

# Congreso Nacional de Física 2025

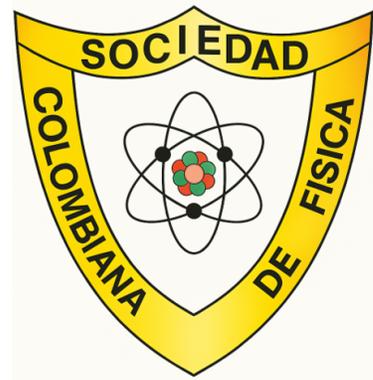
Libro de Resúmenes

Manizales, Colombia  
Octubre 2025





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES



**XXX Congreso Nacional de Física**  
Universidad Nacional de Colombia — Sede Manizales  
8–10 de octubre de 2025, Manizales, Colombia

## Libro de Resúmenes

**Director General del Congreso Congreso**

---

<b>Nombre</b>	Prof. Carlos Vargas Hernández
<b>Afiliación</b>	Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales
<b>País</b>	Colombia
<b>Contacto (opcional)</b>	cvargash@unal.edu.co

## Comité Organización y Logisitca Nacional

---

<b>Nombre</b>	<b>Afiliación</b>	<b>País</b>
<b>Adm. Paula B. Mejía P.</b>	Administrativa, Facultad Ciencias	Colombia
<b>Adm. Yesica Natalia Q.</b>	Dpto Administración Empresas/ Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Jerónimo Gil</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Juliana Cardona Serna</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Nasbleymith Alvarez C.</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Sofia Gonzales</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Jose L. Murcia</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Mariana Torres Rendo</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Ana Sofia Osorio</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Est. Ing. Fis. Juan Daniel Calderón</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia

## Comité Académico Nacional

---

<b>Nombre</b>	<b>Afiliación</b>	<b>País</b>
<b>Dr. Fabio Meza</b>	Ingeniería Química / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Dra. Alneira Cuellar</b>	Ingeniería Química / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Dr. Julio Cesar García A.</b>	Ingeniería Electrónica / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>MsC. Wilson Gonzales G.</b>	Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Dr. Roberto Martinez</b>	Depto Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Dr. Román Castañeda Sepúlveda</b>	Depto Física / Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín	Colombia
<b>Dr. Efraín Solarte</b>	Depto Física / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad del Valle	Colombia
<b>Dr. Ricardo Restrepo Arango</b>	Depto Física / Universidad EIA	Colombia
<b>Dr. Jairo Giraldo Gallo</b>	Depto Física / Universidad Nacional de Colombia	Colombia
<b>Dr. Jhon Jairo Barragán</b>	Depto Física / Universidad del Quindío, Armenia	Colombia

## Comité Académico Internacional

---

<b>Nombre</b>	<b>Afiliación</b>	<b>País</b>
<b>Dr. Manuel Melendrez.</b>	Dr. Manuel Melendrez Castro. Departamento de Biología y Química, Universidad de San Sebastián	Chile
<b>Dr. David Garzón Ramos</b>	Bristol Robotics Lab T-Block, UWE Frenchay Campus, Bristol BS16 1QY	United Kingdom
<b>Dr. Aaron Sánchez Juárez</b>	Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica, Instituto de Energías Renovables, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM	México
<b>Dr. Miguel Fuentes C.</b>	Northeastern University. Khoury College of Computer Sciences.	USA
<b>Ms.C. Marco Avellana C.</b>	Dr. Manuel Melendrez Castro. Departamento de Biología y Química, Universidad de San Sebastián	Chile
<b>Dr. Marcelo M. Mariscal.</b>	Departamento de Química Teórica y Computacional, Universidad Nacional de Córdoba	Argentina
<b>Dr. Juan Carlos Martínez.</b>	Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas.	México

# Índice general

<b>1</b>	<b>CONFERENCISTAS</b>	<b>15</b>
1.1	Tecnologías Fotovoltaicas Comerciales: Evolución y Tendencias – Dr. Aarón Sánchez Juárez . . . . .	15
1.2	Del origen de la Mecánica cuántica a los puntos cuánticos – J. C. Martínez Orozco	16
1.3	Neutron Reflectometry and Machine Learning Workflows – Miguel Fuentes-Cabrera	17
1.4	Improving the mechanical properties of nanomaterials – Marcelo M. Mariscal . .	18
1.5	Nanotecnología y Corrosión – Manuel Melendrez Castro . . . . .	19
1.6	Swarm Robotics – David Garzon Ramos . . . . .	20
<b>2</b>	<b>CHARLAS INVITADAS</b>	<b>21</b>
2.1	¿Y si la interferencia no fuera cuestión de ondas? – Román Castañeda . . . . .	21
2.2	Evaluación de la eficiencia de una malla curricular mediante simulaciones Monte Carlo – Alejandro P. Riascos . . . . .	22
2.3	Física Cuántica y Educación para el Siglo XXI – Jairo Giraldo Gallo . . . . .	23
2.4	Ciencia, tecnología e innovación en materiales basados en grafeno oxidado – Dr. Jhon Prías . . . . .	24
2.5	De la computación Clásica a la Computación Cuántica – Dr. Roberto Martínez .	25
2.6	Aplicaciones de los Puntos Cuánticos Semiconductores – Ricardo León Restrepo Arango . . . . .	26
<b>3</b>	<b>TALLERES Y MINICURSOS</b>	<b>27</b>
3.1	Criterios de Diseño en Sistemas Fotovoltaicos (Minicurso) – Dr. Aarón Sánchez Juárez . . . . .	27
3.2	Esfuerzos en Polímeros: Fundamentos y Aplicaciones – Dra. Almeria Cuellar y Dr. Fabio Meza . . . . .	29
3.3	Taller EMC: Electromagnetismo Computacional: Fundamentos teóricos y laboratorio práctico – Dr. Julio Cesar García Álvarez . . . . .	30
<b>4</b>	<b>ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA (AC)</b>	<b>31</b>
	Ponencias Orales . . . . .	31
AC001	Producción de materia oscura tipo FIMP en cosmologías no estándar . . . . .	32
AC003	Identificación de estructuras en el Universo a través del clustering de cuásares .	33
AC004	Efectos del ambiente en la acreción de masa y morfología galáctica . . . . .	34
AC013	Influencia del ambiente en la relación masa-metalicidad en galaxias con AGN . .	35
AC014	Caracterización morfológica de los brazos espirales en Galaxias de Disco de IllustrisTNG50 . . . . .	36
AC019	El Origen del Universo, las Partículas y la Materia Oscura en el Modelo Cosmológico de De Sitter . . . . .	37

AC025	Estructuras axialmente simétricas no estáticas inmersas en un universo $\Lambda$ CDM .	38
AC026	Impacto de la no esfericidad en los equilibrios del problema restringido de tres cuerpos . . . . .	39
AC029	Estudio de la evolución de inhomogeneidades en la distribución de materia del universo aplicado a la formación de estructuras cosmológicas . . . . .	40
AC030	Sepultamiento magnético por hiperacreción y reemergencia Hall–Ohm en magnetares milisegundo . . . . .	41
AC033	Trayectoria de partículas en un agujero negro de Bumblebee . . . . .	42
AC034	Observing the eye of the storm: testing regular black holes with LVK and EHT observations . . . . .	43
<b>5</b>	<b>ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA (AC)</b>	<b>45</b>
	Presentación Poster . . . . .	45
AC007	Tratamiento numérico de la inestabilidad Kelvin–Helmholtz bajo el marco de la RRMHD . . . . .	46
AC008	Construcción de un radiotelescopio para analizar el Sol en la banda de 12 GHz .	47
AC010	Exploración de estructuras cósmicas a través de <i>clustering</i> no supervisado de BCGs . . . . .	48
AC015	Estudio Numérico de Jets Relativistas en el Marco de la RRMHD . . . . .	49
AC016	Estudio de la dispersión de ondas de radio en el núcleo galáctico activo NGC 6334B . . . . .	50
AC017	Mapeando condiciones termodinámicas para la aguabilidad subsuperficial en Marte	51
AC021	Agujeros negros súper masivos y su influencia en la dinámica galáctica . . . . .	52
AC024	Validación de dos planetas terrestres orbitando la estrella GJ1002 . . . . .	53
AC031	Acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton alrededor de agujeros negros . . . . .	54
AC036	De la dimensionalidad a la emisión: un enfoque algebraico para agujeros negros .	55
AC038	Efecto de las colisiones en la propagación de ondas MHD en plasmas parcialmente ionizados . . . . .	56
<b>6</b>	<b>ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN (ED)</b>	<b>57</b>
	Ponencias Orales . . . . .	57
ED002	Dificultades de estudiantes universitarios en la interpretación de gráficas de cinemática . . . . .	58
ED003	El problema de los tres cuerpos como estrategia didáctica: modelación, simetría y simulación . . . . .	59
ED005	Impresión 3D como Herramienta para la Física . . . . .	60
ED006	La Magia de la Ciencia: Luz, Color y Curiosidad . . . . .	61
ED008	Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” . . . . .	62
ED013	Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT . . . . .	63
ED014	Laboratorio STEAM con objetos cotidianos: una experiencia del Museo de la Ciencia y el Juego de la Universidad Nacional de Colombia . . . . .	64
ED015	Orígenes del Concepto Ondulatorio del Electrón antes de Louis de Broglie . . . . .	65
<b>7</b>	<b>ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN (ED)</b>	<b>67</b>
	Ponencias Poster . . . . .	67

ED004	Estudio computacional autoconsistente de un modelo unidimensional tipo DFT: implementación en C++ y análisis de condiciones iniciales para la densidad electrónica . . . . .	68
ED010	Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física	69
ED012	Misión Radiactiva . . . . .	70
<b>8</b>	<b>ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (EMA)</b>	<b>71</b>
	Ponencias Orales . . . . .	71
EMA001	Estudio catalizadores de alúmina-níquel . . . . .	72
EMA004	ESIPT in 2-(1H-phenanthro[9,10-d]imidazol-2-yl)phenol in solution: Insights from <i>Ab Initio</i> Molecular Dynamics . . . . .	73
EMA007	Diagnóstico de Eficiencia Energética y Diseño de Estrategias en la UNAL Sede La Paz . . . . .	74
EMA013	Fortaleciendo la radiometría nacional: comparación de métodos de corrección por autoabsorción en espectrometría gamma . . . . .	75
EMA021	DFT-Based Investigation of CO <sub>2</sub> Adsorption on Graphene and Graphene Oxide Structures . . . . .	76
EMA022	Instrumentación de un banco de pruebas para la evaluación térmica de colectores solares planos . . . . .	77
<b>9</b>	<b>ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (EMA)</b>	<b>79</b>
	Ponencias Poster . . . . .	79
EMA008	Biochar ferromagnético de residuos agrícolas de Dominico-Hartón para la remoción de colorantes contaminantes de agua . . . . .	80
EMA010	Síntesis de partículas de Carbon Black y su influencia como reemplazo parcial del cemento . . . . .	81
EMA012	Numerical Solution of the Swing Equation for Transient Stability Analysis of a Synchronous Generator . . . . .	82
EMA020	Measurements of CO <sub>2</sub> capture from pollutant gases generated by internal combustion engines in graphene-based materials . . . . .	83
EMA022	Tratamiento de aguas mieles usando nanopartículas de CaO obtenidas por precipitación controlada . . . . .	84
<b>10</b>	<b>FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN (FAI)</b>	<b>85</b>
	Ponencias Orales . . . . .	85
FAI001	Prototipo de Medición de Radiación Ionizante . . . . .	86
FAI002	Sistema experimental de validación usando un dispositivo digital de microespejos	87
FAI003	Validación de información basada en un correlador de transformada conjunta y un modulador espacial de luz . . . . .	88
FAI004	Microscopía Holográfica Digital usando Componentes Accesibles y de Bajo Costo	89
FAI005	Medición de Mapa de Dosis en Radiología Clínica con el Detector Triple-GEM .	90
FAI006	Propiedades OSL en Microdiamantes HPHT Comerciales Expuestos a Radiación Beta y Tratamientos Térmicos Acumulativos . . . . .	91
FAI007	Propiedades luminiscentes de aluminatos de estroncio dopados con Eu <sup>2+</sup> y Nd <sup>3+</sup> , Dy <sup>3+</sup> bajo radiación beta . . . . .	92
FAI009	Optimización de campos ópticos complejos para la generación no iterativa de hologramas de fase . . . . .	93

FAI014	Estudio experimental de propiedad magnética en dos tipos de arenas negras del departamento del Huila . . . . .	94
FAI016	Computational Study of Airfoil Icing on NACA 0024: A CFD Approach with ANSYS . . . . .	95
FAI017	Determinación experimental de la conductividad térmica de tres tipos de arcillas del departamento del Huila . . . . .	96
FAI019	Prototipado de un transiluminador (Dark Reader) eficiente y a bajo costo . . . . .	97
FAI023	Corrección de errores cuadrupolares con el método de Salto de Acción y Fase en las regiones de interacción del Futuro Colisionador Circular o FCC . . . . .	98
FAI024	Medida de la distancia focal para los colores RGB . . . . .	99
FAI027	Ice accretion on a NACA 4415 airfoil . . . . .	100
FAI028	Chemical treatments to improve electrical performance of Silver Nanowire Transparent Electrodes . . . . .	101
FAI030	Análisis comparativo entre el método convencional y el método APJ usando simulaciones MAD-X . . . . .	102
FAI031	Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física	103
FAI032	Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones . . . . .	104
FAI048	Diseño de un sensor de temperatura basado en la emisión de fluorescencia de la Sulforadamina B . . . . .	105
FAI051	Cuantificación óptica de viabilidad celular en ensayos MTT mediante el sensor RGB TCS3200 . . . . .	106
FAI055	Síntesis por combustión en solución de $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ y efecto de KCl en la respuesta sensora . . . . .	107
FAI064	Diseño de accesorio portable para el cambio de dimensiones en tubería PVC empleando fricción y transferencia de energía calórica en su estructura . . . . .	108
FAI065	Espectrometría de radiación gamma y eficiencia de detector (GeHP) a distancia variable de radionúclido $^{60}\text{Co}$ . . . . .	109
FAI073	Análisis y validación de la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE mediante banco de pruebas en el experimento DUNE . . . . .	110
FAI076	Adherencia de recubrimientos de DLC con intercapas de Si y Ti usando precursores líquidos . . . . .	111
FAI080	Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE . . . . .	112
<b>11</b>	<b>FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN (FAI)</b>	<b>113</b>
	Ponencias Poster . . . . .	113
FAI008	Reproducción del método APJ para calibración de BPMs y corrección de cuadrupolos en el LHC . . . . .	114
FAI013	Efecto del litio en la respuesta termoluminiscente del óxido de magnesio dopado con lantánidos sintetizado por reacción de estado sólido . . . . .	115
FAI015	Efecto de (Sm, Gd) en las propiedades estructurales y morfológicas del sistema $(\text{Gd,Sm})\text{In}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ . . . . .	116
FAI018	Producción de películas nanoestructuradas con aplicación en dispositivos flexibles	117
FAI022	Caracterización estructural de catalizadores metal/zeolita mediante imágenes 3D y microscopía de alta resolución . . . . .	118
FAI026	Diseño y Construcción del Primer Telescopio de Muones Atmosféricos de la Universidad de Antioquia . . . . .	119
FAI047	Preparación y Caracterización de Biocueros en base a Almidón y Borra de Café	120

FAI052	Efecto de la polaridad de los puntos de carbono en la interacción con bacterias Gram-negativas y Gram-positivas . . . . .	121
FAI053	Influencia del grado de madurez de la cáscara de naranja en las propiedades ópticas de puntos de carbono obtenidos por síntesis hidrotermal . . . . .	122
FAI057	Estudio de la aproximación de masas efectivas del grafeno prístino afectado por la distorsión Kekulé-Y . . . . .	123
FAI061	Paleomagnetic Dating of Volcanic Products: a Case Study of Cerro Bravo Volcano, Colombia . . . . .	124
FAI063	Análisis fotocatalítico de la degradación de rodamina B con puntos de carbono derivados de biomasa . . . . .	125
FAI066	Pruebas de oclusión y ruido aplicadas a la imagen encriptada de un sistema de encriptación para la autenticación de tres imágenes . . . . .	126
FAI067	Estudio experimental de la sensibilidad del receptor IR VS1838B debido a variaciones de frecuencia . . . . .	127
FAI070	Tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop . . . . .	128
FAI072	Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetosurfactantes de $[\text{Co}(\text{trien})(\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{NO})]\text{Cl}_2$ por química verde . . . . .	129
FAI077	Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial . . . . .	130
FAI079	Implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo para la medición de ondas cerebrales . . . . .	131
FAI081	Optimización de un proceso de producción de nanocristales de óxido de zinc, aplicando un diseño de experimentos de Taguchi . . . . .	132
<b>12</b>	<b>FÍSICA COMPUTACIONAL (FC)</b>	<b>133</b>
	Ponencias Orales . . . . .	133
FC004	Examinando la influencia del ENSO en la hidroclimatología de la región interandina de Colombia mediante análisis de redes complejas . . . . .	134
FC005	Integración simpléctica y caracterización del caos en un péndulo doble con fricción tipo Stokes . . . . .	135
FC008	Simulación de un péndulo real mediante integración de Verlet . . . . .	136
FC025	Dinámica y termodinámica de un sistema Jaynes–Cummings estimulado por láser	137
FC026	Extensión del modelo de opinión tipo Potts bajo medios masivos: efectos de un ruido social dinámico . . . . .	138
FC032	Modelado de la Cinética de Adsorción de Metales Pesados en Agua Mediante Simulación Monte Carlo Cinético (kMC) y Machine Learning Basado en Optimización Bayesiana . . . . .	139
FC038	Desplazamientos de fase por dispersión neutrón-protón . . . . .	140
FC041	Cálculo de Vida media en la Desintegración alfa Usando Formulas semi-empíricas y la Aproximación WKB . . . . .	141
FC047	Estudio comparativo del comportamiento micromagnético de una nanopartícula bajo campos magnéticos oscilantes y rotantes . . . . .	142
FC048	Guía metodológica para el desarrollo de software científico con estándares de calidad . . . . .	143
FC052	Método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo en dos dimensiones para campos electromagnéticos: implementación paralela en CPU y GPU . . . . .	144
FC054	Simulación de Espectros UV-Vis en Estructuras de Grafeno Oxidado . . . . .	145

