructura, morfología y propiedades magnéticas. Además, se empleará la dispersión dinámica de luz para estudiar su estabilidad coloidal y se evaluará su conductividad eléctrica.

El estudiante contribuirá al análisis de sostenibilidad (toxicidad y biodegradabilidad) de estos materiales. Esto incluye la realización de pruebas de cultivo celular para evaluar su degradación y posibles efectos tóxicos, garantizando que los materiales desarrollados no solo sean funcionales, sino también seguros y ambientalmente sostenibles.

Al participar en esta investigación, el estudiante participará directamente en el trabajo experimental en curso y obtendrá formación práctica en áreas clave como la síntesis de nanomateriales, técnicas avanzadas de caracterización, evaluación de la sostenibilidad y aplicaciones electrónicas.

Láseres estocásticos como base para computación neuromórfica

ICMM-04.	Ceferino López Fernández y Antonio Consoli	cefe@icmm.csic.es antonio.consoli@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física, Ingeniería de Materiales e Ingeniería Teleco
----------	--	--	--

La mayoría de la inteligencia artificial, computación neuromórfica y aprendizaje automático se ejecutan en procesadores digitales de silicio. La inteligencia artificial requiere nuevas arquitecturas no digitales para acercarse al funcionamiento del cerebro en eficiencia y versatilidad.

Los fotones presentan ventajas frente a otros portadores de información como los electrones pues, al carecer de masa e interacción entre sí, pueden compartir canales de transmisión sin disipación ganando en velocidad y eficiencia de computación.

Los láseres estocásticos (random lasers) son emisores de luz que, por su capacidad de albergar numerosísimos modos, constituyen una plataforma óptima para computación analógica en modo reservorio.

Este proyecto estudia fuentes de luz laser basadas en medios difusivos y materiales semiconductores. Estas actividades siguen los resultados prometedores obtenidos por nuestro grupo, véase Nat. Photonics 16, 219-225 (2022), y proponen la fabricación y estudio del funcionamiento de dispositivos obtenidos por ablación láser y haz de iones (FIB) a partir de diodos láser comerciales.

Específicamente, se persigue fabricar láseres estocásticos y establecer la correlación entre los parámetros de procesado y las características (espectrales, dinámicas, de eficiencia, etc.) de los dispositivos obtenidos, así como evaluar su potencial como reservorios para computación neuromórfica. Se parte de dispositivos comerciales y se procede a su caracterización, modificación y caracterización de los dispositivos modificados. Las tres fases de trabajo del estudiante orientadas a proporcionar conocimientos teóricos y prácticos serán:

- Modificación por ablación laser (femto- y pico-segundos, y por FIB) de los dispositivos comerciales
- Caracterización de los dispositivos obtenidos: potencia óptica, espectro, distribución espacial de emisión, número de modos y coherencia espacial.
- Evaluación de operación como procesador en reservorio.

Preparación y caracterización de MOF, su escalado y procesado en condiciones sostenibles e industrializables.

ICMM-05. Javier Pérez jperez@icmm.csic.es
Carvajal

Oferta preferente titulaciones:
Química e Ingeniería Química;
Ingeniería de Materiales

Desde su descubrimiento hace algunas décadas, los Metal–Organic Frameworks (MOFs) han atraído una considerable atención por parte de la comunidad científica. Su estructura híbrida, cristalina y porosa los convierte en candidatos prometedores para una amplia gama de aplicaciones, entre las que se incluyen la adsorción y separación de gases, la captación de agua, la redistribución del calor, sensores, la biomedicina y las catálisis, entre otras.

Gracias a su notable versatilidad en términos de composición química y características estructurales, los MOFs suelen presentar prestaciones que superan a las de los materiales porosos disponibles comercialmente, lo que motiva su creciente interés comercial. En este contexto, el rendimiento espacio-tiempo, la disponibilidad y asequibilidad de las materias primas, la sostenibilidad y las etapas de lavado/activación del producto final son parámetros clave que deben considerarse antes de optimizar la producción de MOFs a escala industrial. Asimismo, la escalabilidad de los métodos de conformado (granulación, extrusión y recubrimiento) puede verse limitada por diversos factores, como el coste y la eficiencia de los procesos, que difieren significativamente de los empleados a pequeña escala.

Durante la beca se explorarán el escalado y el conformado de los MOFs, poniendo de relieve estrategias orientadas a métodos más ecológicos y sostenibles. Se evaluarán la pureza mediante el estudio de las fases cristalinas obtenidas y su porosidad mediante adsorción criogénica, así como el rendimiento de las reacciones en tiempo y volumen.

Nanomateriales magnéticos para tecnologías emergentes en aprovechamiento energético.

ICMM-06. Agustina a.asenjo@csic.es
Asenjo
Barahona

Oferta preferente titulaciones:
Física; Ingeniería de Materiales

Ante la urgencia climática que sufre nuestro planeta, es imprescindible potenciar la reutilización de energía. Uno de los ámbitos más prometedores es el del aprovechamiento de la energía térmica liberada en líneas de transmisión o dispositivos electrónicos [1] ya que los centros de tecnología de la información y la comunicación podrían producir el 20% de las emisiones globales de carbono en 2030. Entre las distintas propiedades termoeléctricas y termomagnéticas estudiadas en los últimos años (efecto Seebeck o Nernst anómalo (ANE)) el ANE está siendo revisitado debido a la alta eficiencia energética y menor complejidad del diseño de dispositivos [2].