<b>13 FÍSICA COMPUTACIONAL (FC)</b>	<b>147</b>
Ponencias Poster . . . . .	147
FC001 Algoritmos para ampliación de profundidad de campo y campo de visión en microscopía óptica robotizada . . . . .	148
FC007 Caracterización de las propiedades microfísicas de precipitación en la región interandina . . . . .	149
FC009 Dinámica caótica y escape en billares abiertos: simulación de hasta dos partículas con colisiones elásticas . . . . .	150
FC010 Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD	151
FC013 Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP	152
FC022 OpenMP, Pthreads o MPI: Evaluación de Rendimiento en Simulaciones de Sistemas de N-Cuerpos . . . . .	153
FC027 Ultrafast Laser Parameters Optimization through Machine Learning Techniques	154
FC039 Dinámica de sincronización en redes de conectividad cerebral: una aproximación con el modelo de Kuramoto . . . . .	155
FC043 Soluciones libres de malla a problemas de fenómenos de transporte . . . . .	156
FC050 Hacia la mejora de la calidad del software científico: propuesta metodológica evaluada en contextos formativos . . . . .	157
FC053 Estudio computacional de estados magnéticos en nanodiscos con interacción Dzyaloshinskii–Moriya . . . . .	158
FC057 Entre Peones y Partículas: Mecánica Estadística del Ajedrez . . . . .	159
<b>14 FÍSICA FUNDAMENTAL (FF)</b>	<b>161</b>
Ponencias Orales . . . . .	161
FF001 Systematic study of the structure of $b$ and $b^-$ jets at low $PT$ . . . . .	162
FF003 La Eikonal como Puente a la Ecuación de Schrödinger: Límite Clásico y Aproximación JWKB . . . . .	163
FF004 Estado actual de las anomalías $R(D)$ y $R(D^*)$ y su interpretación en términos de nueva física . . . . .	164
FF005 Descripción teórica de osciladores paramétricos ópticos en el dominio de la frecuencia . . . . .	165
FF008 Synchronization in dynamical networks with general diffusive coupling: an extension of the Master Stability Function . . . . .	166
FF014 Producción de fermiones estériles por up-scattering en experimentos de $CE\nu NS$	167
FF015 Formulación espectral de Fourier de orden fraccionario para el espacio de Minkowski . . . . .	168
FF022 Exploración de $CE\nu NS$ con neutrinos de reactor en RED-100 y perspectivas sobre interacciones no estándar . . . . .	169
FF025 Simetría Hiperbólica en la Relatividad Especial: Una Visualización a través de los Diagramas de Minkowski Haciendo uso de Geogebra® . . . . .	170
FF026 Corrección a la masa del pion neutro mediante el modelo sigma en un campo magnético . . . . .	171
<b>15 FÍSICA FUNDAMENTAL (FF)</b>	<b>173</b>
Ponencias Poster . . . . .	173
FF007 Operador de fase cuántica en el formalismo de la transformación de Fourier Fraccionaria . . . . .	174

FF024	Análisis del espectro de decaimiento beta del tritio en KATRIN para establecer límites sobre los parámetros de neutrinos estériles . . . . .	175
<b>16</b>	<b>FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA (FMB)</b>	<b>177</b>
	Ponencias Orales . . . . .	177
FMB003	Construcción de una cámara de electroforesis a bajo costo, y notas sobre su ensamblaje . . . . .	178
FMB004	Evaluación mecánica en compresión de andamios porosos de Quitosano-Hidroxiapatita para aplicaciones en regeneración ósea . . . . .	179
FMB006	Factores de corrección geométrica para calibración de cámaras de pozo mediante simulación Monte Carlo . . . . .	180
FMB007	Hacia una definición física del dolor: ¿cómo se relaciona con la percepción de la información? . . . . .	181
FMB008	Características Termoluminiscente (TL) del óxido de Berilio (BeO) en un Rango de baja Dosis . . . . .	182
FMB009	Características termoluminiscentes (TL) de esmeraldas colombianas . . . . .	183
FMB010	Evaluación de las Dosis Ocupacionales en la Preparación, Dispensación y Transporte de Radiofármacos marcados con TC-99M . . . . .	184
FMB013	Detección de sobreexpresión de receptores de folato en muestras cervicales mediante un biosensor capacitivo de titanio . . . . .	185
FMB014	Análisis del efecto en la densidad de estados (DOS) de nanotubos de dióxido de titanio $TiO_2$ funcionalizados con ácido fólico . . . . .	186
<b>17</b>	<b>FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA (FMB)</b>	<b>187</b>
	Ponencias Poster . . . . .	187
FMB011	La Forma del Eritrocito como Consecuencia de la Minimización de la Energía de Curvatura de la Membrana en Condiciones Isotónicas . . . . .	188
FMB016	Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP . . . . .	189
FMB021	Caracterización de axiote y espinaca como pigmentos naturales usados en celdas DSSC: estabilidad y degradación . . . . .	190
<b>18</b>	<b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES (IATE)</b>	<b>191</b>
	Ponencias Orales . . . . .	191
IATE001	Segmentación retiniana asistida por inteligencia artificial: redes neuronales aplicadas al diagnóstico ocular . . . . .	192
IATE004	Aplicación de redes neuronales ortogonales en la aproximación numérica de la ecuación de Bagley-Torvik . . . . .	193
IATE006	Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales . . . . .	194
IATE008	Inferencia de parámetros físicos en nanodiscos magnéticos mediante redes neuronales profundas . . . . .	195
IATE010	Modelado QSAR asistido por Machine Learning como potenciales inhibidores de la proteína ROP18 en <i>Toxoplasma gondii</i> . . . . .	196
IATE011	Efecto de los parámetros de diseño en la resistencia a compresión de biocompuestos impresos en 3D . . . . .	197
IATE012	Propiedades Físicas, Mecánicas y Tribológicas de Biocompuestos Impresos en 3D Mediante Deposición Fundida de Filamentos . . . . .	198

IATE024 Efecto del reinicio estocástico en el tiempo de sincronización del modelo de Kuramoto en redes . . . . .	199
IATE026 PIRIS: Modelo de inteligencia artificial físicamente informado para simular adsorción a nanoescala . . . . .	200
<b>19 INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES (IATE)</b>	<b>201</b>
Ponencias Poster . . . . .	201
IATE002 Desarrollo de un módulo de análisis de Lengua de Señas Colombiana con aprendizaje por refuerzo aplicado a contextos educativos . . . . .	202
IATE014 SURYA: Un modelo base para la investigación en heliofísica . . . . .	203
IATE016 Evaluación comparativa de redes neuronales para detección de fibrilación auricular con métricas tradicionales y complementarias . . . . .	204
IATE025 Implementación de un Clasificador Cuántico en Sistemas de Espines con Modelado de Ruido Coherente y Cuántico . . . . .	205
IATE027 Caracterización colorimétrica de imágenes de parásitos de malaria mediante preprocesamiento y técnicas de <i>clustering</i> basadas en inteligencia artificial . . . . .	206
IATE028 Imputación de variables térmicas y magnéticas en aleaciones NiMnGa mediante machine learning con validación multisevilla . . . . .	207
<b>20 MATERIA CONDENSADA (MC)</b>	<b>209</b>
Ponencias Orales . . . . .	209
MC003 Propiedades térmicas de membranas poliméricas de quitosano y $H_3PO_2$ . . . . .	210
MC004 Conductividad iónica de membranas poliméricas de quitosano y $H_3PO_2$ . . . . .	211
MC016 Pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs en ambiente dieléctrico: Propiedades ópticas y efectos del campo eléctrico . . . . .	212
MC017 Estudio estructural, morfológico, óptico, térmico y magnético del Rutenato de Neodimio . . . . .	213
MC020 Evaluación estructural, térmica y magnética de una perovskita ortorrómbica con posibles características altermagnéticas . . . . .	214
MC021 Propiedades ópticas no lineales de puntos cuánticos esféricos biofuncionalizados de InP/ZnS . . . . .	215
MC022 Efectos de la composición química en las propiedades optoelectrónicas de un punto cuántico elipsoidal GaAs/AlGaAs con campo eléctrico aplicado . . . . .	216
MC024 Propiedades Estructurales y Electrónicas de la Monocapa de GaSe: Un Estudio Mediante DFT . . . . .	217
MC028 Síntesis, caracterización estructural y propiedades magnetoeléctricas del sistema $Sr_{2,68}Tr_{1,32}Mn_{0,64}Ti_{2,68}Fe_{0,68}O_{12}$ (Tr=Nd, Sm) con comportamiento ferromagnético-semiconductor . . . . .	218
MC031 Crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos de Ni/Si(100) mediante CVD acoplado a espectroscopía XPS . . . . .	219
MC033 Producción y caracterización de dispositivos emisores de luz roja basados en compuestos semiconductores orgánicos . . . . .	220
MC039 Síntesis sostenible y caracterización de óxido de grafeno para potenciales aplicaciones en sensado óptico . . . . .	221
MC053 Efecto de impurezas de Gadolinio en las propiedades estructurales y electrónicas del óxido de zinc (ZnO) mediante simulaciones en DFT . . . . .	222
MC055 Síntesis y caracterización de un biopolímero a base de almidón de yuca, CNSL y DAP . . . . .	223

MC058	Semimetal de Weyl como espejo perfecto para ondas electromagnéticas incidentes en la configuración de Voigt . . . . .	224
MC066	Green Plant Extract-Mediated Synthesis of Gold Nanoparticles for SERS-Based Detection of Pyridoxine . . . . .	225
MC071	Estudio de defectos puntuales en AlN mediante primeros principios (DFT) para aplicaciones en tecnologías cuánticas . . . . .	226
MC073	Espectros de transmisión de un cristal fotónico 1D ( $BaTiO_3/Y_2O_{3N}$ )/G/ $Y_2O_3$ /G/( $BaTiO_3/Y_2O_{3N}$ ) con defectos de grafeno y potencial aplicación en sensores multispectrales . . . . .	227
MC077	Control estequiométrico de las propiedades ópticas no lineales en cables cuánticos helicoidales $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ : perspectivas sobre las dependencias composicionales, geométricas y del campo electromagnético . . . . .	228
MC088	Aplicaciones de metasuperficies plasmónicas autocomplementarias . . . . .	229
MC090	Análisis de la Estructura Electrónica del Superconductor $YBa_2Cu_3O_7$ Usando la Teoría del Funcional Densidad . . . . .	230
MC092	Efectos de la geometría, el tipo de borde y el campo magnético sobre las propiedades electrónicas de puntos cuánticos de grafeno . . . . .	231
MC096	Energía de enlace de excitones confinados en un punto cuántico esférico de $GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs$ , bajo presión hidrostática . . . . .	232
MC097	Caracterización de un caucho natural comercial proveniente de Victoria, Caldas	233
MC100	Efectos del álgebra con paridad deformada en las características topológicas y geométricas en el modelo de Jaynes-Cummings disipativo . . . . .	234
MC104	Estudio de Fotoimpedancia con Cálculo Fraccional en Tintas Semiconductoras de Grafeno y Chalcona . . . . .	235
MC105	Optical properties of metallic nanoparticles embedded in a cellulose matrix . . . . .	236
MC106	Impacto de la asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados . . . . .	237
MC107	Control Magnético de un sistema molecular de puntos cuánticos inmersos en una cavidad óptica . . . . .	238
MC112	Formation of Point Defects Due to Aging under Natural Conditions of Doped GaAs . . . . .	239
<b>21</b>	<b>MATERIA CONDENSADA (MC)</b>	<b>241</b>
	Ponencias Poster . . . . .	241
MC001	Caracterización colorimétrica de imágenes de parásitos de malaria mediante pre-procesamiento y técnicas de <i>clustering</i> basadas en inteligencia artificial . . . . .	242
MC002	Síntesis, análisis cristalográfico, morfológico y magnético del material $LaSr(Bi, Mn)FeO_6$ . . . . .	243
MC007	Supresión de las oscilaciones Aharonov–Bohm en nanoanillos semiconductores: el rol del tunelamiento cuántico . . . . .	244
MC008	Estudio de las propiedades magnéticas y estructurales del sistema $Fe_{50}Al_{50-x}B_x$ obtenido por aleamiento mecánico . . . . .	245
MC009	Estudio de las propiedades estructurales y magnéticas del sistema $Fe_3Sn_{1-x}Sm_x$	246
MC010	Estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema $Fe_{100-x}Ni_x$ obtenido por aleamiento mecánico . . . . .	247
MC012	Mejoramiento de la inyección de huecos al interior de dispositivos OLED . . . . .	248
MC013	Aislantes Topológicos desde la Teoría y la Simulación: Un Estado del Arte con Materiales $(Sb, Bi)_2(Se, Te)_3$ . . . . .	249

MC014	Conductividad Hall Cuántica como Invariante TKNN y Espectro Fractal de la Mariposa de Hofstadter . . . . .	250
MC018	Interacciones moleculares en membranas de PMMA/ $H_3PO_2$ con cisco de café y su efecto en la conductividad iónica . . . . .	251
MC019	Análisis estructural de membranas poliméricas sintetizadas a partir de almidón de arroz, LiTFSI y chítosan . . . . .	252
MC023	Librería de Alto Rendimiento para Cálculos de Estructura Electrónica: Aplicación en Nuevas Antiperovskitas Laminares Termoeléctricas . . . . .	253
MC030	Desorden estructural y su impacto en los estados electrónicos de clústeres hexagonales de puntos cuánticos . . . . .	254
MC032	Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición . . . . .	255
MC035	Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ Quantum Well . . . . .	256
MC037	Estudio Riguroso de los Estados Electrónicos y la Absorción Óptica en Puntos-Anillo Cuánticos Acoplados de GaAs/AlGaAs . . . . .	257
MC038	Synthesis and structural, morphological, and optical characterization of sillenites of the type $Bi_{12}MO_{20}$ . . . . .	258
MC040	Optical response of electron states in parabolically graded $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ Quantum Wells . . . . .	259
MC044	Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos . . . . .	260
MC049	Análisis de $\varepsilon''(\omega)$ y $M''(\omega)$ en la Relajación Dieléctrica según KWWDN . . . . .	261
MC054	Análisis de muestras de óxido de zinc dopado con manganeso usando la técnica EPR . . . . .	262
MC056	Caracterización estructural del óxido de zinc dopado con cromo sintetizadas mediante el método sol-gel . . . . .	263
MC057	Análisis de parámetros cinéticos de la curva de brillo termoluminiscente de Alúmina (método de Kitis) . . . . .	264
MC068	Estudio de las Propiedades Estructurales y Electrónicas de Clústeres de Cobre Dopados con Rutenio $Cu_{N-1}Ru$ ( $N = 3-6$ ) . . . . .	265
MC086	Simulación de estructura de bandas del grafeno prístino afectado por perturbación . . . . .	266
MC093	Simulación de la Conductividad Electrónica en Grafeno con Patrón de Kekulé . . . . .	267
MC094	Control del gap en grafeno mediante campo eléctrico externo: una aproximación empleando el método de Kekulé . . . . .	268
MC095	Análisis Teórico de Oscilaciones Cuánticas dHvA en los Teluros cuasi-1D $TaTe_4$ y $NbTe_4$ . . . . .	269
MC099	Computational modeling of the optical properties of metallic nanoparticles for potential agricultural applications . . . . .	270
MC101	Interacción fonón-emisor y control de la superradiancia en sistemas fotónicos . . . . .	271
MC103	Estudio espectroscópico y electroquímico de derivados de chalcona y aminochalcona para aplicaciones en memorias orgánicas . . . . .	272
MC108	Extensión bidimensional del modelo de Kitaev en redes diatómicas: emergencia de múltiples modos de Majorana . . . . .	273
MC109	Bloqueo de fotones bajo canales de disipación en un sistema de dos cavidades y un punto cuántico . . . . .	274

# Capítulo 1

## CONFERENCISTAS

### 1.1. Tecnologías Fotovoltaicas Comerciales: Evolución y Tendencias

**Dr. Aarón Sánchez Juárez**

Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica Instituto de Energías Renovables  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### Resumen

En esta charla se abordarán temas relacionados con la evolución de la capacidad FV instalada en los mercados principales, así como la participación regional en dichos mercados; las tendencias en la investigación y desarrollo tecnológico para las diferentes tecnologías fotovoltaicas: silicio cristalino, silicio amorfo; calcogenuros de metal; arsenuro de galio; y las emergentes (perovskitas, orgánicas y de tintes). Se presentará además la evolución de la eficiencia de conversión para las diferentes tecnologías en los últimos 10 años y la comparación entre celdas y módulos fotovoltaicos. Se identifican las tendencias tecnológicas encontradas, así como las innovaciones introducidas para aumentar la eficiencia de conversión y que se espera para un futuro próximo.

Se analiza cuál es el mercado potencial por sector de uso, su tendencia para un futuro mercado y la participación de las diferentes tecnologías fotovoltaicas para dicho supuesto.

Se presenta cuál ha sido la tendencia en el decrecimiento del costo de la tecnología a la fecha actual en el mercado internacional; la oferta comercial de los diferentes fabricantes y aspectos relacionados con garantía, durabilidad y rendimiento.

Se identifican los aspectos a considerar para la selección adecuada de la tecnología fotovoltaica para proyectos específicos y que se espera en un futuro próximo sobre el desarrollo e innovación en los módulos fotovoltaicos.

## 1.2. Del origen de la Mecánica cuántica a los puntos cuánticos

**J. C. Martínez Orozco**

Universidad Autónoma de Zacatecas

Unidad Académica de Física, Zacatecas, México

### XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia

#### Resumen

En el marco de la celebración del Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica (AIQ), proclamado por la ONU, cuyo objetivo es sensibilizar sobre la importancia y el impacto de la ciencia cuántica y sus aplicaciones en distintos ámbitos de la vida, esta plática —aunque, desde luego, la misión planteada por la ONU es mucho más amplia— ofrecerá una revisión breve de lo que Luis de la Peña suele denominar “mecánica cuántica primitiva”. Se abordarán algunos aspectos fundamentales de la mecánica cuántica, para luego centrarse en la ecuación de Schrödinger y en su solución para el sistema cuántico de dos niveles, considerando perturbaciones dependientes del tiempo, con el fin de introducir los conceptos de absorción, emisión estimulada y emisión espontánea. Finalmente, dado que el tema se relaciona con las líneas de investigación del grupo de Física y Química Cuántica de los Nanomateriales (Universidad Autónoma de Zacatecas), se presentarán algunos de los resultados obtenidos, en particular aquellos referentes a puntos cuánticos, sus propiedades básicas y ejemplos de sus aplicaciones.

#### Palabras Clave

Puntos Cuánticos; Mecánica cuántica; Propiedades optoelectrónicas.

[jcmartinez@uaz.edu.mx](mailto:jcmartinez@uaz.edu.mx)

## 1.3. Neutron Reflectometry and Machine Learning Workflows

**Miguel Fuentes-Cabrera**

Northeastern University. USA

Khoury College of Computer Sciences.

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Neutron reflectometry (NR) is a unique characterization technique for studying the structure of thin films due to its high spatial resolution, non-destructive nature, and the sensitivity of neutrons to both isotopes and spin. Machine Learning techniques, on the other hand, provide the opportunity to analyze large amount of data and predict outcomes. Here we combine machine learning and NR data, both experimental and simulated data, in a series of workflows that enable predicting the structural parameters of thin polymer films from NR data, generating NR curves from Scattering Length Density profiles curves (and vice versa), and predicting the time evolution of NR data. As a toolkit, this set of workflows represent a step forward towards facilitating the analysis, interpretation, and prediction of NR signals, paving the road to automatization.

## 1.4. Improving the mechanical properties of nanomaterials

**Marcelo M. Mariscal**

INFIQC, CONICET, Departamento de Química Teórica y Computacional  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

### XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia

#### Resumen

The search for new composite nanomaterials with improved mechanical properties is crucial for advancing technology, improving sustainability, and creating new opportunities for innovation. The mechanical properties of a material determine its ability to withstand forces and stresses without breaking or deforming. In this sense, by improving the mechanical properties of nanomaterials, we can create stronger, more durable materials that can be used in a wide range of applications. In many applications, such as electronics and energy storage, the mechanical properties of the materials used can significantly affect their performance and durability. Therefore, by developing advanced materials with improved mechanical properties, we can enhance the performance of these devices. As such, research topics on the mechanical properties of nanoparticles (NPs) have become increasingly hot in recent years.

As it is very well known, metal NPs have a high surface area-to-volume ratio, which makes them ideal for catalysis and other surface-dependent applications. For that reason, by improving the mechanical properties of metal NPs, we can increase their stability and durability, allowing them to remain active for longer periods of time. Evenmore, the design of new materials with superior mechanical properties, can open up new applications, such as nanoelectromechanical systems (NEMS), which involve the integration of mechanical and electrical components on a nanoscale level.

In the present talk, we present an analysis of the structure and dynamics of metal NPs and nanocomposite under compression obtained from molecular dynamics simulations. We analyze the nucleation and nature of dislocations, and several mechanical properties. The theoretical predictions are put in contrast with existing experimental evidence.

#### Palabras Clave

Mechanical properties; nanoparticles; graphene; nanoalloys.

marcelo.mariscal@unc.edu.ar

## 1.5. Nanotecnología y Corrosión

**Manuel Melendrez Castro**

Departamento de Biología y Química, Universidad de San Sebastián, Chile

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

**Resumen**

**Palabras Clave**

mmelendrezc@gmail.com

## 1.6. Swarm Robotics

**David Garzon Ramos**

Bristol Robotics Lab T-Block, UWE Frenchay Campus Bristol BS16 1QY United Kingdom

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

**Resumen**

**Palabras Clave**

david.garzon.ramos@gmail.com

## Capítulo 2

# CHARLAS INVITADAS

### 2.1. ¿Y si la interferencia no fuera cuestión de ondas?

**Román Castañeda**

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín, Colombia

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

Las preguntas provocadoras han sido el motor principal del desarrollo de la física. Como lo afirmó Louis de Broglie en la década de los años 50 del siglo pasado, los científicos debieran estar dispuestos a “someter a examen periódico y a profundidad los principios que hemos llegado a admitir sin discusión”. Las tendencias actuales de la óptica y la fotónica están llevando a la tecnología hacia el mundo de lo más pequeño, donde lo no-paraxial, lo no-local y lo corpuscular de la luz es inevitable. Se muestra que este contexto señala respuestas novedosas e incluso sorprendentes a la pregunta enunciada en el título, como el rol protagónico y no-Newtoniano del espacio ordinario, el entrelazamiento espacial de estados geométricos y la indeterminación geométrica, subrayando el requerimiento de actitud abierta y comprometida con la pesquisa científica.

#### **Palabras Clave**

estados geométricos, confinamiento, entrelazamiento espacial, indeterminación geométrica, actitud científica.

`rcastane@unal.edu.co`

## 2.2. Evaluación de la eficiencia de una malla curricular mediante simulaciones Monte Carlo

**Alejandro P. Riascos**

Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### Resumen

En este trabajo se explora un algoritmo Monte Carlo para estimar el tiempo promedio de graduación de los estudiantes de la carrera de Física en la Universidad Nacional de Colombia. El modelo implementado toma los datos históricos de la forma en que cursaron asignaturas los estudiantes en una ventana temporal de 10 años. A partir de esta información, se obtienen probabilidades de aprobación de materias y la manera en que recorren la malla curricular. El método permite detectar cuellos de botella estructurales, por ejemplo, asignaturas con bajas tasas de aprobación y cadenas de prerrequisitos que reducen las tasas de graduación. El algoritmo produce una distribución de frecuencias relativas del número de semestres que los estudiantes tardan en cursar toda su carrera. Al modificar las tasas de aprobación de cursos individuales y eliminar prerrequisitos específicos, es posible cuantificar qué asignaturas y requisitos impactan con mayor fuerza el tiempo de graduación y la finalización del programa.

### Palabras Clave

Malla curricular; educación; simulaciones Monte Carlo.  
alperezri@unal.edu.co

## 2.3. Física Cuántica y Educación para el Siglo XXI

**Jairo Giraldo Gallo**

Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá (Expresidente Sociedad Colombiana de Física)

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

Se presenta un esquema que permitiría llevar los conceptos de la física cuántica a la enseñanza media sin recurrir a las matemáticas. Ello es importante por cuanto cada vez más las tecnologías todas requieren de o son aplicaciones de esa disciplina. Todavía más, cada vez se encuentra un mayor impacto de la fenomenología cuántica en otras ciencias, particularmente en la biología, hasta el punto que hoy se habla sin mayor reticencia de biología cuántica. La química, como disciplina, no podría concebirse sin la cuántica. La astrofísica y la cosmología necesitan recurrir a fenómenos cuánticos no triviales para poder explicar el origen y evolución del universo. Un docente de secundaria que no esté familiarizado con los conceptos cuánticos más fundamentales no podrá enseñar con rigor lo esencial de las ciencias básicas ni orientar adecuadamente a sus estudiantes para desempeñarse en un mundo que cada vez es más complejo y en mayor proporción requiere de las nuevas tecnologías cuánticas, entre ellas los sensores cuánticos y el procesamiento cuántico de la información. Ni siquiera la filosofía contemporánea puede sustraerse de lo cuántico. Si se acepta que los problemas ambientales deben plantearse abiertamente en la enseñanza básica, el enfoque clásico no basta. En síntesis, el ponente sostiene que “todo en el universo tiene un origen cuántico” y que “se requiere pensar cuánticamente”.

## 2.4. Ciencia, tecnología e innovación en materiales basados en grafeno oxidado

**Dr. Jhon Prías**

Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Colombia

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Estudios recientes en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), han explorado las propiedades del grafeno oxidado (GO), obtenido a partir de residuos de biomasa de bambú-Guadua, mediante descomposición térmica por pirólisis. Se ha investigado el papel fundamental de los puentes de hidroxilo y epóxido, en las propiedades básicas del GO. Estos estudios destacan el potencial del GO en aplicaciones clave como energías limpias, remediación ambiental, captura de  $CO_2$ , y el desarrollo de sensores y dispositivos inteligentes. Los resultados posicionan al GO como un material estratégico para la innovación en ciudades y territorios inteligentes.

## 2.5. De la computación Clásica a la Computación Cuántica

**Dr. Roberto Martínez**

Departamento de Física

Universidad Nacional de Colombia, Bogota

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Se presentan los conceptos básicos de la computación clásica como bit, compuertas fundamentales y la computación universal. Posteriormente se discute el concepto de qubit y compuertas cuánticas, base de Bell y el entrelazamiento cuántico para entender la teletransportación. Se explica el algoritmo que permite la des encriptación usando los computadores cuánticos.

## 2.6. Aplicaciones de los Puntos Cuánticos Semiconductores

**Ricardo León Restrepo Arango**

<sup>1</sup>Universidad EIA, C.P. 055428 Envigado, Colombia.

<sup>2</sup>Grupo de Materia Condensada-UdeA, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín 050010, Colombia.

### XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia

#### Resumen

Los puntos cuánticos son nanoestructuras semiconductoras con propiedades ópticas y electrónicas únicas, derivadas del confinamiento cuántico. Estas características han permitido su integración en múltiples sectores tecnológicos, médicos y energéticos.

En tecnología, destacan en pantallas QLED de televisores y monitores, donde mejoran la calidad de imagen gracias a su capacidad para emitir luz de colores específicos. También se usan en bombillas LED de alta eficiencia, reduciendo el consumo energético y aumentando la vida útil.

En biomedicina, los puntos cuánticos se emplean como marcadores fluorescentes en imágenes de alta resolución. Por ejemplo, se han utilizado en la detección temprana de tumores y en terapias dirigidas, como en investigaciones sobre cáncer de mama, donde permiten transportar medicamentos directamente a células afectadas.

En energía solar, diferentes empresas han desarrollado celdas solares basadas en puntos cuánticos, capaces de captar una gama más amplia de luz solar, aumentando la eficiencia de conversión energética.

Además, se aplican en sensores ópticos para detectar gases y cambios de temperatura con alta precisión, útiles en medicina y automoción. En logística, se usan como etiquetas fluorescentes para trazabilidad de productos, especialmente en la industria farmacéutica.

En criptografía cuántica, los puntos cuánticos permiten generar claves de encriptación seguras mediante la emisión controlada de fotones, protegiendo comunicaciones confidenciales.

#### Palabras Clave

Puntos cuánticos; tecnología; biomedicina; energía solar; sensores ópticos; criptografía cuántica.

## Capítulo 3

# TALLERES Y MINICURSOS

### 3.1. Criterios de Diseño en Sistemas Fotovoltaicos (Minicurso)

**Dr. Aarón Sánchez Juárez**

Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica Instituto de Energías Renovables  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### Objetivo

Proporcionar los elementos necesarios para que el alumno:

- Conozca los diferentes materiales relacionados con la conversión fotovoltaica, la tecnología basada en dicho fenómeno, los materiales fotovoltaicos, su uso en sistemas de generación de electricidad.
- Conozca los criterios de dimensionamiento y diseño y los aplique para sistemas interactivos con la red eléctrica convencional.
- Conozca y aplique la normatividad nacional para la interconexión de los sistemas fotovoltaicos a las Redes Generales de Distribución Eléctrica locales.

#### Alcances

Al terminar el curso el alumno podrá ser capaz de:

- Identificar los diferentes tipos de tecnologías y materiales fotovoltaicos.
- Analizar y proponer el sistema fotovoltaico adecuado a una necesidad específica.
- Seleccionar y proponer las partes y componentes adecuados para un sistema fotovoltaico.
- Dimensionar y diseñar un sistema fotovoltaico específico interconectado a la red.

#### Temario

**1. Los Sistemas Fotovoltaicos**

Concepto básico de: Celda solar, Módulo fotovoltaico, cadena fotovoltaica y arreglo fotovoltaico. Tecnologías fotovoltaicas disponibles, acondicionadores de potencia (inversores), baterías. Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos: autónomos, híbridos y conectados a la red eléctrica convencional. Componentes principales de los Sistemas Fotovoltaicos: Generador Fotovoltaico (arreglo fotovoltaico), Balance del Sistema (estructura, controladores de carga, almacenamiento de energía, inversores, conductores y sistema de protección eléctrica) y Cargas eléctricas (aparatos y equipos).

**2. Normas, especificaciones y requerimientos para los sistemas fotovoltaicos**

Requerimientos para las componentes de los sistemas fotovoltaicos. Requerimientos y especificaciones para Estructuras: Normas nacionales e internacionales. Normas de cumplimiento para la calidad en módulos e inversores. Normas y Especificaciones para las instalaciones eléctricas fotovoltaicas. Normas y Especificaciones técnicas para el diseño de Sistemas Fotovoltaicos (plantas solares fotovoltaicas).

**3. Dimensionamiento y Diseño Fotovoltaico**

Dimensionamiento fotovoltaico: Criterios generales. Diseño Fotovoltaico: Criterios generales. Información requerida para el dimensionamiento y diseño de proyectos fotovoltaicos. Cálculo de la potencia pico y estimación energética.

**4. Ejercicio práctico**

## **3.2. Esfuerzos en Polímeros: Fundamentos y Aplicaciones**

**Dra. Alneria Cuellar y Dr. Fabio Meza**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Departamento de Ingeniería Química

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Se explora los principios básicos y las consideraciones prácticas del comportamiento mecánico de los materiales poliméricos. A lo largo de dos sesiones de trabajo, se analizarán conceptos de propiedades mecánicas, así como métodos de caracterización y ensayo. Está dirigido a estudiantes, profesionales e investigadores interesados en comprender cómo los esfuerzos afectan el desempeño de los polímeros en diversas aplicaciones industriales y tecnológicas.

### **3.3. Taller EMC: Electromagnetismo Computacional: Fundamentos teóricos y laboratorio práctico**

**Dr. Julio Cesar García Álvarez**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Departamento de Ingeniería Electrónica

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

**Resumen**

## Capítulo 4

# ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA (AC)

### *Ponencias Orales*

## AC001. Producción de materia oscura tipo FIMP en cosmologías no estándar

Santiago Julio-Dávila<sup>1</sup>, Óscar Alberto Zapata Noreña<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

santiago.juliod@udea.edu.co

**Resumen:** Los modelos partículas de materia oscura en la que estas se producen a través del mecanismo *freeze-in* han ido tomando fuerza recientemente en la comunidad científica. Estas partículas se conocen como *Feebly Interacting Massive Particles* (FIMPs), y han sido estudiadas ampliamente en el paradigma de la cosmología estándar. Sin embargo, los parámetros cosmológicos pueden variarse en tanto no se alteren las mediciones del fondo cósmico de microondas (CMB) o de la nucleosíntesis primordial (BBN), dando lugar a modelos cosmológicos no estándar.

Este trabajo explora, mediante la solución numérica de la ecuación de Boltzmann para FIMPs, el espacio de parámetros de varios modelos de partículas de materia oscura, como lo son el singlete escalar o un bosón tensorial en escenarios de cosmología estándar y no estándar, obteniendo los parámetros que reproducen la abundancia de reliquia de materia oscura observada y que además son compatibles con las restricciones de detección directa y experimentos en colisionadores.

**Palabras Clave:** Cosmología no estándar; freeze-in; materia oscura.

## AC003. Identificación de estructuras en el Universo a través del clustering de cuásares

Diana Carolina Zapata<sup>1</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

dianac.zapata@udea.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se utiliza el catálogo Quiaia, una de las muestras más limpias y completas de cuásares disponibles hasta la fecha, para estudiar la estructura a gran escala del universo en el entorno de la Vía Láctea. Se trabajó con dos subconjuntos limitados por magnitud ( $G < 20,5$  y  $G < 20,0$ ), aplicando procedimientos de limpieza sobre el corrimiento al rojo para mitigar la presencia de valores anómalos y otros *outliers*. A partir de estas muestras depuradas se construyeron versiones limitadas por volumen, con el fin de asegurar homogeneidad y robustez estadística en los análisis.

Para estudiar el clustering, se estimaron funciones de correlación y, a partir de ellas, se implementó un método basado en halos para reconstruir el campo de densidad subyacente. Este análisis se complementó con un *matching* con halos provenientes de simulaciones cosmológicas del proyecto IllustrisTNG.

Entre los resultados se encuentran: (1) la caracterización de la distribución de colores de los cuásares en ambas muestras; (2) el análisis de la evolución de su función de luminosidad en función del *redshift*; (3) el estudio de la función de correlación en espacio de *redshift*, que revela un clustering dominado por el término a dos halos, con poca contribución del término a un halo; y (4) la reconstrucción del campo de densidad y el análisis topológico de la distribución de masa, con identificación de filamentos y nodos en la red cósmica.

**Palabras Clave:** Cuásares; Clustering; Estructura a gran escala.

## AC004. Efectos del ambiente en la acreción de masa y morfología galáctica

Andrés López-Echeverri<sup>1</sup>, Juan Carlos Muñoz-Cuartas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

andres.lopeze1@udea.edu.co

**Resumen:** Estudios sugieren que la morfología galáctica está influenciada por su entorno. Sin embargo, la mayoría de estos trabajos se centran en el entorno galáctico inmediato, sin considerar el entorno alrededor del halo de materia oscura que las alberga.

En este trabajo se estudia la relación entre la morfología galáctica, el entorno de su halo de materia oscura y su historia de acreción de masa. Para ello se utilizan simulaciones cosmológicas de N-cuerpos del proyecto IllustrisTNG que modelan formación y evolución galáctica.

Se introduce el concepto de dominio como medida del ambiente cosmológico de un halo de materia oscura, y se estudia la morfología de la galaxia que hospeda y la correlación entre su masa y la masa del halo de materia oscura.

Se analiza la distribución de masa en ambientes/dominios y la relación entre la masa/tamaño del ambiente con la masa del halo. Además, la correlación entre la densidad del ambiente en el que habita un halo con la masa del dominio, y la relación entre la masa del dominio del halo con la morfología de la galaxia formada a  $z = 0$ .

En relación con esto, se encuentra que, aunque hay una correlación entre la historia de acreción de masa del halo y el crecimiento de su dominio y la morfología de la galaxia observada a  $z = 0$ , la discriminación no es robusta. Esto sugiere que la morfología final de una galaxia no solo depende de su ambiente/dominio, sino que resulta ser la combinación de muchos otros factores, no únicamente ambientales.

**Palabras Clave:** Galaxias; Halo de Materia Oscura; Simulaciones Cosmológicas.

## AC013. Influencia del ambiente en la relación masa-metalicidad en galaxias con AGN

**Autores:** Catalina Alzate Henao<sup>1</sup>, Gabriel Andrés Oio<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba / Observatorio Astronómico de Córdoba, Argentina.

**Resumen:** El entorno a gran escala es uno de los factores externos que influyen en la evolución galáctica, mientras que los núcleos galácticos activos actúan como reguladores internos clave. Ambos procesos impactan en la formación estelar y la evolución química galáctica. En este trabajo se analizan las propiedades de galaxias con AGN en función de su distancia a filamentos de la red cósmica, con el objetivo de explorar cómo el entorno afecta la relación masa-metalicidad.

Se utilizó una muestra de galaxias del Sloan Digital Sky Survey (SDSS) con corrimientos al rojo  $z < 0,3$ . Para garantizar una clasificación confiable, se aplicaron criterios de selección sobre los flujos, y la metalicidad se calculó usando diferentes calibraciones. La relación masa-metalicidad se estudió a partir de perfiles de tendencia, calculados mediante promedios de metalicidad binned por intervalos de masa estelar.

Los resultados muestran que hay una relación directa entre la masa y la metalicidad de las galaxias y sugieren que las AGN tienden a presentar mayores metalicidades en comparación con las galaxias *Star-Forming*. Además, se analizó la distribución de la metalicidad en función de la distancia a los filamentos, considerando regiones de hasta 1 Mpc alrededor de los nodos, y pareciera no haber una variación significativa al comparar el interior con las zonas externas de los filamentos. Este estudio aporta a la comprensión del papel del entorno en la evolución química de las galaxias, como parte de un esfuerzo por entender la influencia de la estructura a gran escala en la evolución galáctica.

**Palabras Clave:** AGN; Metalicidad; Sloan Digital Sky Survey.

**Autor de correspondencia:** [catalina.alzate2@udea.edu.co](mailto:catalina.alzate2@udea.edu.co)

## AC014. Caracterización morfológica de los brazos espirales en Galaxias de Disco de IllustrisTNG50

**Autores:** Daniel H. Certuche<sup>1</sup>, Juan C. Muñoz Cuartas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** El análisis morfológico de las galaxias de disco constituye un eje central en astrofísica, dado que los brazos espirales modulan la dinámica del gas y la tasa de formación estelar. Empleando las simulaciones cosmológicas *illustristng50* dentro del marco  $\Lambda$ CDM (Pillepich et al. 2019), se investigó la relación entre la estructura espiral y el halo de materia oscura subyacente. Estudios recientes (Silva-Villa, Cano Gómez 2022; Yu y Ho 2020) han destacado la necesidad de determinar, con múltiples trazadores, el ancho y la longitud de los brazos para contrastar predicciones teóricas con observaciones.

Los discos se identificaron mediante filtros cinemáticos; posteriormente se aislaron partículas de gas y estrellas, se obtuvo el perfil de densidad media y se aplicaron las técnicas de Barros Ramírez (2020) adaptadas a *Illustris*. Un algoritmo automatizado en coordenadas polares, que integra agrupamiento de densidad y teoría de grafos, localizó los brazos y cuantificó sus propiedades — ancho en gas, SFR e ionizado, así como *pitch angle*.