Nuestro grupo, con gran experiencia en el diseño, síntesis, caracterización y simulación de nanomateriales magnéticos con especial incidencia en los procesos de inversión de imanación inducidos por campos magnéticos o corrientes [3], está actualmente explorando las propiedades termomagnéticas de multicapas magnéticas para uso en aprovechamiento energético [4]. Somos además expertos en técnicas avanzadas de Microscopía de Fuerzas Magnéticas (MFM) para estudiar procesos de imanación in situ [5,6].

El trabajo que se propone encaja en estas líneas y tendrá las siguientes tareas:

1. Preparación multicapas (ferromagnéticos/metal pesado) mediante técnicas físicas incluyendo el uso de materiales 2D.
2. Caracterización magnética (magnetometría) y topográfica mediante microscopía de fuerzas
3. Obtención de la estructura de dominios en diferentes estados magnéticos mediante MFM
4. Realización de medidas de magnetoresistencia y termomagnéticas (ANE)
5. Evaluación de su uso en dispositivos de reutilización de energía.

[1] Annapureddy et al., 2017, Sustainable Energy Fuels, 1, 2039.

[2] Mizuguchic et al., 2019, STAM, 20, 262

[3] Bran et al., 2018, ACS Nano, 12, 5932

[4] Lopez-Polin et al., 2022, ACS Applied Energy Materials, 5, 11835

[5] Kazakova et al., 2019, J. Appl. Phys. 125, 060901

[6] Berganza et al., 2017, Sci. Rep. 7, 11576

Nuevos materiales para la degradación de contaminantes emergentes mediante fotocátalisis solar

ICMM-07.	Eva María García Frutos	emgfrutos@icmm.csic.es	Oferta preferente titulaciones: Química e Ingeniería Química
----------	-------------------------------	------------------------	---

Se propone la preparación de nuevos materiales con la incorporación de nuevos sistemas aromáticos orgánicos para la degradación de contaminantes emergentes mediante fotocátalisis solar. En un primer lugar se realizaría la síntesis y caracterización de un nuevo derivado aromático con el diseño adecuado para producir absorción de radiación en la región visible del espectro. Posteriormente, se llevará a cabo su ensamblaje sobre TiO₂ con el objetivo de obtener un material compuesto aromático-TiO₂ estable y con la estructura adecuada para ser fotoactivo bajo luz solar. De forma complementaria, se realizarán los estudios de dichos materiales mediante diversas técnicas básicas, tanto para la caracterización del derivado aromático (1H-RMN, 13C-RMN, espectroscopia de masas, IR, análisis elemental) como del material compuesto (XRD, UV-Vis, microscopía). Los materiales compuestos serán utilizados como fotocatalizadores, estudiando su eficiencia en la degradación de contaminantes emergentes (fármacos y pesticidas) presentes en agua mediante fotocátalisis solar. El grupo cuenta con alta experiencia en el diseño de heterociclos aromáticos, siendo una de sus líneas prioritarias de investigación (<https://wp.icmm.csic.es/phbhm/g/>). El plan de trabajo contiene tanto aspectos preparativos como de caracterización físico-química de los materiales preparados y del estudio de su aplicación en el tratamiento de aguas, lo que permitirán una formación adecuada del solicitante en esta área.

Estados cuánticos en materiales bidimensionales. La revolución de la twistrónica

ICMM-08. María leni.bascones@csic.es Oferta preferente titulaciones:
Elena Física
Bascones
Fernández

El descubrimiento de estados aislantes y superconductores en bicapas de grafeno rotadas en 2018 es, sin duda, uno de los hallazgos más importantes en física de la última década. Ha dado lugar a una revolución en el estudio de los materiales y sus propiedades cuánticas y a un área nueva de investigación: la twistrónica.

Con materiales bidimensionales de un átomo de espesor, como el grafeno, se pueden diseñar materiales a la carta combinando dos o más capas del mismo u otro material.

Las estructuras moiré, con una celda unidad mucho más grande, de incluso miles de átomos, se generan apilando dos capas del mismo material ligeramente rotadas o dos capas con una estructura atómica que no sea igual. Las propiedades electrónicas de estos materiales son especialmente sorprendentes y pueden controlarse y modificarse in-situ.

En los últimos años se ha detectado una riqueza de fases cuánticas no vista en ningún otro material y que además pueden controlarse a voluntad. Las novedosas propiedades surgen de las interacciones entre electrones, siendo particularmente no convencionales dada la peculiar topología de las funciones de onda en estos sistemas. Esta riqueza permitirá tecnologías disruptoras, desde ordenadores cuánticos, memorias no volátiles o sensores

La persona receptora de la JAE-Intro trabajará en la descripción teórica de los estados cuánticos en este tipo de sistemas, intentando entender su naturaleza y propiedades, y proponiendo experimentos que permitan desentrañar el origen de estas fases cuánticas y predecir otras.