Se encontró que los métodos caracterizan eficazmente las espirales en discos aislados. El ancho aumenta con el radio galactocéntrico, si bien su gradiente depende del trazador, siendo el gas el componente más sensible. El *pitch angle* exhibe una correlación positiva con la dispersión central de velocidades del subhalo, lo que sugiere que la geometría espiral responde a la distribución de masa y al historial de ensamblaje del halo.

En conjunto, estos hallazgos respaldan la naturaleza transitoria de los patrones espirales y su regulación por la coevolución disco–halo, proporcionando métricas comparables entre simulaciones y observaciones.

**Palabras Clave:** galaxias espirales; simulaciones cosmológicas; dinámica de discos.

**Autor de correspondencia:** [daniel.certuche@udea.edu.co](mailto:daniel.certuche@udea.edu.co)

## AC019. El Origen del Universo, las Partículas y la Materia Oscura en el Modelo Cosmológico de De Sitter

**Autores:** Jorge E. Pinzón Q.<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Departamento de Física, Grupo de Investigación FIZMAKO–UT.

**Autor de correspondencia:** [jepinzon@ut.edu.co](mailto:jepinzon@ut.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se analiza el origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el campo gravitacional creado por la constante cosmológica en el modelo cosmológico de De Sitter; la naturaleza gravitacional de la constante cosmológica origina la curvatura del espacio–tiempo.

El espacio–tiempo de De Sitter está interrelacionado con un tensor de energía de vacío, tensor que depende de la constante cosmológica; al relacionarla con la constante de velocidad de la luz, crea una nueva constante cosmológica temporal.

La relación entre estas dos constantes cosmológicas y las magnitudes cuánticas de Planck origina la conexión entre la energía de vacío y el vacío cuántico, unificando el campo gravitacional de De Sitter con el campo cuántico.

El modelo cosmológico de De Sitter está limitado por una superficie de horizonte de singularidad cosmológica, que surgió en la etapa primigenia de la formación del Universo, en las proximidades del tiempo Planck.

A causa de fenómenos de perturbaciones, fluctuaciones y resonancia de la energía de vacío cuántico gravitacional, la densidad de la energía creció extremadamente, creando las condiciones del nacimiento de las partículas elementales y la materia oscura, que condujeron a la formación de masa gravitacional e influenciaron fuertemente la curvatura del espacio–tiempo de De Sitter hasta un punto de colapso gravitacional.

El colapso del campo gravitacional comprimió la energía, originando el agujero negro primordial de De Sitter, de muy corta vida, liberando enormes cantidades de energía que provocaron una gran explosión (Big Bang), energía que al liberarse dio origen al nacimiento de la masa primordial y la expansión acelerada del Universo, que formaron galaxias, estrellas, otros objetos estelares y la materia oscura, que en la actualidad hace parte de la estructura del Universo.

En el modelo cosmológico de De Sitter, en su región interna de vacío cuántico gravitacional, las trayectorias de las partículas deducidas de las ecuaciones de movimiento muestran que, al acercarse a la superficie del horizonte de singularidad, las partículas originan puntos de retorno y otros de no retorno, quedando atrapadas y generando una superficie de tipo fotónica.

**Palabras Clave:** Gravitación; Cosmología; Constantes cuánticas de Planck; Universo; Fotón; Neutrino; Materia oscura; Big Bang.

## AC025. Estructuras axialmente simétricas no estáticas inmersas en un universo $\Lambda$ CDM

**Autores:** Gonzalo García-Reyes<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Pereira, Departamento de Física, Pereira, Colombia.

**Resumen:** Se construyen inhomogeneidades locales inmersas asintóticamente en un universo  $\Lambda$ CDM, compuesto por materia no relativista (materia oscura fría y bariónica) y energía oscura en la forma de la constante cosmológica, a partir de soluciones semillas de la ecuación de Poisson de la gravedad Newtoniana, usando una forma particular de la métrica en coordenadas espacialmente isótropas [1].

El enfoque se utiliza en la construcción de una fuente de disco delgado hecha de fluido perfecto para la métrica de McVittie, un sistema compuesto por un disco delgado de fluido perfecto tipo Plummer rodeado por un halo también de fluido perfecto, y un modelo de discos gruesos de fluido anisotrópico tipo Miyamoto–Nagai, inmersos en un universo  $\Lambda$ CDM asintótico.

En el caso especial de simetría esférica, también se presenta una familia de modelos de capas esféricas anisótropas gruesas en expansión. Además, se analiza el movimiento geodésico de partículas de prueba en órbitas circulares estables alrededor de las estructuras, el cumplimiento de las condiciones de energía y los esfuerzos principales (presión).

**Palabras Clave:** Relatividad general; Cosmología; Energía y materia oscura; Espacio-tiempos no estáticos y axisimétricos.

**Autor de correspondencia:** [ggarcia@utp.edu.co](mailto:ggarcia@utp.edu.co)

**Referencia:** [1] G. García-Reyes, “Non-static axisymmetric structures embedded in an asymptotically  $\Lambda$ CDM”, \*Gen. Relativ. Gravit.\*, Vol. 57, No. 41 (2025). DOI: [10.1007/s10714-025-03359-4](https://doi.org/10.1007/s10714-025-03359-4).

## AC026. Impacto de la no esfericidad en los equilibrios del problema restringido de tres cuerpos

**Autores:** Fredy L. Dubeibe<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de los Llanos / Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Villavicencio, Colombia.

**Resumen:** En esta ponencia se analiza el impacto de la no esfericidad de los cuerpos primarios sobre la existencia, ubicación y estabilidad de los puntos de equilibrio (o puntos de Lagrange) en versiones modificadas del problema circular restringido de tres cuerpos.

A través del estudio de modelos que incorporan primarias con estructura tipo Kerr, cuerpos triaxiales y esferoides prolatos y oblatos, se evidencia que pequeñas desviaciones respecto a la esfericidad pueden alterar significativamente la configuración del sistema. Entre los principales efectos observados se encuentran el cambio en el número de puntos fijos, la aparición de nuevos puntos colineales y no colineales, la modificación de sus regiones de estabilidad lineal y la emergencia de estructuras fractales en los diagramas de cuencas de convergencia.

Estos resultados se obtienen mediante análisis numéricos de la estabilidad lineal y del comportamiento global de las órbitas en el espacio de fases. Se discuten además las implicaciones astrofísicas de estos hallazgos en sistemas reales como exoplanetas, sistemas estelares binarios y entornos próximos a objetos compactos.

**Palabras Clave:** Puntos de Lagrange; Problema de tres cuerpos; Análisis de estabilidad.

**Autor de correspondencia:** [fdubeibe@unillanos.edu.co](mailto:fdubeibe@unillanos.edu.co)

## AC029. Estudio de la evolución de inhomogeneidades en la distribución de materia del universo aplicado a la formación de estructuras cosmológicas

**Autores:** Santiago Ortiz<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

**Resumen:** Nuestro universo se puede considerar homogéneo e isótropo a gran escala (más de 100 Mpc). Esta propiedad hace posible realizar desarrollos simplificados en la formación de grandes estructuras. Además, se puede realizar un tratamiento en el límite newtoniano ya que es una buena aproximación para la mayoría de las aplicaciones prácticas y es mucho más simple que la teoría relativista completa.

Tomando en consideración estas características, en este estudio, la evolución de inhomogeneidades en la densidad promedio de materia del universo es analizada mediante perturbaciones de primer orden y en diferentes tipos de universo para obtener resultados analíticos.

Adicionalmente, se realiza una aplicación a la formación de halos de materia oscura para grandes estructuras y en un universo como el actual, con una composición en parte de energía oscura y otra parte de materia, tanto oscura como bariónica, realizando el uso de métodos numéricos.

Finalmente, se discuten las condiciones y características de los halos de materia oscura, así como su influencia en la posterior formación de galaxias y cúmulos.

**Palabras Clave:** Estructura; materia oscura; energía oscura; halo.

**Autor de correspondencia:** [santiago.ortiz4@utp.edu.co](mailto:santiago.ortiz4@utp.edu.co)

## AC030. Sepultamiento magnético por hiperacreción y reemergencia Hall–Ohm en magnetares milisegundo

**Autores:** Cristian Giovanni Bernal<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia / Departamento de Física, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La acreción hipercítica posterior a supernovas core-collapse y fusiones de estrellas compactas puede sepultar el campo magnético superficial de estrellas de neutrones recién nacidas, reduciendo de forma temporal su momento dipolar y retrasando la activación púlsar consecuente.

Presentamos un estudio mixto que combina simulaciones HD/MHD con el código FLASH del régimen de hiperacreción y un tratamiento analítico de la reemergencia por difusión Hall–Ohm.

Las simulaciones reproducen la formación de una envoltura en cuasi-equilibrio hidrostático y muestran que, a tasas altas, la convección decae y el campo es empujado hacia la nueva corteza; a tasas menores sobrevive una fracción residual y geometrías multipolares.

El modelo analítico acopla la difusión al crecimiento temporal  $B(t)$  mediante familias exponenciales o de ley de potencia, con tiempos característicos de reactivación de pocos a decenas de años para enterramientos someros.

Discutimos implicaciones para remanentes jóvenes y objetos centrales compactos (CCOs) —SN 1987A, Crab, Cassiopeia A, Kes 79—, donde el escenario explica campos superficiales iniciales bajos y su incremento posterior.

Para GRBs potenciados por magnetares milisegundo, mostramos que la reactivación tardía del dipolo puede inyectar energía que modula *afterglows* en X y radio; al aplicarlo a un subconjunto de eventos, el ajuste favorece enterramientos profundos y reemergencias diferidas compatibles con la variabilidad observada.

Este marco unifica la fase de sepultamiento temprano con la reactivación tardía y ofrece predicciones observables contrastables.

**Palabras Clave:** MHD; FLASH CODE; hiperacreción; magnetares milisegundo; CCOs; afterglow de GRBs; difusión Hall–Ohm.

**Autor de correspondencia:** [cribernal@unal.edu.co](mailto:cribernal@unal.edu.co)

### AC033. Trayectoria de partículas en un agujero negro de Bumblebee

**Autores:** Andres Felipe Clavijo Soler<sup>1</sup>, Eduard Alexis Larrañaga Rubio<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia / Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se aborda la teoría de gravedad modificada de Bumblebee, un modelo que introduce violación espontánea de simetría de Lorentz a través de un campo vectorial dinámico. A partir de las ecuaciones de campo de la teoría, se obtiene la métrica asociada a un cuerpo estático, esféricamente simétrico y en el vacío.

Posteriormente, empleando las ecuaciones de Euler–Lagrange, se analizan las trayectorias de partículas en dicha métrica, identificando las correcciones respecto a las órbitas predichas por la métrica de Schwarzschild en relatividad general.

Los resultados permiten cuantificar las desviaciones inducidas por el campo de Bumblebee y ofrecen un marco comparativo para estudiar posibles firmas observacionales de esta teoría.

**Palabras Clave:** gravedad modificada; trayectoria de partículas; agujeros negros.

**Autor de correspondencia:** [anclavijos@unal.edu.co](mailto:anclavijos@unal.edu.co), [calarranaga@unal.edu.co](mailto:calarranaga@unal.edu.co)

## AC034. Observing the eye of the storm: testing regular black holes with LVK and EHT observations

**Autores:** Carlos A. Benavides-Gallego<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China.

**Resumen:** Singularity theorems imply space-time singularities are inevitable in general relativity, yet their absence in nature suggests the need for a new gravitational theory. In this work, we investigated a regular, observationally viable space-time using data from LIGO, Virgo, KAGRA (LVK), and the Event Horizon Telescope (EHT).

For gravitational wave observations, we use the catalogs GWTC-1, 2, and 3 to constrain the free parameter  $\ell$ . In the case of the EHT, we use the values of the angular diameter reported for SgrA\* and M87\*. We also investigated the photon ring structure by considering scenarios such as static spherical accretion, infalling spherical accretion, and thin accretion disk.

Our results show that the EHT observations constrain the free parameter  $\ell$  to the intervals  $0 \leq \ell \leq 0,148$  and  $0 \leq \ell \leq 0,212$  obtained for SgrA\* and M87\*, respectively. On the other hand, GW observations constrain the free parameter with values that satisfy the theoretical limit, particularly those events for which  $\ell \ll 1$ .

Our results show that the most stringent constraints on  $\ell$  correspond to the events GW191204-171526 ( $\ell = 0,041_{-0,041}^{+0,106}$ ) and GW190924-021846 ( $\ell = 0,050_{-0,050}^{+0,165}$ ) for the SEOB model.

**Palabras Clave:** Regular Black Holes; Gravitational Waves; Shadow of a Black Hole.

**Autor de correspondencia:** [cabenavidesg@unal.edu.co](mailto:cabenavidesg@unal.edu.co)



## Capítulo 5

# ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA (AC)

*Ponencias Poster*

## AC007. Tratamiento numérico de la inestabilidad Kelvin–Helmholtz bajo el marco de la RRMHD

**Autores:** Bryan Martínez<sup>1</sup>, Sebastián Rodríguez<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se estudia numéricamente el crecimiento de la inestabilidad Kelvin–Helmholtz (KHI) en dos dimensiones, bajo el marco de la Magnetohidrodinámica Relativista Resistiva (RRMHD), con énfasis en el papel de la resistividad durante su evolución.

Se realizaron simulaciones utilizando el código CUEVA, que resuelve las ecuaciones de la RRMHD mediante una formulación conservativa basada en volúmenes finitos. Los flujos numéricos se calculan con resolvedores aproximados de Riemann (LLF, HLL, HLLC) y se emplean esquemas de reconstrucción de alto orden (MP5, MP7, MP9) para evitar oscilaciones espurias en presencia de discontinuidades. La integración temporal se realiza mediante métodos parcialmente implícitos que permiten tratar la rigidez de las ecuaciones en el régimen ideal, destacando las familias RKIMEX (Runge–Kutta IMplicit–EXplicit) y MIRK (Minimal–Implicit Runge–Kutta).

Las simulaciones evidencian la formación de vórtices característicos de la KHI. Se observa que la resistividad tiene un efecto disipativo, reduciendo la intensidad de las corrientes inducidas por el cizallamiento y la capacidad del campo magnético para amplificar perturbaciones. Esto limita la mezcla entre capas del fluido y atenúa el crecimiento de la inestabilidad, que resulta más lento y menos eficiente en comparación con el caso ideal sin resistividad.

Se concluye que la resistividad desempeña un papel fundamental en la evolución de la KHI en plasmas relativistas magnetizados. Aunque inhibe parcialmente el desarrollo de estructuras turbulentas, también puede facilitar procesos de reconexión magnética en etapas no lineales, con implicaciones importantes para fenómenos astrofísicos donde la resistividad no puede ser ignorada.

**Palabras Clave:** Inestabilidad Kelvin–Helmholtz; Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista; Resistividad; Simulación numérica.

**Autor de correspondencia:** [bmartineza@udistrital.edu.co](mailto:bmartineza@udistrital.edu.co), [sebrodriguez@udistrital.edu.co](mailto:sebrodriguez@udistrital.edu.co), [smirandaa@udistrital.edu.co](mailto:smirandaa@udistrital.edu.co)

## AC008. Construcción de un radiotelescopio para analizar el Sol en la banda de 12 GHz

Sergio Carrasquilla, Laura Herrera, Camila Pérez, Adriano Parada, Andrés Torres

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

campereza@udistrital.edu.co

### Resumen:

**Objetivo.** Se plantea estudiar la emisión en radio del Sol en la banda de los 12 GHz en el marco de la radioastronomía, la cual se encarga de estudiar los cuerpos celestes a través de sus emisiones en el dominio de las radiofrecuencias del espectro electromagnético. Un instrumento que tiene la capacidad de estudiar el universo en esta banda es el radiotelescopio.

**Metodología.** Se construyó un radiotelescopio utilizando una antena receptora comercial de banda Ku, un bloque de bajo ruido (LNB), un buscador satelital comercial y un circuito amplificador. Para convertir las señales analógicas detectadas a señales digitales, se hizo uso de un Arduino UNO R3 y, mediante un código realizado en Python, se registraron las señales digitalizadas en un archivo de texto corrigiendo el ruido de fondo.

**Resultados y Conclusiones.** Se encontró en las mediciones una señal de pico máximo cuando el radiotelescopio estaba alineado con el Sol. Esto se debe a que la potencia de la señal alcanza un máximo a medida que el Sol pasa por el foco de la antena. Con estos resultados fue posible caracterizar el radiotelescopio construido, encontrando una resolución angular aproximada de  $2,77^\circ$  y una eficiencia del 60%, valores que muestran la conveniencia del presente radiotelescopio en el uso de actividades pedagógicas. Además, el radiotelescopio cuenta con un montaje apto para la construcción de un interferómetro.

**Palabras Clave:** Radioastronomía; Radiotelescopio; Banda Ku.

## AC010. Exploración de estructuras cósmicas a través de *clustering* no supervisado de BCGs

**Autores:** María Alejandra Moreno<sup>1</sup>, Camilo Delgado<sup>1,2</sup>, Sergio Miranda Aranguren<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> DIP Instituto Geológico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El presente trabajo explora la aplicación de técnicas de aprendizaje automático no supervisado para el análisis de galaxias más brillantes en cúmulos (BCGs, por sus siglas en inglés), con el fin de identificar patrones de agrupamiento en sus características físicas.

El objetivo principal fue reducir la dimensionalidad de los datos mediante un autoencoder y, posteriormente, aplicar el algoritmo DBSCAN para descubrir estructuras de agrupamiento sin presuponer una distribución o número de clústeres.

Se empleó una base de datos de BCGs con datos obtenidos de Star formation in intermediate redshift ( $0.2 < z < 0.7$ ) Brightest Cluster Galaxies at the present epoch, que incluye variables como ascensión recta (Ra), declinación (Dec), magnitud, masa estelar y corrimiento al rojo (redshift).

El autoencoder fue entrenado para comprimir estas características a un espacio latente de menor dimensión, conservando la información más relevante. Sobre este espacio reducido, se aplicó DBSCAN para detectar agrupaciones basadas en la densidad local de puntos.

Los resultados muestran que esta combinación permite revelar estructuras que no son evidentes en el espacio original de características. Estos clústeres podrían estar relacionados con la distribución de materia a gran escala, como filamentos, vacíos y cúmulos masivos, sugiriendo que las propiedades de las BCGs conservan información sobre la red cósmica en la que están inmersas.

Se concluye que la integración de autoencoders con algoritmos como DBSCAN ofrece una herramienta potente para el análisis exploratorio de datos astronómicos complejos, al permitir descubrir patrones sin sesgos asociados a métodos supervisados o técnicas lineales tradicionales como PCA.

**Palabras Clave:** Autoencoder; DBSCAN; Red cósmica; Estructura a gran escala.

**Autor de correspondencia:** [maamorenor@udistrital.edu.co](mailto:maamorenor@udistrital.edu.co)

## AC015. Estudio Numérico de Jets Relativistas en el Marco de la RRMHD

**Autores:** J. Avila-Martínez<sup>1</sup>, L. Herrera-Martínez<sup>1</sup>, J. Zamora-Alvarado<sup>1</sup>, S. Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

**Autor de correspondencia:** [jlavilam@udistrital.edu.co](mailto:jlavilam@udistrital.edu.co)

**Resumen:** Este trabajo investiga numéricamente el papel de la resistividad en la dinámica, morfología y disipación de energía en jets relativistas. El objetivo principal es caracterizar cómo la resistividad finita, dentro del marco de la Magnetohidrodinámica Relativista Resistiva (RRMHD), afecta la evolución de estos flujos.

Para ello, se emplearon simulaciones con el código CUEVA, utilizando métodos avanzados como el integrador temporal IMEX, el resolovedor HLLC y el esquema de reconstrucción MP5.

Los resultados demuestran que una mayor resistividad acelera la disipación de la energía electromagnética global del jet. Se identificó que la resistividad es un factor clave en la formación de plasmoides y en la intensificación de la turbulencia, al facilitar procesos de reconexión magnética.

En conclusión, la resistividad no solo determina la estructura y estabilidad del jet al incrementar los choques internos, sino que también es fundamental para la conversión de energía magnética en cinética. Este mecanismo es crucial para explicar la aceleración de partículas y la emisión de radiación no térmica de alta energía, como los rayos X y gamma observados en explosiones de rayos gamma (GRBs).

**Palabras Clave:** Jets Relativistas; RRMHD; Resistividad.

## AC016. Estudio de la dispersión de ondas de radio en el núcleo galáctico activo NGC 6334B

Nathalia Ceballos Vega<sup>1</sup>, Mavy Sofía Muñoz Varón<sup>2</sup>, Luis Felipe Rodríguez Jorge<sup>3</sup>,  
Vanessa Yanza López<sup>4</sup>, Alejandra Isabel Guerrero Duymovic<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>3,4</sup>Universidad Autónoma de México, Morelia, México

<sup>5</sup>Grupo Cytemac, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

nathaliaceballos@unicauca.edu.co

**Resumen:** La dispersión es un fenómeno bien conocido en óptica: ocurre cuando la luz visible es dispersada por la presencia de partículas en el medio. Teóricamente en radioastronomía se espera que las ondas de radio se dispersen en el plasma (*plasma scattering*); sin embargo, existe poca evidencia observacional hasta el momento.

En este trabajo se estudia la radiación en radio de uno de los pocos casos conocidos donde podría observarse *plasma scattering*, esto es, en un núcleo galáctico activo conocido como NGC 6334B, detrás del complejo de formación estelar Pata de Gato. Al ser este objeto una radiogalaxia muy brillante, su tamaño angular aparente puede llegar a ser más grande debido a la dispersión generada por el gas ionizado producido por las estrellas masivas de la nebulosa delante de él. Así, el objetivo de esta investigación es determinar si el tamaño de la fuente ha cambiado o si la pantalla se ha movido con el tiempo.

Para ello, se usaron datos de archivo del radiointerferómetro Karl Jansky Very Large Array (VLA) a diferentes bandas (L, 1–2 GHz; S, 2–4 GHz; y C, 4–8 GHz). Luego se realizó un preprocesamiento de los datos mediante una reducción de ruido, y un promediado temporal y frecuencial de canales. Se hizo un ajuste gaussiano en el campo de las visibilidades para obtener los tamaños angulares de cada ventana espectral. Finalmente, se realizó un análisis de la variación del tamaño angular con la frecuencia usando un ajuste de mínimos cuadrados y de la  $\chi^2$  reducida.

**Palabras Clave:** Plasma scattering; Núcleo galáctico activo; Radiointerferómetro.

## AC017. Mapeando condiciones termodinámicas para la aguabilidad subsuperficial en Marte

Sebastián Numpaque<sup>1</sup>, Brandon Montoya<sup>2</sup>, Simón Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Instituto de Física - FCEN, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

david.rodriguez1@udea.edu.co, brandon.montoya@udea.edu.co, simon.rodrigueza@udea.edu.co

**Resumen:** Observaciones de radar y datos sísmicos sugieren la presencia de reservorios de agua líquida bajo la superficie de Marte. El instrumento SEIS, a bordo de la misión InSight de NASA, proporciona datos sísmicos que permiten modelar perfiles de la estructura interior de Marte.

Para evaluar la estabilidad termodinámica del agua líquida sobre la región de la corteza (0–45 km), considerando variaciones regionales de presión y temperatura, generamos una distribución geográfica de la profundidad ( $\sim 13$  km) a la que se obtiene una transición de fusión sobre el diagrama de fase del agua. Efectos de la presencia de percloratos disueltos pueden disminuir el punto de congelamiento del agua, reduciendo así la profundidad de transición y contribuyendo a su detección.

Estos resultados son fundamentales para reevaluar la habitabilidad de Marte, caracterizar potenciales reservas de agua y optimizar la planificación de futuras misiones. Este enfoque trasciende Marte y es reproducible a cualquier planeta, permitiendo definir el concepto de “aguabilidad subsuperficial”: la capacidad de un cuerpo planetario para albergar agua líquida en el subsuelo. Esto redefine la habitabilidad tradicional, ampliando el rango de cuerpos de interés astrobiológico, como lunas heladas o exoplanetas, y fomenta nuevas estrategias de exploración en la búsqueda de vida extraterrestre.

**Palabras Clave:** Aguabilidad; Habitabilidad planetaria; Astrobiología.

## AC021. Agujeros negros súper masivos y su influencia en la dinámica galáctica

Brayan Herran<sup>1</sup>, Jossy Murcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20211196478@usco.edu.co

**Resumen:** En el centro de la mayoría de las galaxias observadas se encuentran agujeros negros supermasivos (SMBHs, por sus siglas en inglés *Super Massive Black Holes*), con masas que van desde millones hasta miles de millones de veces la del Sol. Su presencia y actividad influyen decisivamente en la evolución y dinámica galáctica.

Estos SMBHs liberan enormes cantidades de energía por medio de procesos de acreción y la formación de chorros relativistas, los cuales interactúan con el gas interestelar y regulan la formación estelar. Estos fenómenos, conocidos como *feedback* de núcleos activos de galaxias (AGN), son esenciales para explicar la correlación observada entre la masa del agujero negro y las propiedades del bulbo galáctico.

Desde el campo de la física de altas energías, la emisión de rayos X, rayos gamma y neutrinos provenientes de los entornos de SMBHs ofrecen una ventana para estudiar procesos extremos de acreción y aceleración de partículas en el universo.

En este trabajo se realizará una revisión bibliográfica de la conexión entre agujeros negros supermasivos, la dinámica galáctica y las observaciones en altas energías, destacando cómo estos objetos juegan un papel central en la evolución cósmica y en la comprensión de la astrofísica de altas energías.

**Palabras Clave:** Dinámica galáctica; Agujeros negros; Altas energías; Evolución cósmica.

## AC024. Validación de dos planetas terrestres orbitando la estrella GJ1002

Paula Andrea Castro Nieva<sup>1</sup>, Sarah Dobson Robinson<sup>2</sup>, Victor Ramírez Delgado<sup>2</sup>, Carlos Augusto Galindez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

<sup>2</sup>University of Delaware, Newark DE, USA

castro.paula@correounivalle.edu.co

**Resumen:** Se informa que GJ 1002, una estrella enana M a una distancia de 4.84 pc, alberga dos planetas con masa terrestre en la zona habitable (Suárez Mascareño et al., 2023). Utilizamos las series temporales de velocidad radial (RV) y correlación cruzada de ancho completo a la mitad del máximo (FWHM) de ESPRESSO y CARMENES para probar nuestras técnicas estadísticas de validación de detecciones de planetas.

La prueba de Siegel para la periodicidad compuesta aplicada a la estimación del espectro de potencia de Welch sugiere que la serie temporal RV no es inequívocamente periódica. La respuesta en frecuencia a una senoide con el período del planeta b, denominada pseudoventana, presenta un exceso de potencia a la frecuencia del planeta c, además de un experimento de Monte Carlo donde creamos nuevas realizaciones de series temporales RV añadiendo ruido blanco a los datos originales.

La prueba de razón de verosimilitud y el Criterio de Información Bayesiano muestran que un modelo que incluye dos órbitas keplerianas y un proceso gaussiano para la actividad estelar no se ajusta tan bien a los datos combinados de RV-FWHM como un modelo con los planetas restringidos a órbitas circulares.

Este estudio contribuye al debate sobre la existencia de GJ 1002 b y c y presenta nuevos métodos para la validación de exoplanetas.

**Palabras Clave:** Análisis de series temporales; Búsqueda de periodos; Velocidad radial; Rotación estelar.

## AC031. Acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton alrededor de agujeros negros

Juan Pablo Acevedo Hernández<sup>1</sup>, Fabio Duván Lora Clavijo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Relatividad y Gravitación, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

juan2191207@correo.uis.edu.co

**Resumen:** La acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton (BHL) constituye un mecanismo fundamental para comprender cómo los objetos compactos capturan material de su medio circundante. Este proceso permite inferir propiedades clave del medio interestelar, la dinámica del plasma y las condiciones físicas en las proximidades de objetos compactos como lo son los agujeros negros.

En el presente trabajo se analiza numéricamente la acreción BHL sobre un agujero negro estático, descrito por la métrica de Schwarzschild. El estudio se centra de manera particular en la formación de los conos de choque, estructuras morfológicas distintivas de este régimen de acreción que surgen cuando la velocidad del gas supera a la velocidad del sonido relativista del medio.

**Palabras Clave:** Acreción de BHL; Agujeros negros; Métrica de Schwarzschild; Cono de choque.

## AC036. De la dimensionalidad a la emisión: un enfoque algebraico para agujeros negros

Diego Arley Hernández Rojas<sup>1</sup>, Stefania Ramírez Puentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

stramirezp@udistrital.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo tiene como objetivo explorar la construcción de un modelo de emisión de energía y partículas de un agujero negro, tomando como base los aportes de Kessler, Peters y Ceiniker en este campo.

Nuestro propósito central es examinar la pertinencia del Teorema  $\pi$  de Vaschy-Buckingham como herramienta fundamentadora en la creación de modelos de alta complejidad epistemológica, abordados desde una perspectiva algebraica y del análisis dimensional.

La metodología consistió en la aplicación sistemática del Teorema  $\pi$  para identificar las magnitudes fundamentales involucradas en los procesos de emisión y, a partir de ellas, construir un modelo heurístico. Este procedimiento permitió evaluar la coherencia interna del enfoque dimensional y su capacidad de generar resultados consistentes con marcos teóricos previamente establecidos.

Entre los resultados obtenidos se destacan expresiones plausibles y comparables con los modelos presentes en la literatura, lo que confirma la viabilidad del análisis dimensional como un recurso de exploración y validación en problemas de la física teórica.

En conclusión, el estudio evidencia que el Teorema  $\pi$  de Vaschy-Buckingham no solo resulta adecuado para describir fenómenos complejos en el ámbito de la astrofísica, sino que también abre un espacio de reflexión sobre la potencialidad del análisis algebraico y dimensional como vía para la formulación de teorías en dominios de alta complejidad.

**Palabras Clave:** Agujeros negros; Análisis dimensional; Teorema  $\pi$ .

## AC038. Efecto de las colisiones en la propagación de ondas MHD en plasmas parcialmente ionizados

**Autores:** Dylan A. Castellanos<sup>1</sup>, Fabio D. Lora Clavijo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Relatividad y Gravitación, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, A. A. 678, Bucaramanga 680002, Colombia.

**Resumen:** El estudio de ondas magnetohidrodinámicas (MHD) en plasmas parcialmente ionizados es fundamental para comprender fenómenos en entornos astrofísicos y de laboratorio. En regiones como la atmósfera solar, la coexistencia de iones, electrones y una fracción neutra significativa introduce interacciones colectivas y efectos de transporte.

Las colisiones entre estas especies generan amortiguamiento en las ondas, afectando la transmisión de energía y la dinámica del plasma. Estos procesos de disipación condicionan la estabilidad y evolución de las estructuras magnéticas, contribuyendo al calentamiento de las regiones externas.

En este trabajo se investiga el efecto de las colisiones en la propagación de ondas MHD bajo la formulación de dos fluidos en la cromósfera solar. Los resultados ofrecen criterios sobre las condiciones y el régimen de efectividad del modelo, proporcionando un marco útil para la interpretación de observaciones astrofísicas.

**Palabras Clave:** Magnetohidrodinámica; plasmas parcialmente ionizados; cromósfera solar; modelo de dos fluidos.

**Autor de correspondencia:** [dylan2210730@correo.uis.edu.co](mailto:dylan2210730@correo.uis.edu.co)

## Capítulo 6

# ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN (ED)

### *Ponencias Orales*

## ED002. Dificultades de estudiantes universitarios en la interpretación de gráficas de cinemática

**Autores:** Luz Stella Guerrero Peralta<sup>1</sup>, José Herman Muñoz Ñungo<sup>2</sup>, Jhon Jaider Oviedo Rocha<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,2</sup> Semillero de investigación QUARK, Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Universidad del Tolima, Ibagué - Tolima. <sup>3</sup> Semillero de investigación QUARK, Universidad del Tolima, Ibagué - Tolima.

**Resumen:** Este trabajo presenta un análisis de las dificultades conceptuales y matemáticas con diferentes registros semióticos que enfrentaron estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Tolima, modalidad presencial, en el curso Física I en los semestres A y B de 2023 al interpretar gráficas de cinemática.

En cada semestre se aplicó una evaluación con cuatro problemas que contenían entre cuatro o cinco preguntas sobre las observables posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para movimientos uniforme y uniformemente acelerado. Las evaluaciones se elaboraron a partir de preguntas modificadas del \*Test of Understanding of Graphs in Kinematics (TUG-K)\* y del libro de Jewett–Serway. El estudio se realizó considerando la Teoría de Registros de Representaciones Semióticas de Duval.

Los resultados demuestran que las dificultades más trascendentales se encuentran en los procedimientos de conversión del registro verbal (escrito) a registros gráficos y algebraicos, además de su tratamiento dentro del registro gráfico. Asimismo, se reconocieron dificultades al obtener datos de gráficos o tablas cuando los valores temporales no eran fácilmente perceptibles.

Este análisis ayuda a entender los retos que los estudiantes deben afrontar en la lectura e interpretación de representaciones semióticas en cinemática, y propone sugerencias para la creación de estrategias de evaluación más eficaces.

**Palabras Clave:** Cinemática; Teoría de registros de representaciones semióticas; TUG-K.

**Autor de correspondencia:** [joviedor@ut.edu.co](mailto:joviedor@ut.edu.co)

## ED003. El problema de los tres cuerpos como estrategia didáctica: modelación, simetría y simulación

**Autores:** Iván Mauricio Calderón Díaz<sup>1</sup>, Carlos Daniel Ibañez Cardozo<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [cdibanezc@ut.edu.co](mailto:cdibanezc@ut.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo presentamos una simulación computacional del problema general de los tres cuerpos, diseñada para permitir la exploración de distintas condiciones iniciales y la selección de configuraciones particulares, como las soluciones colineales de Euler y las triangulares de Lagrange. Estas configuraciones emergen al considerar simetrías fundamentales del sistema (como la invariancia por rotación y traslación), las cuales permiten reducir los grados de libertad y derivar estructuras dinámicas especiales conocidas como configuraciones centrales.

Más allá de los resultados obtenidos, el proceso de construcción de la simulación constituyó en sí mismo una experiencia formativa. El desarrollo del modelo implicó enfrentarse a un problema abierto, característico de la física, que requirió la formulación de hipótesis, la búsqueda y comprensión de soluciones teóricas, así como la implementación de diferentes métodos numéricos y su traducción en código. En este proceso, se examinó la estabilidad de las órbitas y se visualizaron trayectorias, lo que permitió no solo validar los resultados sino también extender el análisis hacia otras soluciones con propiedades de simetría o periodicidad. Desde un enfoque pedagógico, esta experiencia de investigación promovió el aprendizaje activo a través de la modelación computacional y la interpretación crítica de resultados. Al mismo tiempo, fortaleció el pensamiento computacional al exigir la abstracción del sistema físico, la implementación de algoritmos, la gestión de errores y la visualización de fenómenos complejos.

**Palabras Clave:** Simulación computacional; Simetría; Aprendizaje activo.

## ED005. Impresión 3D como Herramienta para la Física

**Autores:** Samuel Herrera Castañeda

**Afiliaciones:** Universidad EIA, C. P. 055428, Envigado, Colombia.

**Resumen:** La impresión 3D es un proceso de fabricación aditivo, es decir, se añade material para poder crear un diseño tridimensional. Esta nos permite crear diferentes piezas, figuras, herramientas, entre otros, en donde la única limitación de esta es la capacidad creativa del ser humano. A pesar de lo que se piensa, la impresión 3D tiene grandes retos, los cuales se solucionan con prueba y error, identificando los principios fundamentales que rigen su funcionamiento. Este enfoque, basado en la experimentación iterativa, constituye la esencia de la física, permitiendo descubrir las leyes subyacentes que permiten predecir y controlar su comportamiento.

La importancia de este tema en el campo de la física está en que la impresión 3D tiene el potencial de transformar la forma en que diseñamos y fabricamos instrumentos experimentales, prototipos y modelos educativos, lo que podría mejorar la eficiencia en el desarrollo de tecnologías accesibles y flexibles para la creación de prototipos y herramientas, así como en el desarrollo de nuevos experimentos que generen un mayor interés en los conceptos de la física en el aula de clase.

**Palabras Clave:** Impresión 3D; prototipos; experimentación iterativa; innovación; emprendimiento.

**Autor de correspondencia:** [samuel.herrera43@eia.edu.co](mailto:samuel.herrera43@eia.edu.co)

## ED006. La Magia de la Ciencia: Luz, Color y Curiosidad

**Autores:** Ricardo León Restrepo Arango<sup>1</sup>, Valerie Paola Giraldo Trujillo<sup>1</sup>, Carolina Molina Botero<sup>1</sup>, Mariana Ramírez Uribe<sup>1</sup>, Daniel Uribe Henao<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, C. P. 0554228, Envigado, Colombia.

**Resumen:** El semillero de investigación *La Magia de la Ciencia* busca despertar el interés por las Ciencias Naturales mediante actividades prácticas que evidencian su impacto en la vida cotidiana y el bienestar social. A través de talleres, proyectos de divulgación y experimentos, los estudiantes han explorado fenómenos físicos, químicos y biológicos de forma creativa y significativa.

Entre los experimentos destacados se encuentran la construcción de un espectroscopio, que permite analizar la composición de la luz; el disco de Newton, utilizado para demostrar la mezcla de colores que conforman la luz blanca; y la creación de un holograma, que introduce conceptos de óptica y percepción visual. Estas experiencias han facilitado la comprensión de principios científicos complejos de manera accesible y atractiva.

El semillero fomenta el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la comunicación científica, fortaleciendo habilidades investigativas en los estudiantes y promoviendo una cultura de ciencia participativa. A través de sus actividades, *La Magia de la Ciencia* se consolida como un espacio de aprendizaje dinámico que conecta el conocimiento académico con la realidad cotidiana.

**Palabras Clave:** Divulgación y experimentos; Composición de la luz; Ciencia participativa.

**Autor de correspondencia:** [ricardo.restrepo@eia.edu.co](mailto:ricardo.restrepo@eia.edu.co)

## ED008. Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre”

1Jesus E Tovar, 2Luis F Polania M, 3 Emiro S Arrieta J, 4Ángel Arrieta J.