“El mundo cuántico de los materiales
(<https://cienciayelazarrelativo.blogspot.com/2021/05/el-mundo-cuantico-de-los-materiales.html>) y vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=poWvsDOiM3E>.

Twistronics. Charlas 1 y 3 en <https://www.youtube.com/watch?v=rERPghC8u5o>

Fabricación aditiva de sistemas inteligentes autónomos flexibles

ICMM-09	Miguel Algueró Giménez y Harvey Amorin	malguero@icmm.csic.es hamorin@icmm.csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física; Química e Ingeniería Química; Ingeniería de Materiales
---------	--	---	---

Los sistemas inteligentes flexibles con operación autónoma son el corazón de la electrónica conformable y los dispositivos médicos bio-implantados, así como nodos autónomos en redes de sensores inalámbricos, llamadas a ser ubicuas en la sociedad digital. Entre las aproximaciones en investigación destacan los materiales compuestos (composites) de fases inorgánicas piezoeléctricas o magnetostrictivas incluidas en matrices poliméricas activas, capaces de proporcionar capacidades de detección, actuación y recolección de energía. La alimentación de los nodos a partir de energía disipada en el medio se considera esencial como alternativa a las baterías. El estado del arte son los composites particulados piezo- y magnetoeléctricos consistentes en partículas inorgánicas, bien $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ ferroeléctrico o la aleación metálica con magnetostricción gigante Terfenol-D, dispersas en matrices poliméricas piezoeléctricas de PVDF-TrFE. Este copolímero, sin embargo, no es ni bio-basado ni biodegradable, y las fases inorgánicas contienen elementos tóxicos o críticos. Es por tanto necesario desarrollar alternativas verdes en el contexto de la electrónica responsable y la economía circular. Ésta es la línea de investigación en la que se enmarcaría el plan de formación, y en concreto en el estudio de un bio-poliéster ópticamente activo, el poli-L-ácido láctico (PLLA), combinado con fases inorgánicas funcionales libres de elementos tóxicos o críticos, para la fabricación de composites particulados con prestaciones piezo- y magnetoeléctricas elevadas. Se usará, como técnica de fabricación aditiva capaz de producir PLLA con morfología piezoeléctrica, impresión 3D a partir de fundido. El estudiante se introducirá en la investigación de estos materiales multifuncionales y sus aplicaciones, y adquirirá capacidades en técnicas avanzadas de impresión, y de caracterización estructural, microestructural y de las propiedades físicas de materiales en distintas escalas.

**Dispositivos optoelectrónicos sostenibles basados en
perovskitas de haluro: diseño y modelado electro-óptico**

ICMM-10	Sol Carretero Palacios	sol.carretero@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física; Ingeniería de Materiales; Ingeniero informático o de computación
---------	------------------------	--	---

Las perovskitas de haluro se han consolidado como materiales clave en la optoelectrónica sostenible gracias a sus excelentes propiedades ópticas y electrónicas, como su alta absorción y emisión de luz y la sintonización del bandgap mediante la composición, haciéndolas especialmente atractivas para aplicaciones en celdas solares, LEDs, detectores y láseres. La eficiencia y versatilidad de estos dispositivos depende, entre otros, del diseño electro-óptico de su arquitectura. En fotovoltaica, por ejemplo, el control de la absorción permite desarrollar celdas solares bifaciales, capaces de recoger luz por ambas caras, interesantes en entornos con nieve o agua, así como en dispositivos flexibles o semitransparentes. En LEDs, el control de la direccionalidad y extracción de la luz resulta clave para optimizar su rendimiento.

Estos dispositivos suelen basarse en estructuras multicapa de láminas delgadas nanométricas, donde los efectos de interferencia, confinamiento óptico y acoplamiento luz-materia son determinantes. En este proyecto se abordará el modelado electro-óptico de dichas arquitecturas mediante el método de la matriz de transferencia y métodos basados en diferencias finitas en el dominio temporal (FDTD), que permiten estudiar geometrías más complejas (rejillas o nanopartículas), para optimizar la entrada o salida de fotones. Complementariamente, se considerarán modelos de transporte y difusión de portadores para una descripción electro-óptica integrada.

El objetivo del proyecto es desarrollar modelos versátiles para el diseño y optimización de dispositivos optoelectrónicos sostenibles basados en perovskitas de haluro, adaptables a distintas aplicaciones energéticas y fotónicas.

Se busca estudiante de Física o Ingeniería, con interés en optoelectrónica y computación, que disfrute de la programación, preferiblemente en Python. El trabajo se desarrollará dentro de un entorno multidisciplinar que combina simulación y colaboración experimental.

Computación cuántica con estados exóticos de espín y luz

ICMM-III	José Carlos García Abadillo	jc.abadillo.uriel@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física
----------	-----------------------------	---------------------------	---

El espín del electrón es prototipo de sistema cuántico de dos niveles o qubit. Una de las tecnologías más prometedoras para la construcción de un ordenador cuántico se basa en atrapar espines electrónicos en puntos cuánticos. Recientemente, se ha demostrado experimentalmente que se puede manipular estos qubits de forma eficiente mediante campos eléctricos y magnéticos. Comparado con otros qubits de estado sólido, los qubits de puntos cuánticos destacan por su tamaño reducido, de unas decenas de nanómetros, potencial operación a altas temperaturas y compatibilidad con la tecnología electrónica clásica, lo que puede darles ventaja a largo plazo. Recientemente se ha encontrado que se pueden usar estados exóticos de espín para interactuar con la luz, lo que permitiría la interacción entre espines a largas distancias, así como explorar la interacción entre luz y materia en el régimen ultrafuerte. En este trabajo, el estudiante explorará mediante técnicas analíticas y numéricas las interacciones exóticas entre espín y fotón para la realización de puertas cuánticas a largas distancias y la exploración de estados híbridos espín-fotón.

Catálisis verde para la conversión de residuos en productos de valor añadido

ICMM-12	Eva M ^a Maya Hernández	eva.maya@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Química e Ingeniería Química
---------	---	------------------	---

El glicerol o glicerina es el principal residuo generado en la síntesis de biodiésel. Debido al crecimiento de la producción de este biocombustible, se generan grandes cantidades; se estima que por cada tonelada de biodiésel se obtienen aproximadamente 100 kg de glicerol. Así, su excedente ha impulsado la búsqueda de rutas para su valorización hacia productos de mayor valor añadido. Entre los posibles destaca el carbonato de glicerol, un intermedio químico bio-basado con múltiples aplicaciones industriales: electrolito en baterías de ion litio, disolvente verde, precursor para síntesis de polímeros, aditivo en combustibles y lubricantes, e intermedio en cosmética y productos farmacéuticos. Resulta especialmente interesante porque puede obtenerse a partir de la reacción del glicerol con CO₂, es decir a partir de dos materias primas residuales que son renovables con gran relevancia como alternativas al uso de derivados del petróleo.

La utilización de catalizadores sólidos para esta transformación presenta ventajas frente a los catalizadores homogéneos, como su fácil separación de la mezcla de reacción, menor corrosividad y mejor perfil ambiental. El grupo de investigación en el que se enmarca esta propuesta tiene amplia experiencia en el diseño, preparación y evaluación de catalizadores heterogéneos. En los últimos años, para que la síntesis de catalizadores sea más sostenible, estamos empleando la mecanoquímica, herramienta que permite obtener materiales en ausencia de disolventes. En este proyecto el estudiante se formará en este ámbito mediante la preparación y caracterización completa de catalizadores orgánicos porosos, principalmente por mecanoquímica, y los emplearán en la conversión de glicerol a carbonato cíclico llevándose a cabo la actividad catalítica completa, es decir se formará en optimización de procesos catalíticos, seguimiento de reacciones por cromatografía y resonancia, parámetros de catálisis y reciclabilidad. Además, el estudiante aprenderá el manejo de reactores de CO₂ donde se realizarán los ensayos para obtener carbonato de glicerol.

Aprendizaje Automático Cuántico para la Mejora de la Teoría del Funcional de la Densidad

ICMM-13 Xi Chen y xi.chen@csic.es Oferta preferente titulaciones:
Yue Ban yue.ban@csic.es Física

El plan de formación ofertado está dirigido a estudiantes de máster y tiene como objetivo proporcionar una formación básica y práctica en el uso de Aprendizaje Automático Cuántico (Quantum Machine Learning, QML) aplicado a la mejora de la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), con énfasis en sistemas de materiales bidimensionales, incluyendo sistemas basados en grafeno y procesos de adsorción.

Durante la estancia, el/la estudiante adquirirá conocimientos fundamentales sobre métodos de estructura electrónica y comprenderá las limitaciones de los funcionales DFT estándar en la descripción de efectos de correlación electrónica, transferencia de carga y energías de adsorción. A partir de esta base, la formación se centrará en el uso de datos de referencia de alta calidad, incluyendo resultados de simulaciones cuánticas o cálculos clásicos de alta precisión, para el entrenamiento de modelos QML orientados a la corrección de resultados DFT.

El/la estudiante participará en la implementación y evaluación de modelos QML, abarcando la construcción de descriptores, el entrenamiento, la validación y el análisis de resultados. Se prestará atención a la incorporación de restricciones físicas en los modelos, incluyendo simetrías y comportamientos de escalado, con el objetivo de mejorar la estabilidad y la capacidad de generalización. Los estudios de caso incluirán fragmentos de grafeno y sistemas de adsorción sencillos, analizando la predicción de energías de adsorción y características locales de superficies de energía potencial.

Asimismo, la formación incluirá la integración de esquemas de corrección basados en QML en flujos de trabajo DFT existentes, permitiendo la realización de cálculos a escala moderada con una precisión mejorada y un coste computacional controlado. Al finalizar las prácticas, el/la estudiante habrá adquirido experiencia inicial en la intersección entre computación cuántica, aprendizaje automático y ciencia de materiales computacional, proporcionando una base sólida para estudios posteriores o para su incorporación en entornos de investigación y desarrollo.