1,2Estudiantes de Lic. Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA. Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

3Docente de planta, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA , Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

4Docente de Física , Semillero FisTA, ITM, Medellín, Colombia

**Resumen:** Cuando se aborda la enseñanza de la Ley de inducción magnética, se encuentran desafíos importantes en términos de comprensión conceptual, sus usos y aplicaciones, particularmente en relación con el manejo adecuado de la ley de Faraday- Henry y la de Lenz.

Sabemos que la Inducción magnética, tiene como base la variación del flujo magnético con respecto al tiempo, donde el flujo magnético puede variar debido al campo magnético, el área de la espira o el ángulo formado entre el vector normal al área y el campo magnético. Estos conceptos requieren una atención pedagógica primaria por parte de los educadores y los educandos.

En este sentido, la presente contribución de investigación plantea el diseño de una estrategia pedagógica para la enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” con una cuenta de neodimio que atraviesa un tubo de aluminio y el otro de latón con longitudes de 50 cm, el tiempo de caída se registra con un sensor de tiempo, repitiendo la medida 5 veces. Al final, se calculan los promedios de los tiempos, observando con ellos que las propiedades eléctricas y/o magnéticas de los materiales usados, afectan el tiempo de caída de la cuenta de neodimio al atravesar estos dos tubos, dado a que aparecen las corrientes de Foucault o Eddy en los tubos que generan los campos magnéticos inducidos que desaceleran el movimiento de caída del imán de neodimio.

Palabras Clave: Enseñanza, inducción magnética, propiedades eléctricas y/o magnéticas.

Autor de correspondencia: U20191178477@usco.edu.co

## ED013. Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low $p_T$

Tomás Sosa Giraldo<sup>1</sup>, Juan José Montoya<sup>1</sup>, José David Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

**Resumen:** We present a systematic study of low- $p_T$  jets using event samples generated in MadGraph5 and analyzed with ROOT. Three production channels are considered:

1.  $qq^- \rightarrow Z \rightarrow bb^-$ , 2.  $qqm \rightarrow Z' \rightarrow bb^-$ , 3.  $g \rightarrow bb^-$

Jets are clustered with the anti- $k_T$  algorithm ( $R = 0,4$ ). By comparing their transverse-momentum spectra across multiple  $p_T$  selection thresholds, we uncover pronounced distinctions that will inform and enhance the development of deep-learning based b-tagging algorithms.

**Palabras Clave:** B-tagging; Deep Learning; Quark b

**Autor de correspondencia:** tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

## ED014. Laboratorio STEAM con objetos cotidianos: una experiencia del Museo de la Ciencia y el Juego de la Universidad Nacional de Colombia

**Autores:** Wilson Camilo Sarmiento Caro, Manuel Fredy Molina Caballero, Sandra Milena Sánchez Hastamorir, Luis Javier Gómez Molina, Juan Sebastian López Sánchez, Juan Pablo Garavito Muñoz.

**Afiliaciones:** Universidad Nacional de Colombia, Museo de la Ciencia y el Juego, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El proyecto tiene como objetivo diseñar un laboratorio STEAM partiendo de los talleres de ciencias y algunos programas del Museo de la Ciencia y el Juego, con el fin de fortalecer el aprendizaje significativo de la mecánica clásica mediante la recontextualización de talleres sobre cinemática, energía potencial y cinética, trabajo y uso de máquinas simples a partir de objetos cotidianos y material didáctico y de laboratorio del Programa Recreo.

La metodología se basa en el aprendizaje basado en proyectos, dónde los estudiantes construyen máquinas o juguetes empleando materiales cotidianos y de bajo costo. Este enfoque favorece el pensamiento de diseño, el desarrollo de la creatividad, la resolución de problemas y la comprensión de fenómenos físicos mediante la experimentación práctica. Además, se pretende que esta estrategia pueda ser replicada en instituciones educativas con recursos limitados, sirviendo como una alternativa incluyente y sostenible en la enseñanza de las ciencias.

Los resultados evidencian un aumento en la motivación y el interés de los estudiantes al relacionar conceptos teóricos con experiencias prácticas, así como un fortalecimiento de la capacidad de aplicar conocimientos a situaciones reales. En conclusión, la integración del enfoque STEAM, el uso de objetos cotidianos como mediadores pedagógicos proporciona una estrategia pedagógica innovadora que democratiza el acceso a la ciencia y la tecnología, enriqueciendo la enseñanza de la física en la educación media.

**Palabras Clave:** STEAM; Objeto cotidiano; recontextualizar; Accesibilidad; Juego.

**Autor de correspondencia:** [mcj\\_fcbog@unal.edu.co](mailto:mcj_fcbog@unal.edu.co)

## ED015. Orígenes del Concepto Ondulatorio del Electrón antes de Louis de Broglie

**Autores:** Beynor Antonio Paez-Sierra<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

**Resumen:** Generalmente, en los cursos de mecánica cuántica y en numerosos textos sobre el mismo tema, atribuyen el origen del carácter ondulatorio del electrón a Louis de Broglie. El objetivo del presente trabajo es mostrar las evidencias experimentales que revelaron el carácter ondulatorio del electrón.

En especial, se discuten los trabajos conjuntos de C. Davisson y C. H. Kunsman desarrollados entre 1921 y 1923. En particular, se analizan los trabajos de C. Davisson y C. H. Kunsman realizados entre 1921 y 1923. La investigación, iniciada en 1921, se centró en la dispersión de electrones por superficies de níquel. Los autores observaron máximos y mínimos en la distribución de los electrones dispersados, los cuales sufrían deflexiones bien definidas sin una pérdida apreciable de energía.

Luego en 1923 los experimentos de C. Davisson y C. H. Kunsman se extendieron a la dispersión de los electrones por superficies de platino y magnesio, donde también se observaron patrones de difracción.

Generalmente, la mayoría de los textos clásicos de mecánica cuántica omiten el trabajo conjunto de Kunsman y Davisson, que dieron las evidencias experimentales del carácter ondulatorio del electrón, enfocándose únicamente en el experimento de 1927 de Davisson y Germer y el cual consideran como la comprobación de la hipótesis planteada en 1924 por Louis de Broglie.

**Palabras Clave:** C. H. Kunsman y Davisson; dualidad onda-partícula; de Broglie.

**Autor de correspondencia:** [beynor.paez@unimilitar.edu.co](mailto:beynor.paez@unimilitar.edu.co)

**Agradecimientos:** El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto INV-CIAS3952.



## Capítulo 7

# ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN (ED)

### *Ponencias Poster*

## ED004. Estudio computacional autoconsistente de un modelo unidimensional tipo DFT: implementación en C++ y análisis de condiciones iniciales para la densidad electrónica

**Autores:** Oscar J. Cogua A.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo presenta el desarrollo de un código en C++ que implementa un modelo simplificado de la teoría del funcional de la densidad (DFT) en una dimensión espacial. El objetivo es comprender de manera directa el funcionamiento de los ciclos autoconsistentes (SCF) y la estructura básica de programas como \*Quantum ESPRESSO\* o \*Wien2k\*, mediante una implementación construida desde cero.

El código resuelve la ecuación de Kohn-Sham utilizando un potencial efectivo generado a partir de una densidad electrónica inicial, la cual se actualiza iterativamente hasta alcanzar la convergencia. Se permite experimentar con diferentes condiciones iniciales para la densidad, como distribuciones gaussianas, uniformes o con múltiples picos, con el fin de observar su influencia sobre el proceso de convergencia.

La discretización espacial se realiza mediante diferencias finitas, y la diagonalización del Hamiltoniano se lleva a cabo utilizando la librería \*Eigen\*. Se calcula la energía química, la densidad electrónica final y la energía total del sistema. La evolución de la densidad se visualiza con \*gnuplot\* para facilitar el análisis cualitativo y cuantitativo.

Aunque el modelo es elemental, resulta útil para ilustrar con claridad los principios fundamentales de la DFT computacional. Este enfoque resulta especialmente valioso como herramienta pedagógica para estudiantes interesados en entender la dinámica interna de los códigos de estructura electrónica desde una perspectiva constructiva.

**Palabras Clave:** DFT; Simulación computacional; Autoconsistencia; Densidad electrónica.

**Autor de correspondencia:** [ojcoguaa@udistrital.edu.co](mailto:ojcoguaa@udistrital.edu.co)

## ED010. Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física

Alejandro Vela Morales<sup>1</sup>, Gonzalo Edgardo Pedraza G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana / Facultad Ciencias Exactas y Naturales – Programa de Física, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20201188557@usco.edu.co

**Resumen:** Este estudio propone analizar el comportamiento del flujo vehicular en el paso elevado entre la Universidad Surcolombiana y la clínica "Medilaser.<sup>en</sup> Neiva, con el objetivo de caracterizar las condiciones de flujo en los pasos peatonales elevados y, consecuentemente, generar conciencia sobre la cultura vial. El paso elevado es una estructura diseñada para optimizar el flujo de tráfico y reducir puntos de conflicto, donde su uso es solo para peatones, pero su eficacia depende en gran medida del comportamiento de los usuarios. Se aplicarán conceptos físicos fundamentales y la interacción de elementos en un sistema, tratando el tráfico como un sistema dinámico complejo donde las decisiones individuales impactan el colectivo. Utilizando datos reales del flujo vial, se simulará como autómatas celulares en un entorno virtual y controlado el comportamiento de los actores viales.

Los resultados buscarán evidenciar cómo conceptos Físicos revelan patrones de uso inadecuado del paso elevado, la falta de empatía entre conductores y peatones, y la transgresión de normas de tránsito. Por ejemplo, se registran cifras significativas de siniestros viales anualmente, muchos de ellos atribuibles a imprudencia y falta de cultura ciudadana. Se espera concluir que la física ofrece herramientas predictivas y analíticas poderosas para entender dinámicas complejas del mundo real, contribuyendo no solo a la promoción de una mejor cultura vial, sino también destacando la relevancia de la ciencia en la solución de problemas cotidianos y la sensibilización social hacia un entorno urbano más seguro y armónico.

**Palabras Clave:** Física aplicada; Flujo vehicular; Simulación Python

**Autor de correspondencia:** u20201188557@usco.edu.co

## ED012. Misión Radiactiva

**Autores:** María Fernanda Robles Cifuentes<sup>1</sup>, Aura Jazmín Pérez Ríos<sup>1</sup>, María Camila González Basto<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** “Misión Radiactiva” es una propuesta educativa innovadora desarrollada por el Laboratorio de Radiometría Ambiental y el Laboratorio de Radioquímica del Servicio Geológico Colombiano, con el propósito de acercar al público, especialmente a jóvenes desde los 12 años, al conocimiento de los procesos de decaimiento radiactivo y a la comprensión de la tabla de radionúclidos, a través de una experiencia lúdica, participativa y significativa.

Este juego combina el entretenimiento con el aprendizaje, utilizando un tablero temático y dados especiales (uno numérico y otro con tipos de decaimiento) que permiten a los jugadores aprender sobre los distintos tipos de desintegración nuclear de forma activa.

La dinámica está alineada con los Derechos Básicos de Aprendizaje del Ministerio de Educación en el área de ciencias naturales. Desde el Servicio Geológico Colombiano, se busca implementar esta herramienta como parte de una estrategia pedagógica que aporte conocimiento en radiactividad, protección radiológica y fortalezca la educación científica desde edades tempranas.

**Palabras Clave:** Decaimiento radiactivo; radionúclido; seguridad radiológica.

**Autor de correspondencia:** [mfrobles@sgc.gov.co](mailto:mfrobles@sgc.gov.co)

## Capítulo 8

# ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (EMA)

### *Ponencias Orales*

## EMA001. Estudio catalizadores de alúmina-níquel

Juan Manuel Mora Bedoya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle, Cali, Colombia

juan.manuel.mora@correounivalle.edu.co

**Resumen:** Este estudio investigó catalizadores de alúmina-níquel (5 %, 10 % y 15 % Ni) para hidrogenación de dibencil tolueno (DBT) y bencil tolueno (BT), portadores orgánicos de hidrógeno (LOHCs). Los catalizadores se sintetizaron mediante impregnación acuosa saturada y se caracterizaron por SEM-EDS, BET y TEM. Las pruebas catalíticas en reactor Parr (150–200 °C, 16 bar H<sub>2</sub>) mostraron que la concentración de níquel afecta significativamente la actividad catalítica.

Los análisis de presión vs tiempo revelaron que el catalizador con 10 % Ni presenta la mayor eficiencia, con una caída de presión más rápida y completa que indica mayor consumo de hidrógeno. La caracterización por TEM y EDS confirmó una dispersión metálica óptima y distribución homogénea de partículas de níquel en esta formulación.

Los catalizadores con 15 % Ni mostraron aglomeración de partículas que redujo el área superficial efectiva, mientras que el 5 % Ni presentó insuficientes sitios activos. Los análisis GC-MS confirmaron la conversión completa a hidrogenados (H<sub>12</sub>-DBT/H<sub>6</sub>-BT) con el catalizador de 10 % Ni.

Estos resultados demuestran que una concentración óptima de níquel (10 %) maximiza la actividad catalítica mediante una dispersión metálica eficiente, ofreciendo una alternativa de bajo costo a catalizadores basados en metales nobles para sistemas LOHC.

**Palabras Clave:** Almacenamiento de hidrógeno; Portadores Orgánicos Líquidos de Hidrógeno (LOHC); Catalizadores de níquel-alúmina; Hidrogenación; Dibencil tolueno (DBT).

## EMA004. ESIPT in 2-(1H-phenanthro[9,10-d]imidazol-2-yl)phenol in solution: Insights from *Ab Initio* Molecular Dynamics

**Autores:** M. Jo Moreno<sup>1</sup>, Viena Catalina Cortecero-Gomez<sup>1</sup>, William Rodríguez-Córdoba<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Calle 59A No. 63-20, A.A. 3840, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Understanding ultrafast relaxation mechanisms in molecules that undergo ESIPT is essential for designing functional materials with specific photophysical behaviors. The relaxation dynamics of the excited state of 2-(1H-phenanthro[9,10-d]imidazol-2-yl)phenol in tetrahydrofuran (THF) solution were explored using a combination of static DFT/TD-DFT calculations and excited-state *ab initio* molecular dynamics simulations.

The computational results reveal two competing deactivation pathways from the enol Franck–Condon state: fluorescence emission from the locally excited enol form, and an enol-to-keto phototautomerization facilitated by an excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT) process. The resulting keto tautomer exhibits fluorescence and may further relax either by radiative decay to the ground state or via the formation of an intramolecular charge transfer (ICT) state.

Molecular dynamics trajectories support an efficient ESIPT mechanism, occurring on a timescale of approximately 300 femtoseconds in THF solution. These insights provide a deeper understanding of ESIPT-driven dynamics, relevant for designing high-speed fluorescent switches and responsive photonic systems.

**Palabras Clave:** QSAR; DFT; TDDFT.

**Autor de correspondencia:** [mjomoreno@unal.edu.co](mailto:mjomoreno@unal.edu.co)

## EMA007. Diagnóstico de Eficiencia Energética y Diseño de Estrategias en la UNAL Sede La Paz

**Autores:** J. Roperol-Lozano<sup>1,3</sup>, J. Montes-Monsalve<sup>2,3</sup>, A. Álvarez-Meza<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz. <sup>2</sup> Profesor y Director, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz. <sup>3</sup> Semillero Aprovechamiento de la Energía Solar y Eficiencia Energética. <sup>4</sup> Profesor, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

**Resumen:** Este estudio presenta un diagnóstico sistemático de la eficiencia energética en la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, para formular un plan de acción orientado a la optimización de su elevado consumo histórico. Se implementó un sistema de monitoreo basado en tecnología del Internet de las Cosas (IoT) en diferentes circuitos de la universidad, registrando datos de consumo eléctrico y variables térmicas.

La metodología integró la validación de datos con la facturación, la identificación de Usos Significativos de la Energía (USE), implementación de una Línea Base Energética (EnB) como herramienta diagnóstico y el análisis estadístico de anomalías mediante el método del Rango Inter-cuartílico (IQR).

Los resultados evidencian que los sistemas de aire acondicionado (AC) son el principal consumidor, con una participación superior al 95 % de la carga total monitoreada. Se determinó que los laboratorios del Bloque 30 son los mayores demandantes de energía, destacando el Laboratorio de Química, cuyo equipo representa individualmente el 30 % del total monitoreado debido a sus altas cargas térmicas internas y operación extendida.

El plan de acción propuesto, centrado en medidas operacionales y de bajo costo, tiene un potencial de ahorro anual cuantificado superior a los 28,000 kWh, lo que se traduce en una reducción de costos operativos estimados en 24 millones de pesos al año. Este trabajo demuestra la alta rentabilidad de la gestión energética y valida el monitoreo detallado como una herramienta clave para la identificación y cuantificación de oportunidades de mejora en campus universitarios.

**Palabras Clave:** Eficiencia energética; Gestión de la energía; ISO 50001; Línea base energética; Consumo eléctrico; IoT; Climatización; Edificios universitarios.

**Autor de correspondencia:** [jroperol@unal.edu.co](mailto:jroperol@unal.edu.co), [jimontesm@unal.edu.co](mailto:jimontesm@unal.edu.co), [amalvarezme@unal.edu.co](mailto:amalvarezme@unal.edu.co)

## EMA013. Fortaleciendo la radiometría nacional: comparación de métodos de corrección por autoabsorción en espectrometría gamma

**Autores:** J.C. Delgado-Saavedra<sup>1</sup>, A.M. García<sup>2</sup>, M.C. González<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,2,3</sup> Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia.

**Correos:** <sup>1</sup> [jcdelgado@sgc.gov.co](mailto:jcdelgado@sgc.gov.co) <sup>2</sup> [amgarcia@sgc.gov.co](mailto:amgarcia@sgc.gov.co) <sup>3</sup> [mcongalez@sgc.gov.co](mailto:mcongalez@sgc.gov.co)

**Resumen:** Los factores de corrección por autoabsorción (FCA) son esenciales en espectrometría gamma para la cuantificación precisa de la actividad en muestras, especialmente ambientales, donde la densidad y composición son variables. El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar tres metodologías para la determinación de estos factores.

Para ello, se calcularon los FCA en una geometría definida con densidades variables mediante tres enfoques: simulación con el software LabSOCS, cálculos teóricos y mediciones experimentales.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), obteniendo un estadístico  $F = 0,422$  y un valor  $p = 0,662$ , lo que demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos.

Se concluye que los tres enfoques son igualmente válidos, permitiendo a los laboratorios implementar el más conveniente según sus capacidades técnicas. Adicionalmente, se confirmó la relación directa entre los factores de corrección, la densidad de la muestra y la energía de los fotones, y se observó que estos factores son independientes de la eficiencia relativa del sistema de detección empleado.

**Palabras Clave:** Autoabsorción; espectrometría gamma; LabSOCS.

## EMA021. DFT-Based Investigation of CO<sub>2</sub> Adsorption on Graphene and Graphene Oxide Structures

**Autores:** Erica Valencia Gómez<sup>a</sup>, Jose Gutiérrez Londoño<sup>b,e</sup>, Cristian Villa Zabala<sup>c</sup>, Jhon Prías Barragán<sup>a,d</sup>, Jonathan Guerrero Sánchez<sup>e</sup>

**Afiliaciones:** <sup>a</sup> Interdisciplinary Institute of Sciences, Doctoral Program in Sciences, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. <sup>b</sup> Scientific Research and Higher Education Center of Ensenada, Baja California, Code 22860, Mexico. <sup>c</sup> Chemistry Program, Doctoral Program in Sciences, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. <sup>d</sup> Interdisciplinary Institute of Sciences, Doctoral Program in Physical Science and EITP, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. <sup>e</sup> Virtual Materials Modeling Laboratory, Center for Nanoscience and Nanotechnology, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, Mexico.