Materiales orgánicos inteligentes sensibles a estímulos para aplicaciones en tintas de seguridad

ICMM-14	Berta Gómez-Lor Pérez y Mohammad Afsar Uddin	bgl@icmm.csic.es m.auddin@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Química e Ingeniería Química e Ingeniería de Materiales
---------	--	--	---

Los materiales inteligentes constituyen una clase avanzada de materiales cuyas propiedades físicas y funcionales pueden modularse de forma controlada mediante estímulos externos, permitiendo el desarrollo de sistemas con respuestas dinámicas y programables. En este proyecto se propone el estudio de materiales semiconductores orgánicos sensibles a estímulos físicos como temperatura, presión o luz, con especial énfasis en la modulación de sus propiedades ópticas y optoelectrónicas para su aplicación en tintas de seguridad.

Basándose en resultados previos del grupo en el ámbito de cristales moleculares y fluoróforos orgánicos emisores (Adv. Optical Materials, 2025, 13, 2400965), durante la estancia se sintetizarán nuevos compuestos orgánicos luminiscentes y se estudiará la influencia de la organización supramolecular y del empaquetamiento cristalino sobre su respuesta dinámica. Se prestará especial atención a sistemas capaces de experimentar transiciones de fase sólido-sólido, asociadas a cambios abruptos en propiedades ópticas o estructurales, potencialmente activables por estímulos suaves.

Asimismo, se explorará la incorporación de estos materiales en matrices poliméricas con el objetivo de mejorar su estabilidad, procesabilidad y escalabilidad, manteniendo la sensibilidad a estímulos externos. Se determinará si estos materiales compuestos exhiben fenómenos como fluorescencia dependiente de presión o temperatura, comportamiento termocrómico y respuestas reversibles, características especialmente atractivas para aplicaciones en sistemas de autenticación y seguridad documental.

La beca permitirá al estudiante adquirir formación multidisciplinar en síntesis orgánica, caracterización óptica y diseño de materiales funcionales, sentando las bases para el desarrollo de tintas de seguridad avanzadas basadas en materiales orgánicos inteligentes y respondiendo a retos actuales en protección contra falsificación.

Modelización de la respuesta térmica de nanopartículas magnéticas para el tratamiento de cáncer.

ICMM-15	Oxana Fesenko Morozova	oksana@icmm.csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física
---------	------------------------	---------------------	---

La hipertermia magnética es una nueva técnica para el tratamiento del cáncer basada en el hecho de que, bajo un campo magnético alterno, las nanopartículas magnéticas disipan el calor. Este calor permite aumentar localmente la temperatura de las células cancerígenas induciendo su muerte selectiva. De esta manera se podría conseguir un tratamiento para el cáncer local y eficiente.

La optimización de las condiciones del tratamiento requiere entender los procesos físicos que gobiernan el calentamiento de las nanopartículas y optimizar sus propiedades. La modelización juega un papel importante en esta optimización, ya que permite variar de un modo versátil las condiciones físicas. Hasta ahora la modelización del calentamiento de nanopartículas se ha hecho de manera global, es decir, calculando el calor total producido por el conjunto de nanopartículas. Algunas publicaciones recientes demuestran que el calor local, es decir, el que hay alrededor de una partícula aislada, puede ser más importante que el calentamiento global. Recientemente nuestro grupo ha elaborado un nuevo método de cálculo [1] que permite evaluar el calor local disipado por una nanopartícula en interacción con otras. Sin embargo, hay otros factores que pueden ser muy importantes, como, por ejemplo, la disipación del calor dentro del tumor. El presente proyecto propone modelizar la temperatura local acoplando el calor producido por una nanopartícula con la ecuación de difusión. Esto permitiría evaluar el papel que juega la concentración de nanopartículas en la retención de la temperatura dentro de un medio con características biológicas. El trabajo de carácter teórico-simulacional se realizará en el grupo de Nanoestructuras Magnéticas (<https://wp.icmm.csic.es/gnmp/>) bajo la supervisión de la Dra Oksana Chubykalo-Fesenko y en colaboración con el grupo experimental.

[1] C. Muñoz-Menendez et al “Disentangling local heat contributions in interacting magnetic nanoparticles”, Phys. Rev. B 102, 214412 (2020)

Criticality and Information Processing in Cavity-Optomechanics

ICMM-16. Pedro pd.garcia@csic.es Oferta preferente titulaciones:
David belenv@icmm.csic.es Física
García y
Belén
Valenzuela

The hypothesis that complex systems gain functional advantages from operating near phase transitions, the criticality hypothesis, has transformed our understanding of neural computation. At the edge of a bifurcation, dynamical systems exhibit maximal sensitivity, long transient timescales, and enhanced response diversity. In this project, we will explore whether these principles explain the performance of optomechanical reservoir computing.

Starting from a complete numerical model of nonlinear optomechanical dynamics, the goal is to develop a minimal theoretical description that captures how proximity to the phonon lasing transition, a Hopf bifurcation, leads to optimal information processing. The approach follows recent theoretical work on cortical criticality [1], where a Landau–Ginzburg reduction showed that neuronal avalanches emerge at the edge of synchronization. The project is supported by ongoing experiments at ICMM-CSIC [2], enabling direct comparison between theory and experimental data.

Main objectives:

- Studying a full optomechanical model including optical, mechanical, thermal and free-carrier dynamics, and identifying its main dynamical regimes (linear response, phonon lasing and chaos).
- Reducing the model to a minimal set of coupled differential equations that preserves the essential nonlinear physics, using techniques such as adiabatic elimination and averaging.
- Analyzing the resulting Hopf bifurcation, deriving its threshold and mapping its behavior in parameter space.
- Connecting the bifurcation structure to information processing, explaining how operation near threshold enhances memory and computational performance in reservoir computing systems.

[1] S. di Santo, ... M. A. Muñoz, Landau Ginzburg theory of cortex dynamics: Scale-free avalanches emerge at the edge of synchronization, PNAS, USA 115, E1356 (2018)

[2] O. Florez, ..., and P. D. García, Engineering nanoscale hypersonic phonon transport, Nat. Nanotechnol. 17, 947 (2022)

Nanogeneradores y sensores biodegradables mediante impresión 3D avanzada

ICMM-17.	Bern Wicklein y Cristina Pascual	bernd@icmm.csic.es cristina.pascual@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Química e Ingeniería Química; Ingeniería de Materiales; Física
----------	---	--	--

El proyecto se encuadra en el desarrollo de dispositivos biodegradables para la recolección de energía renovable, en electrónica biodegradable y en sensores autoalimentados para el internet de las cosas. Estos dispositivos se fabricarán en procesos de impresión 3D avanzada. Los materiales compuestos que se usa en esta fabricación son polímeros biodegradables combinado con nanopartículas funcionales y moléculas orgánicas mecanoluminiscentes que pueden adecuar las propiedades opto-eléctricas de la matriz polimérica.

El proyecto JAE Intro ICU introducirá al uso de una impresora 3D avanzada que permite fabricar materiales texturados. Se aprenderá imprimir diferentes compuestos preparados en la etapa anterior. Se evaluará las propiedades eléctricas y opto-mecánicas de los materiales impresos introduciendo el uso de electrómetros, potenciómetros y espectroscopia fluorescente.

A continuación, se enseñará el funcionamiento de nanogeneradores piezoeléctricos para la captación de energía mecánica usando algunas de las estructuras impresas. Por otro lado, se diseñará sensores ópticos de fuerza basándose en el efecto mecanoluminiscente. Se comprobará la influencia del diseño impreso sobre el rendimiento de los dispositivos. Finalmente, se llevará a cabo el estudio de la biodegradabilidad de los dispositivos mediante procesos de degradación en fluido fisiológico. Para ello, se analizará la evolución de sus propiedades en fluido corporal simulado a 37 °C, así como su respuesta funcional en función del tiempo de inmersión. El objetivo es evaluar la estabilidad y el ciclo de vida de estos materiales en aplicaciones biomédicas.

El programa de formación incluye técnicas de caracterización físico-química de los materiales a fin de procurar una formación integral en las metodologías en investigación de materiales. El/la estudiante conocerá las técnicas de caracterización idóneas como XRD, FT-IR, DSC, UV-Vis, PL, SEM/TEM para analizar los materiales.

Electrónica flexible y sostenible mediante cristalización a baja temperatura por química en disolución

ICMM-18. Iñigo ibretos@icmm.csic.es Oferta preferente titulaciones:
Bretos Química e Ingeniería Química
Ullivarri

El presente plan de formación tiene como objetivo explorar y validar nuevas estrategias de cristalización de óxidos metálicos basadas en química en disolución para la fabricación de dispositivos electrónicos a la menor temperatura posible (<350 °C). Esta drástica reducción de la temperatura frente a los procesos convencionales (>600 °C) representa una ventaja clave tanto en términos de sostenibilidad —al disminuir el consumo energético y, en consecuencia, la huella de carbono y el coste del proceso— como de tecnología digital, al facilitar la integración directa de materiales avanzados en sistemas electrónicos flexibles, ligeros y deformables, más allá del silicio rígido tradicional. Para ello, se investigarán enfoques emergentes basados en ingeniería molecular, sonoquímica, fotoquímica, termoquímica y magnetoquímica. El plan contempla el desarrollo de competencias multidisciplinares en ciencia y tecnología de materiales, incluyendo: (i) la síntesis química de disoluciones precursoras, (ii) el procesado avanzado de láminas delgadas, (iii) su integración en dispositivos electrónicos flexibles, (iv) la caracterización fisicoquímica y (micro)estructural de los materiales obtenidos, y (v) la evaluación de propiedades eléctricas en dispositivos tipo memoria y sensor. El/La candidato/a aprenderá además a desenvolverse en un entorno de Sala Blanca, adquiriendo destreza en el manejo de herramientas y técnicas como sonicadores de alta intensidad, lámparas de excímero UV y sistemas de calentamiento rápido, entre otras. Complementariamente, recibirá formación en diseño de experimentos, análisis de datos, comunicación de resultados, redacción académica, revisión bibliográfica, y asistencia a seminarios y talleres científicos. Este plan no solo busca facilitar la iniciación de estudiantes de Máster en la investigación, sino también contribuir a su formación en el desarrollo de tecnologías digitales más sostenibles, eficientes y adaptables a la electrónica del futuro.