**Autor de correspondencia:** [ekvalenciag@uqvirtual.edu.co](mailto:ekvalenciag@uqvirtual.edu.co)

**Resumen:** In response to the rising concentration of greenhouse gases-particularly carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) this study explores potential carbon capture strategies through the adsorption of CO<sub>2</sub> onto graphene (C<sub>100</sub>H<sub>26</sub>) and graphene oxide (GO) structures. Density functional theory (DFT) calculations were carried out using the generalized gradient approximation (GGA) with the Perdew–Burke–Ernzerhof (PBE) functional. GO structures with varying oxygen content (5 %, 9 %, 13 %, and 16 %) were modeled to assess the effect of oxidation on adsorption. Adsorption energies ranged from -0.32 to -0.16 eV, indicating weak van der Waals interactions and suggesting a physisorption mechanism in all cases.

The results highlight the potential of graphene oxide as a candidate material for carbon capture applications, with implications for clean energy and environmental technologies.

**Palabras Clave:** Graphene oxide; carbon dioxide; DFT; PBE; physisorption.

## EMA022. Instrumentación de un banco de pruebas para la evaluación térmica de colectores solares planos

**Autores:** Jorge Mario Hincapié<sup>1</sup>, Beatriz Cruz Muñoz<sup>1</sup>, Rubén Dorantes Rodríguez<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México.

**Resumen:** Una forma de aprovechar la energía solar es mediante colectores solares planos, dispositivos que concentran la energía térmica radiante y la transfieren a un fluido calotransportador, transformándola en energía útil para aplicaciones como climatización de agua sanitaria o piscinas.

El rendimiento térmico depende de factores como condiciones meteorológicas, materiales del acumulador, distribución hidráulica y nivel de automatización. Este trabajo se enfoca en la instrumentación de un prototipo de colector solar plano de superficie selectiva y de un banco de pruebas escalable para evaluar su eficiencia térmica.

La instrumentación se diseñó conforme a la norma técnica colombiana NTC 54-34-2, que define métodos de ensayo y cálculos para determinar el rendimiento en estados estacionarios y cuasi-dinámicos.

Se detallan los equipos y transductores empleados para medir variables físicas críticas, incluyendo temperatura de entrada, salida y ambiente, irradiación solar, flujo, montaje e inclinación del colector. Asimismo, se describe el software de control implementado para asegurar condiciones de ensayo precisas y repetibles.

Se presentan las curvas de eficiencia del prototipo obtenidas a partir de diversas pruebas realizadas bajo condiciones meteorológicas normales y simuladas, variando parámetros clave como el flujo del fluido calotransportador y la inclinación del colector, con el objetivo de verificar su influencia directa en la eficiencia térmica del sistema.

Además, se evalúan los ajustes necesarios en el banco de pruebas para adaptarlo a aplicaciones industriales, garantizando mediciones fiables y optimizando el desempeño de los colectores en diferentes escenarios operativos.

**Palabras Clave:** Colector solar; banco de pruebas; eficiencia térmica.

**Autor de correspondencia:** [jmhincapie@utp.edu.co](mailto:jmhincapie@utp.edu.co)



## Capítulo 9

# ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE (EMA)

*Ponencias Poster*

## EMA008. Biochar ferromagnético de residuos agrícolas de Dominico-Hartón para la remoción de colorantes contaminantes de agua

**Autores:** María José Arbeláez Arias<sup>1,\*</sup>, Julio César Mosquera<sup>1,3</sup>, Alexander Gaitán<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, P.O. Box: 630004, Armenia, Colombia. <sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, P.O. Box: 630004, Armenia, Colombia. <sup>3</sup> Programa de Física, Universidad del Quindío, P.O. Box: 630004, Armenia, Colombia.

**Resumen:** El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de adsorción de biochar magnético, obtenido a partir de residuos agrícolas de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*), en la eliminación de violeta cristal (VC) y verde malaquita (VM) en soluciones acuosas.

El biochar se produjo mediante pirólisis del pseudotallo y posteriormente se modificó superficialmente con sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) para proporcionar propiedades magnéticas. La caracterización se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDS). Asimismo, se obtuvieron espectroscopías infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y Raman antes y después de las pruebas de adsorción.

Los ensayos de adsorción se llevaron a cabo en soluciones de 7 ppm de cada colorante, evaluando la cinética mediante modelos de pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden e intrapartícula. La caracterización fisicoquímica del biochar magnético reveló una buena dispersión de partículas de Fe en su superficie.

Los resultados evidenciaron que el biochar magnético presentó capacidad de adsorción, alcanzando una eficiencia del 99.06 % para VC en 150 minutos y del 97.45 % para VM en 180 minutos. La rápida eliminación inicial en los primeros 15 minutos reflejó la abundancia de sitios activos en la superficie del material.

La cinética de adsorción se ajustó al modelo de pseudo-segundo orden ( $R^2 > 0.99$ ). Las espectroscopías confirmaron la afinidad entre los grupos funcionales del biochar magnético y las moléculas de los colorantes. Estos resultados indican que soluciones acuosas contaminadas con colorantes tóxicos que afectan fauna, flora y salud humana pueden ser tratadas eficazmente con biochar magnético.

**Palabras Clave:** Biochar magnético; Adsorción de colorantes; Residuos agrícolas.

**Autor de correspondencia:** [majosearbelaez@uniquindio.edu.co](mailto:majosearbelaez@uniquindio.edu.co)

## EMA010. Síntesis de partículas de Carbon Black y su influencia como reemplazo parcial del cemento

**Autores:** Deibys Josué Márquez<sup>1</sup>, Julio Cesar Mosquera<sup>1,2</sup>, Alexander Gaitán<sup>1,3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. <sup>2</sup> Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. <sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

**Resumen:** Este estudio evaluó la síntesis de nanopartículas de negro de humo (CB) mediante pirólisis de neumáticos de desecho y su aplicación como reemplazo parcial del cemento en morteros, sin incorporar superplastificantes, para desarrollar materiales sostenibles con potencial en el monitoreo de salud estructural (SHM).

Las nanopartículas de CB, caracterizadas mediante FTIR-ATR, EDX y SEM, mostraron un alto contenido de carbono (86.98 % en peso), grupos funcionales oxigenados (C–O) y un tamaño promedio de 35 nm con tendencia a la aglomeración.

Mediante la espectroscopía micro-Raman se identificaron las fases del Clínger (C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF) y el producto de hidratación (C–S–H) en los morteros, cuya variación se correlacionó con la resistencia mecánica.

Se prepararon morteros con reemplazos de cemento del 0 %, 1 %, 3 %, 5 % y 7 % por CB, evaluando su resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado. El mortero con 3 % de CB alcanzó una resistencia comparable al convencional (14.63 MPa a 28 días), a pesar de la menor cantidad de cemento y la ausencia de aditivos fluidificantes.

Reemplazos superiores al 3 % redujeron la resistencia, probablemente debido a la aglomeración de partículas y la disminución del contenido de cemento.

Este enfoque innovador disminuye el uso de cemento, elimina la necesidad de superplastificantes y reduce costos y el impacto ambiental, posicionando al CB como un material suplementario viable para morteros piezorresistivos. Así, contribuye a la gestión de residuos y a la sostenibilidad en la construcción.

**Palabras Clave:** Negro de humo; Morteros de cemento; Pirólisis.

**Autor de correspondencia:** [djmarquezc@uniquindio.edu.co](mailto:djmarquezc@uniquindio.edu.co)

## EMA012. Numerical Solution of the Swing Equation for Transient Stability Analysis of a Synchronous Generator

J. J. Zapata<sup>1</sup>, J. D. Cifuentes<sup>1</sup>, M. R. Fulla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia

juazapatamo@unal.edu.co

**Abstract:** The swing equation is a fundamental model for analyzing transient stability in power systems with synchronous generators, as it describes the rotor's angular dynamics during disturbances (Sauer & Pai, 2017). This work derives the swing equation from Newton's second law for rotation, considering mechanical, electromagnetic, and damping torques.

Expressed in the per-unit system, the equation links rotor angular acceleration to the power imbalance between mechanical input and electrical output.

The equation is solved using the fourth-order Runge-Kutta (RK4) method, widely recognized for its accuracy and stability in dynamic simulations of electrical and electromagnetic systems.

This approach enables the study of synchronous generator behavior under various operating conditions and disturbances. Results reveal stability regions and operational safety margins, providing insights for power system design and protection.

Case studies show that small parameter variations can cause significant instability, highlighting the importance of oscillation models and robust numerical techniques.

**Keywords:** Synchronous generator; swing equation; transient stability.

## EMA020. Measurements of CO<sub>2</sub> capture from pollutant gases generated by internal combustion engines in graphene-based materials

Daniel Martínez Valencia<sup>1,2</sup>, Jhon Prías Barragán<sup>2</sup>, Erica Valencia Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Programa de Química, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Quindío / Grupo Optoelectrónica / Interdisciplinary Institute of Sciences / Doctoral Program in Physical Science, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad del Quindío / Grupo Optoelectrónica / Interdisciplinary Institute of Sciences / Doctoral Program in Chemistry Science, Armenia, Colombia

damartinezv@uqvirtual.edu.co

**Abstract:** The mitigation of greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), is a global priority as anthropogenic activities continue to increase its atmospheric concentration and intensify climate change.

Graphene-based materials offer promising properties for CO<sub>2</sub> capture. In this study, graphene oxide (GO) foams and activated carbon-graphene oxide (AC-GO) composites were tested using exhaust gases from an internal combustion engine and a commercial CO<sub>2</sub> sensor.

GO showed superior performance, with 97.32 % of dynamical efficiency and 81.37 % of dynamic yield, compared to 96.58 % and 71.65 % for AC-GO.

To examine the effect of temperature, GO was further tested under a gradient, revealing a progressive decrease in both dynamics' efficiency and yield as temperature increased, possibly attributed to molecular reflections of CO<sub>2</sub> onto surface pores.

Despite this decline, both GO and AC-GO remain effective under ambient and moderately demanding conditions.

These results highlight their potential for the development of filtration systems aimed at reducing CO<sub>2</sub> emissions and contributing to environmental remediation.

**Keywords:** Graphene oxide; CO<sub>2</sub> capture; Adsorption efficiency; Greenhouse gas mitigation; Porous materials.

## EMA022. Tratamiento de aguas mieles usando nanopartículas de CaO obtenidas por precipitación controlada

Carol Aguilar<sup>1</sup>, Sandra Morales<sup>2</sup>, Mónica Risueño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Ibagué-Tolima, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán-Cauca, Colombia

cjaguilarp@ut.edu.co

**Resumen:** Esta investigación propone un sistema sostenible para tratar aguas mieles del beneficiado húmedo del café, un efluente con alta carga orgánica, acidez y sólidos suspendidos que suele verterse sin tratamiento en zonas rurales.

El sistema se basa en nanopartículas de óxido de calcio (CaO), material con doble funcionalidad: mejora de propiedades fisicoquímicas del suelo y fotocatalisis de contaminantes.

En la literatura, el CaO ha mostrado alta eficacia en la fotodegradación de compuestos orgánicos recalcitrantes como los colorantes industriales azul de metileno y rojo Congo, presentes comúnmente en efluentes de difícil manejo.

Las nanopartículas se sintetizaron por precipitación controlada empleando cáscaras de huevo como fuente alternativa de calcio.

Se realizaron XRD, SEM y UV-Vis de reflectancia difusa para caracterizar fase, morfología y brecha de banda, confirmando su potencial fotocatalítico.

La capacidad de degradación se evaluó con muestras reales de aguas mieles mediante UV-Vis, monitoreando la disminución de bandas características.

A 1.5 g/L, se alcanzó 81 % de degradación, demostrando la eficacia del proceso y su potencial para el tratamiento sostenible de efluentes en regiones cafeteras.

**Palabras Clave:** Aguas mieles; Óxido de calcio; Tratamiento de aguas residuales.

**Autor de correspondencia:** cjaguilarp@ut.edu.co

**Modalidad:** Póster

Capítulo 10

# FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN (FAI)

*Ponencias Orales*

## FAI001. Prototipo de Medición de Radiación Ionizante

Felipe Andres El masri Ustariz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia

sebastianelmasri@gmail.com, faelmasriu@udistrital.edu.co

**Resumen:** Este estudio, realizado en el Laboratorio de Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desarrolló un prototipo de bajo costo para la detección y cuantificación de radiación ionizante, integrando un sistema basado en Arduino con componentes especializados. El diseño incorporó un tubo Geiger-Müller y un semiconductor BPW34, calibrados en microsievverts por hora ( $\mu\text{Sv/h}$ ), organizados en tres módulos principales: (a) etapa de detección, (b) acondicionamiento de señal mediante un amplificador operacional AD620, y (c) procesamiento de pulsos con un comparador LM311. El software, programado en Arduino IDE 2.3.2, incluyó una interfaz gráfica para visualización de datos en tiempo real y funciones de calibración utilizando fuentes radiactivas de Cesio-137 y Radio-226 como referencia.

Los ensayos experimentales con radiación gamma y rayos X demostraron diferencias significativas en la sensibilidad de los detectores: el tubo Geiger-Müller mostró mayor eficiencia en la detección de fotones gamma, mientras que el semiconductor BPW34 presentó limitaciones en este rango energético. El análisis estadístico reveló que incrementar el tiempo de medición redujo sistemáticamente el error experimental, mejorando la precisión del sistema. Aunque el prototipo cumplió con los objetivos planteados, se identificó que el uso de semiconductores de germanio podría optimizar su sensibilidad.

Este trabajo contribuye al desarrollo de herramientas educativas en física nuclear, demostrando que sistemas electrónicos accesibles pueden emplearse para estudios cuantitativos en radioprotección. El diseño modular permite futuras mejoras, como la implementación de algoritmos de corrección automática o la integración de sensores de mayor resolución.

**Palabras Clave:** radiación ionizante; educación en física; instrumentación científica

## FAI002. Sistema experimental de validación usando un dispositivo digital de microespejos

Daniel José Duque Tamayo, José David Bernal Restrepo, Alejandro Velez Zea, John Fredy Barrera Ramírez

Instituto de Física, Universidad de Antioquia

daniel.duque1@udea.edu.co

**Resumen:** Se implementa experimentalmente un correlador de transformada conjunta (CTC) en el dominio de Fourier como sistema óptico de validación de información. El plano de entrada del correlador, que contiene los dos objetos a comparar, se proyecta mediante un dispositivo digital de microespejos (DDM), un elemento de modulación binaria que opera por reflexión.

Se añade una máscara de fase aleatoria mediante un difusor físico situado a la salida del DDM. La información del plano de entrada es procesada usando una lente y la intensidad en el plano de salida del correlador, conocida como espectro conjunto de potencia (ECP), es registrada por una cámara CMOS. La transformada de Fourier del ECP contiene la autocorrelación de cada uno de los objetos y la correlación cruzada entre los objetos de referencia y comparación.

Al realizar un proceso de filtrado que suprime los términos de autocorrelación, se detectan los picos de correlación cruzada que cuantifican la similitud entre los objetos. Inicialmente, se comparan objetos completamente diferentes. Posteriormente, se realiza una prueba de oclusión, en la cual un objeto se compara con una versión de este que ha sido modificada mediante una máscara que introduce ruido binario aleatorio. Esta comparación se efectúa para distintos niveles porcentuales de ruido.

Se utilizan métricas objetivas con el propósito de estudiar cualitativamente la similitud entre los objetos. Los resultados obtenidos demuestran el funcionamiento del sistema con el DDM para validación óptica de información, evidenciando su potencial para el procesamiento óptico de información.

**Palabras Clave:** Validación; Dispositivo digital de microespejos; Correlador de transformada conjunta

### FAI003. Validación de información basada en un correlador de transformada conjunta y un modulador espacial de luz

José David Bernal Restrepo, Daniel José Duque Tamayo, Alejandro Velez Zea, John Fredy Barrera Ramírez

Instituto de Física, Universidad de Antioquia U de A, calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

[jdavid.bernal@udea.edu.co](mailto:jdavid.bernal@udea.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se presenta la implementación experimental de un sistema de validación que utiliza una arquitectura óptica de correlador de transformada conjunta (CTC). En el sistema, los objetos de referencia y de comparación son proyectados en un modulador espacial de luz (MEL) de transmisión, el cual representa el plano de entrada del sistema. Se incluye una máscara de fase aleatoria (vidrio difusor) situada frente al MEL que facilita el registro de la información en el plano de salida del CTC.

A través de un sistema óptico  $2f$ , se realiza la transformada de Fourier del plano de entrada, y mediante una cámara CMOS se registra su intensidad, conocida como espectro conjunto de potencias (ECP). Posteriormente, se aplica la transformada de Fourier al ECP, obteniéndose la autocorrelación de cada objeto (referencia y comparación) y su correlación cruzada.

La validación de la información es posible debido a que la intensidad de los picos de la correlación cruzada es proporcional al grado de similitud entre los objetos de referencia y de comparación. Se desarrollan dos pruebas: en la primera, se compara el objeto de referencia con versiones del mismo objeto modificadas mediante máscaras binarias que simulan oclusiones porcentuales aleatorias; la segunda consiste en determinar la correlación entre el objeto de referencia y un conjunto de objetos distintos de comparación.

Los resultados experimentales demuestran que el sistema implementado permite estimar adecuadamente las diferencias entre los objetos, permitiendo la validación de información.

**Palabras Clave:** validación de información; correlador de transformada conjunta; modulador espacial de luz

## FAI004. Microscopía Holográfica Digital usando Componentes Accesibles y de Bajo Costo

Laura S. Bravo-Revelo<sup>1</sup>, Carlos A. Buitrago-Duque<sup>1</sup>, Jorge Garcia-Sucerquia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia  
labravo@unal.edu.co

**Resumen:** La microscopía holográfica digital (DHM, por sus siglas en inglés) es una técnica que permite el estudio sin marcadores de muestras traslúcidas. Por medio de la traducción de variaciones de índice de refracción y topografía en valores cuantitativos fase del frente de onda recuperado, DHM extiende las aplicaciones de la microscopía óptica.

El alcance de DHM se ve frecuentemente limitado por la instrumentación optomecánica requerida para su implementación. Mientras la microscopía óptica convencional cuenta con múltiples reportes de dispositivos de bajo costo y alta accesibilidad, la DHM requiere el uso de componentes tradicionalmente limitados a laboratorios de investigación.

En este trabajo, se reporta un montaje óptico para la implementación de un DHM empleando componentes accesibles y de bajo costo, como lentes M12, espejos de manufactura masiva y punteros láser.

Se caracteriza el campo de visión, la resolución y la magnificación del dispositivo propuesto, demostrando la capacidad de adquirir imágenes cuantitativas de fase de muestras estándar de calibración y especímenes biológicos de interés común.

Los resultados obtenidos son competitivos con los obtenidos en un DHM de investigación que tiene un costo del orden de 18 veces del propuesto en esta contribución.