Diseño y síntesis de materiales orgánicos e híbridos porosos multifuncionales para aplicaciones catalíticas y nanotecnológicas

ICMM-19. M^a Marta Iglesias Hernández
marta.iglesias@icmm.csic.es
Oferta preferente titulaciones: Química e Ingeniería Química

El proyecto se centra en el diseño y preparación de nuevas estructuras orgánicas e híbridas porosas dotadas de funciones activas distribuidas de manera controlada en toda la red. Estas arquitecturas actúan como plataformas versátiles para desarrollar materiales funcionales mediante métodos de síntesis optimizados y sostenibles, que permitan controlar el crecimiento de las redes y la posición de los centros activos. La preparación de materiales híbridos orgánico inorgánicos constituye un enfoque multidisciplinar que conecta ambos tipos de materiales, integrando y amplificando sus propiedades distintivas dentro de una misma estructura.

El proyecto tiene tres objetivos principales. (i) síntesis de elementos funcionales, incluyendo espaciadores orgánicos y monómeros orgánico-inorgánicos multifuncionales, así como unidades con actividad organocatalítica; (ii) la exploración de la síntesis de redes porosas puramente orgánicas y órgano-metálicas mediante metodologías innovadoras y sostenibles; y (iii) la validación de los nuevos materiales en aplicaciones catalíticas y nanotecnológicas.

En particular, los materiales desarrollados se evaluarán en procesos catalíticos heterogéneos orientados a la valorización de biomasa y CO₂ como materias primas para la obtención de productos de alto valor añadido, procesos fotocatalíticos de producción de H₂O₂ y amoníaco, acompañadas de estudios avanzados de caracterización.

Microscopía de fuerzas controlada por inteligencia artificial para energía y salud

ICMM-20.	Ricardo García García	r.garcia@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física; Química e Ingeniería Química; Ingeniería de Materiales
----------	-----------------------------	------------------	---

El proyecto plantea una introducción al desarrollo de métodos de inteligencia artificial que amplíen las capacidades de los de microscopios de fuerzas del futuro para aplicaciones en ciencias de la vida y de los materiales. El proyecto tiene como objetivo superar drásticamente los límites de resolución espacial, identificación química y velocidad de generación de imágenes de la microscopía de fuerzas en entornos líquidos y electroquímicos. El instrumento se utilizará para abordar problemas relevantes en el almacenamiento de energía y la medicina molecular.

El plan formativo consta de cinco ejes.

1. Introducción a la microscopía de fuerzas y sus aplicaciones en materiales para la salud y la energía. Introducción a métodos de inteligencia artificial.
2. Incorporación a un grupo líder mundial en su campo y que mantiene contactos frecuentes con científicos de otros países (visitas y reuniones virtuales).
3. Participación en las reuniones semanales del grupo
4. Asistencia a seminarios formativos (presenciales y virtuales) en los ámbitos de la materia y la vida. El grupo de investigación participa en una conexión CSIC (Nanomedicina) en una red nacional (mec2bio) y en varios proyectos europeos (Piezo4Spine (vida), NanoRAM (energía), LESIA (energía) y SPM 4.0 (vida).
5. Introducción a un problema científico específico: El desarrollo de métodos de inteligencia artificial para la microscopía de fuerzas y sus aplicaciones en materiales para la salud y para la energía.



CSIC

Electrónica superconductora basada en el efecto Josephson

ICMM-21. Rubén ruben.seoane@csic.es Oferta preferente titulaciones:
Seoane Física e Ingeniería Electrónica
Souto

La electrónica moderna se basa en dispositivos semiconductores capaces de controlar el flujo de corriente eléctrica mediante componentes como diodos y transistores. Sin embargo, a medida que se nuestra sociedad se vuelve más dependiente de la electrónica, el consumo energético y la disipación de calor se convierten en problemas críticos. En este contexto, la electrónica superconductora ofrece una alternativa atractiva al permitir el transporte de corriente sin disipación mediante supercorriente. En los últimos años se ha producido un avance notable con la demostración de diodos superconductores, dispositivos capaces de rectificar supercorriente (conducción preferente en una dirección) sin pérdidas. Motivados por este desarrollo, el objetivo de esta beca es explorar la posibilidad de extender esta funcionalidad hacia el elemento más importante de la electrónica: el transistor, proponiendo un diseño basado en uniones superconductoras de tres terminales que actúe como un análogo superconductor del transistor bipolar.



CSIC

Ingeniería de sensores de grafeno: dispositivos de respuesta ultrarrápida y sensibilidad attomolar

ICMM-22.	Irene Palacio Rodríguez	i.palacio@csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física; Química e Ingeniería Química; Ingeniería de Materiales
----------	-------------------------------	-------------------	---

El proyecto se centra en el desarrollo de sensores portátiles avanzados mediante transistores de efecto de campo de grafeno (g-FET) para la detección ultrasensible, rápida y no invasiva de patógenos y/o contaminantes. Mediante la combinación de superficies de grafeno funcionalizadas físicamente con electrónica de bajo coste, el proyecto busca ofrecer soluciones de diagnóstico en tiempo real en el punto de atención. El estudiante participará en trabajos tanto experimentales como computacionales: caracterización eléctrica de g-FET, funcionalización covalente de grafeno mediante UHV, adquisición y detección de señales, diseño y fabricación de PCB a medida, e implementación de algoritmos para la eliminación de ruido de señales, la extracción de características y la clasificación automatizada. La investigación se llevará a cabo en el ICMM-CSIC, un centro altamente interdisciplinario, aprovechando instalaciones de nanofabricación de vanguardia, laboratorios bioquímicos y de UHV. La formación abarcará nanociencia, física de superficies y electrónica. Esta es una oportunidad única para trabajar en la intersección de la ciencia de materiales, la nanotecnología y la electrónica avanzada.

Diseño de Interferómetros Térmicos en Materiales 2D: Controlando la Dualidad Onda-Partícula del Calor

ICMM-23. José guilherme.vilhena@csic.es Oferta preferente titulaciones:
Guilherm Física
e Vilhena

El Concepto: Del Caos Difusivo al Orden Ondulatorio

La intuición clásica (Ley de Fourier) nos dice que el calor fluye de forma desordenada. Sin embargo, a la nanoescala, esta intuición falla: los portadores de calor (fonones) pueden mantener su coherencia de fase [Nature Materials, 2025].

Esto abre una posibilidad fascinante: tratar el calor como tratamos la luz. Si el calor se comporta como una onda, deberíamos ser capaces de generar interferencias. Rescatando nuestra intuición: imagina tirar dos piedras en un estanque tranquilo; las ondas interactúan creando zonas de calma y zonas de gran amplitud. ¿Podemos hacer lo mismo con el calor?

El Proyecto: Twistrónica como Lente Térmica. La respuesta podría estar en la Twistrónica (la física de rotar capas atómicas, ej. grafeno sobre grafeno). Al rotar dos capas, el patrón de Moiré resultante actúa como un potencial periódico gigante. Exploraremos teóricamente si este patrón puede actuar como una "red de difracción" para los fonones, permitiéndonos filtrar, enfocar o bloquear el calor mediante pura interferencia, sin barreras físicas.

Metodología: ¿Qué harás? Buscamos un estudiante con gusto por la física fundamental y el rigor matemático. El trabajo combina: Simulación Computacional: Dinámica Molecular de No-Equilibrio en superordenadores para modelar el transporte real. Desarrollo Analítico: Generalizarás los hallazgos utilizando Funciones de Green y el formalismo de Landauer, estableciendo los cimientos teóricos de este nuevo transporte.

Objetivo: Diseñar el primer "interferómetro térmico" en materiales 2D.
Contacto: Si te interesa escribenos. Mas info en www.NanoTrib.com

[Ref] Phonon interference in single-molecule junctions. Nature Materials 24, 1258–1264 (2025)

**Estudio de electrolitos complejos tipo “crowded systems”
para almacenamiento de energía.**

ICMM-24. Concepción mcutierrez@icmm.csic.es Oferta preferente titulaciones:
n mferrer@icmm.csic.es Física e Ingeniería Química
Gutiérrez
y María
Luisa
Ferrer

El objetivo del Plan de formación es que el alumno/a adquiera capacitación en preparación y caracterización químico-física y electroquímica de electrolitos para sistemas de almacenamiento de energía. La propuesta se enmarca en el desarrollo de electrolitos complejos compuestos por mezclas de sales en medio acuoso y con la presencia adicional de uno o más co-disolventes. Estas mezclas se asemejan a los "crowded systems" típicos de organismos biológicos donde las propiedades del agua vienen marcadas por su participación en las complejas y composicionalmente variadas esferas de coordinación que presentan los iones de las sales en estos sistemas. La caracterización fisicoquímica de estos electrolitos se llevará a cabo mediante medidas de densidad y viscosidad, estudios de calorimetría, así como mediante espectroscopías Raman, infrarroja y RMN, entre otras. Posteriormente, se realizará un estudio electroquímico que comprenderá los experimentos típicos de caracterización de los sistemas de almacenamiento electroquímico de energía, tales como voltametría cíclica (CV), curvas de carga-descarga galvanostática (GCD), espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), etc.

Por último, se usará la información adquirida para seleccionar el dispositivo de almacenamiento de energía más adecuado (p.e., supercondensador, batería de ion Zn, ion Fe, o batería de flujo redox). Con este plan de formación se busca que el alumno/a siga todo el proceso de desarrollo de un electrolito para sistemas de almacén de energía, desde el diseño incluyendo parámetros de sostenibilidad hasta la evaluación de su rendimiento.



ICMM-25.	Pedro Serena	pserena@icmm.csic.es	Oferta preferente titulaciones: Física
----------	-----------------	----------------------	---

Contacto: Si te motiva el proyecto escríbenos. www.NanoTrib.com