**Palabras Clave:** Microscopía holográfica digital; Instrumentación accesible; Imágenes cuantitativas de fase

## FAI005. Medición de Mapa de Dosis en Radiología Clínica con el Detector Triple-GEM

Daniel Mateo Mosquera Laguna<sup>1</sup>, Hector Fabio Castro Serrato<sup>2</sup>, Carlos Avila Bernal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

dmmosqueral@unal.edu.co, hfcastros@unal.edu.co, cavila@uniandes.edu.co

**Resumen:** La tesis presenta el desarrollo e implementación de un sistema de dosimetría en radiología clínica basado en el detector gaseoso Triple-GEM (Gas Electron Multiplier). Este detector, tradicionalmente usado en física de altas energías, es adaptado para medir mapas bidimensionales de dosis de radiación emitida por equipos de rayos X.

El estudio incluye la caracterización del detector, la calibración con fuentes conocidas, tubos de rayos X, y la validación mediante comparación con dosímetros clínicos convencionales.

Se destaca que el Triple-GEM ofrece ventajas sobre los dosímetros semiconductores actuales: mayor área de detección (10×10 cm), ausencia de obsolescencia por desgaste electrónico, bajo costo operativo y capacidad de generar imágenes similares a radiografías.

La investigación culmina con la demostración del funcionamiento del sistema en condiciones clínicas simuladas, proponiendo su futuro uso como dosímetro activo portátil para hospitales.

**Palabras Clave:** Triple-GEM; dosimetría; radiología clínica; detectores gaseosos; rayos X; mapa de dosis; VMM3a

## FAI006. Propiedades OSL en Microdiamantes HPHT Comerciales Expuestos a Radiación Beta y Tratamientos Térmicos Acumulativos

**Autores:** María Claudia Calderón-Martínez<sup>1</sup>, Rodrigo Melendrez<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Popular del Cesar, Laboratorio Óptica e Informática, Valledupar, Colombia. <sup>2</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Investigación en Física, Hermosillo, México.

**Resumen:** El estudio de materiales dosimétricos ha sido un tema ampliamente estudiado en las últimas décadas. En este aspecto, los diamantes sintéticos han surgido como un potencial material para aplicaciones dosimétricas.

En este trabajo se estudian y analizan las propiedades de Luminiscencia Ópticamente Estimulada (OSL) en muestras comerciales de microdiamante HPHT expuestas a tratamientos térmicos (TT) acumulativos en un rango de temperatura de 400–1000 °C.

Las muestras fueron adquiridas por la empresa PlasmaChem y están diferenciadas por el rango de tamaño suministrado por el proveedor. Fueron expuestas a un rango de dosis desde 0.1 Gy a 3.5 kGy y las medidas OSL se realizaron mediante estimulación óptica con luz infrarroja de 870 nm. Las mediciones OSL e irradiaciones fueron llevadas a cabo en el equipo Risø TL/OSL ( $\beta$ -radiación, <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y).

Las muestras se caracterizaron con las técnicas de SEM, XRD, Raman, FTIR, XPS y PL. Se observó que presentan la estructura cristalina típica para los diamantes, con presencia de picos en 43.9° (111) y 75.3° (220) en la técnica XRD, y un pico alrededor de los 1334 cm<sup>-1</sup> con los resultados del Raman.

Adicionalmente, se correlacionan, con las demás técnicas, defectos estructurales asociados a los nitrógenos y vacancias. Un hallazgo clave fue que los TT influyeron significativamente en la estabilidad de la señal OSL. En particular, el tratamiento a 1000 °C demostró una mayor estabilidad en la emisión OSL, así como una reducción en el desvanecimiento de la señal tras 24 h de almacenamiento en condiciones de oscuridad a temperatura ambiente, en comparación con muestras no tratadas o sometidas a menores temperaturas.

Estos resultados sugieren que los microdiamantes HPHT, especialmente después de un TT a alta temperatura, poseen prometedoras propiedades para su uso en dosimetría OSL.

**Palabras Clave:** Microdiamante; HPHT; OSL; Tratamientos térmicos.

**Autor de correspondencia:** [mariaccalderon@unicesar.edu.co](mailto:mariaccalderon@unicesar.edu.co)

## FAI007. Propiedades luminiscentes de aluminatos de estroncio dopados con $\text{Eu}^{2+}$ y $\text{Nd}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ bajo radiación beta

**Autores:** Jorge Iván Rojas<sup>1</sup>, Rodrigo Melendrez<sup>1</sup>, María Inés Gil<sup>1</sup>, Marcelino Barbosa<sup>1</sup>, María Claudia Calderón<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Investigación en Física, Hermosillo, México. <sup>2</sup> Universidad Popular del Cesar, Laboratorio de Óptica e Informática, Valledupar, Colombia.

**Resumen:** La finalidad de este trabajo está enfocada en investigar y analizar las emisiones luminiscentes de los aluminatos de estroncio dopados con  $\text{Eu}^{2+}$  y  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$  cuando son excitados por radiación beta ( $\beta$ ), con el fin de evaluar su potencial en aplicaciones como detectores de radiación y dosimetría.

Se reportan las emisiones AG (Luminiscencia persistente), OSL (Luminiscencia Ópticamente Estimulada) y TL (Termoluminiscencia) de los aluminatos. De estos se analizaron dos muestras diferenciadas por los dopantes presentes en la estructura de los aluminatos.

Las muestras fueron caracterizadas por las técnicas de SEM, XRD y FTIR. Para las irradiaciones, en un rango de dosis de 0.09 a 51 Gy, y medidas de la señal AG, TL y OSL se utilizó el equipo Risø TL/OSL ( $\beta$ -radiación,  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ).

Las medidas OSL se realizaron mediante estimulación óptica con luz infrarroja de 870 nm y la estimulación térmica para la señal TL fue llevada a cabo con una razón de temperatura de 5 °C/s.

Mediante la caracterización óptica y estructural de las muestras se evidenció una fase dominante típica de los  $\text{Sr}_4\text{Al}_{16}\text{O}_{25}$  (fase ortorrómbica) y una alta pureza en su composición química, con presencia de los grupos funcionales O–H y N–O.

El comportamiento de respuesta de dosis OSL y TL exhibe linealidad y regiones sublineales.

**Palabras Clave:** Aluminatos de estroncio; Luminiscencia; Radiación beta; OSL; TL.

**Autor de correspondencia:** [mariaccalderon@unicesar.edu.co](mailto:mariaccalderon@unicesar.edu.co)

## FAI009. Optimización de campos ópticos complejos para la generación no iterativa de hologramas de fase

Valentina Lobo Ruiz<sup>1</sup>, Alejandro Vélez Zea<sup>1</sup>, John Fredy Barrera Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Óptica y Fotónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia (UdeA), Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

valentina.lobo@udea.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se propone un método no iterativo para la generación de hologramas de solo fase en el dominio de Fresnel. Este método consiste en la optimización de campos ópticos complejos mediante descenso de gradiente estocástico. Posteriormente, el campo complejo optimizado se utiliza para la generación no iterativa de hologramas de solo fase de múltiples objetos.

Se evalúa el desempeño del método propuesto en función de la distancia de propagación y del número de iteraciones a partir de la calidad de los hologramas reconstruidos. Esta calidad se cuantifica utilizando métricas como el coeficiente de correlación, el error cuadrático medio y el índice de similitud estructural.

Las reconstrucciones obtenidas a partir de hologramas generados con el método propuesto se comparan, utilizando estas métricas, con las reconstrucciones de hologramas generados con fases aleatorias optimizadas en el dominio de Fresnel y con fases no optimizadas.

Los resultados evidencian una mejora en la calidad de las reconstrucciones obtenidas con nuestra propuesta a medida que el número de iteraciones aumenta, así como una calidad superior en comparación con los demás métodos evaluados.

Finalmente, se presentan las reconstrucciones experimentales obtenidas con un sistema de proyección holográfica basado en un modulador espacial de luz que opera en modo de solo fase para demostrar la validez de nuestra propuesta.

**Palabras Clave:** Holograma de solo fase; Optimización de campo complejo; Descenso de gradiente estocástico

**Autor de correspondencia:** valentina.lobo@udea.edu.co

## FAI014. Estudio experimental de propiedad magnética en dos tipos de arenas negras del departamento del Huila

**Autores:** Charid Cedeño<sup>1</sup>, Emiro Arrieta<sup>2</sup>, Carlos Cuellar<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Física, Grupo de Física Teórica, Semillero FísTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila. <sup>2</sup> Grupo de Física Teórica, Semillero FísTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila. <sup>3</sup> Grupo de Física Aplicada, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

**Resumen:** Sabemos que la materia se encuentra formada por átomos, constituidos por momentos dipolares magnéticos debido al movimiento de los electrones. La alineación de los dipolos magnéticos en algunos materiales que exhiben propiedades magnéticas (ferromagnéticos, paramagnéticos o diamagnéticos) puede ser total o parcial al someterse a campos magnéticos externos.

Adicionalmente, es importante anotar que algunos materiales presentan mayor remanencia magnética, influenciando la fuerza de atracción o repulsión magnética. Esta propiedad puede ser alterada por la temperatura de Curie, como lo es en el caso de los ferromagnéticos.

En esta contribución se presenta un estudio experimental para caracterizar la propiedad magnética en dos tipos de arenas negras provenientes de los ríos Iquira y Callejón del departamento del Huila. Para ello, en primera instancia, se evalúa la curva de histéresis que muestran estas arenas al usarse como complemento de una parte del núcleo de hierro de un transformador monofásico, comparando sus curvas de histéresis con la presentada por una muestra de limadura de hierro y observando un comportamiento similar.

Por otra parte, usando un solenoide y midiendo el campo magnético presente en su núcleo con o sin material de arena mediante un teslámetro (0.01 mT de precisión), se obtiene un valor de susceptibilidad magnética que se encuentra dentro de los ferromagnéticos débiles para ambas arenas negras.

**Palabras Clave:** Arenas negras; curvas de histéresis; susceptibilidad magnética.

**Autor de correspondencia:** [emiro.arrieta@usco.edu.co](mailto:emiro.arrieta@usco.edu.co)

## FAI016. Computational Study of Airfoil Icing on NACA 0024: A CFD Approach with ANSYS

**Autores:** R. Avella<sup>1</sup>, E. A. Gil González<sup>2,3</sup>, J. Gutiérrez Mora<sup>4</sup>, C. Arenas Martínez<sup>5</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,2,4,5</sup> Fundación Universitaria Los Libertadores, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Department of Aeronautical Engineering, A.A. 75087 Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Faculty of Engineering, A.A. 110221 Bogotá, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [rgavellas@unal.edu.co](mailto:rgavellas@unal.edu.co)

**Resumen:** Icing on aircraft surfaces continues to pose a critical safety risk, particularly for general aviation aircraft lacking advanced anti-icing systems. This study develops a predictive framework for identifying icing conditions on a thick symmetric airfoil (NACA 0024) by integrating Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations in ANSYS Fluent with thermodynamic phase analysis performed in MATLAB.

Pressure distributions under varying altitudes, flight velocities, and angles of attack (AOA) were computed, enabling the determination of stagnation temperatures and subsequent evaluation against water phase diagrams to predict ice onset. The findings reveal specific flight conditions that favor ice accretion on the leading edge, alongside quantified aerodynamic penalties in terms of lift reduction and drag increase.

A validated risk phase diagram is proposed, providing operational guidelines to improve flight safety under ice-prone atmospheric conditions.

**Palabras Clave:** Aircraft icing; CFD; ANSYS Fluent; NACA 0024; phase change; flight safety; water phase diagrams; critical flight conditions.

## FAI017. Determinación experimental de la conductividad térmica de tres tipos de arcillas del departamento del Huila

D. Polanco<sup>1</sup>, E. Arrieta<sup>2</sup>, C. Cuellar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Física, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

<sup>2</sup>Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

<sup>3</sup>Grupo de Física Aplicada, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

u20131118905@usco.edu.co

**Resumen:** Las arcillas presentan propiedades físicas y químicas que las hacen útiles en diversas aplicaciones. Su uso en la fabricación de productos cerámicos, aislantes y elementos estructurales en la industria energética destaca su valor estratégico. Sin embargo, la gran variabilidad en sus características, condicionadas por el origen geológico, color y composición química, hace razonable una caracterización precisa para optimizar su aprovechamiento.

Persisten vacíos en la comprensión de la relación entre propiedades físicas (como el color) y su comportamiento térmico, eléctrico o magnético, lo que limita el diseño de materiales funcionales y específicos.

Este trabajo presenta un estudio experimental enfocado en caracterizar tres tipos de arcillas recolectadas en algunas zonas del Huila, Colombia.

Las muestras fueron clasificadas por color y origen, y transformadas en placas estandarizadas a través de procesos de secado y cocción. Posteriormente, se aplicó el método de placa única para determinar su conductividad térmica, empleando una cámara térmica acoplada con sondas de temperatura y el Software Cassy Lab 2.

Los resultados indican valores de conductividad térmica típicos de materiales aislantes del calor, entre 0.19 W/mK y 0.212 W/mK, donde se evidencian variaciones directamente relacionadas con el color y el origen de las muestras.

**Palabras Clave:** Arcilla; conductividad térmica; cámara térmica.

## FAI019. Prototipado de un transiluminador (Dark Reader) eficiente y a bajo costo

Harol Daza<sup>1</sup>, Jorge Montes<sup>2</sup>, Duverney Chaverra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, Colombia.

<sup>2</sup>Profesor asistente, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, Colombia.

hdazac@unal.edu.co

**Resumen:** La visualización de ácidos nucleicos mediante la electroforesis en gel ha dependido de transiluminadores UV, los cuales son costosos y presentan riesgos para la seguridad del operario y la integridad de la muestra.

El objetivo fue construir un instrumento de grado científico que emplea una fuente de luz visible para excitar fluoróforos comunes de forma segura y a bajo costo.

Se diseñó un sistema basado en una matriz de diodos LED azules ( $\lambda \approx 460 - 470$  nm) de 5 mm en paralelo, alimentado por una fuente de poder de 9 V DC e integrado en una carcasa impresa en 3D.

Mediante un filtro óptico de acrílico traslúcido color ámbar sobre el gel se logra la visualización del ADN, permitiendo la captura de imágenes con un teléfono inteligente.

Se usaron imágenes digitales obtenidas por el equipo “GelDoc Go imaging system” de la empresa Bio-Rad como control para comparar el rendimiento de nuestro prototipo.

Nuestro prototipo, con un costo de fabricación inferior a 30 USD, alcanza un límite de detección de  $\approx 13.8$  ng para fragmentos de ADN de 750 pb. Este rendimiento es comparable al de equipos comerciales cuyo valor supera los 15,000 USD.

En conclusión, este prototipo usando luz azul representa una alternativa segura y económica que democratiza el acceso a técnicas de biología molecular.

**Palabras Clave:** Electroforesis; luz azul; Biotecnología.

## FAI023. Corrección de errores cuadrupolares con el método de Salto de Acción y Fase en las regiones de interacción del Futuro Colisionador Circular o FCC

Juan Diego Torres<sup>1</sup>, Santiago Acosta<sup>2</sup>, Nicolás Manrique<sup>3</sup>, Javier Fernando Cardona<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

mmanrique@unal.edu.co

**Resumen:** Se generaliza la estimación de errores cuadrupolares equivalentes (QEE) en las regiones de interacción de aceleradores de partículas, en el contexto del método de Salto de Acción y Fase (APJ por sus siglas en inglés), al eliminar la suposición de simetrías en la red óptica, con el fin de aplicar correcciones a los errores cuadrupolares en regiones críticas del acelerador.

Se propone una ecuación que describe observables, en el marco del APJ, en la red óptica de un acelerador arbitrario en función de los QEE en cuadrupolos de corrección (CQ). Lo anterior resulta en un sistema de ecuaciones no lineales a partir del cual se extraen los valores de las correcciones a aplicar en los CQ haciendo uso de métodos numéricos, como la minimización de diferencias al cuadrado entre el modelo, parametrizado por los QEE, y los observables del sistema completo.

Esta generalización permite la aplicación del método APJ tanto en el FCC como en aceleradores de partículas que tengan o no simetrías en los valores de acción y fase en regiones críticas, ampliando la aplicabilidad del APJ a otros aceleradores, lo cual resulta conveniente al ser un método de corrección de errores cuadrupolares no invasivo al no necesitar de sensores extra ni de variación de parámetros en la red óptica.

**Palabras Clave:** Errores cuadrupolares; Corrección; Aceleradores de Partículas.

## FAI024. Medida de la distancia focal para los colores RGB

Kevin Perez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Bogotá, Bogotá, Colombia

keperez@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se diseñó y construyó un dispositivo experimental para la medición de la distancia focal efectiva de lentes delgadas, integrando componentes electrónicos accesibles, sensores digitales y una interfaz computacional personalizada.

El método de cálculo utilizado se basa en la propuesta de Mejía, que utiliza patrones de manchas generados por una matriz cuadrada de orificios para trazar rayos meridionales y, a partir de su evolución en diferentes planos axiales, determinar la distancia focal con corrección por aberración esférica primaria.

En particular, se emplea la diferencia de altura entre imágenes en dos posiciones para refinar el cálculo de la distancia focal. Se aplicó este método a una lente doblete acromática utilizando filtros rojo, verde y azul, y los resultados obtenidos concuerdan de forma notable con los valores proporcionados por el fabricante, validando así la precisión del sistema.

A pesar de su efectividad, se identificaron posibles fuentes de error, como el desconocimiento de la calidad de las lentes de colimación y la potencia de la fuente luminosa, que representan oportunidades de mejora.

El proyecto demuestra que es posible construir herramientas ópticas de alta precisión y gran versatilidad con recursos limitados, con potencial de aplicación futura en sistemas ópticos más complejos, automatizados y portátiles.

**Palabras Clave:** Distancia focal; aberración esférica; arduino; patrones de manchas; sistema óptico; procesamiento de imágenes.

## FAI027. Ice accretion on a NACA 4415 airfoil

R. Avella<sup>1</sup>, JP Rubio<sup>2</sup>, L. Mónico<sup>3</sup>, D. Grajales<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fundación Universitaria Los Libertadores, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Department of Aeronautical Engineering, Bogotá, Colombia

<sup>4</sup>Universidad EAN, Faculty of Engineering, Bogotá, Colombia

nybalbuenaj@libertadores.edu.co

**Abstract:** Ice formation on aircraft surfaces presents a significant challenge in aviation, affecting flight safety, efficiency, and operational costs. This study focuses on the NACA 4415 airfoil, a widely used aerodynamic profile, to investigate the conditions under which ice accretion occurs and its impact on aerodynamic performance.

Using the International Standard Atmosphere (ISA) model, the behavior of air properties—temperature, pressure, and density—is analyzed as a function of altitude. A potential flow model is employed to examine pressure distributions over the airfoil surface under varying conditions of velocity, angle of attack, and atmospheric parameters.

The results reveal critical insights into the interplay between aerodynamic and environmental factors leading to ice accretion. At lower altitudes, higher air density increases total pressure, raising the likelihood of ice formation near stagnation points. Conversely, at higher altitudes, reduced air density lowers total pressure, mitigating icing risks but introducing aerodynamic challenges such as reduced lift.

This study highlights the importance of understanding pressure gradients, aerodynamic loads, and environmental thresholds to improve predictive models and mitigation strategies for aircraft operating in icing-prone environments.

**Keywords:** Airborne Wind Energy Systems; renewable energy; Ground-Gen systems; Fly-Gen systems; PT611 engine; bio fuels; Ram air turbine.

## FAI028. Chemical treatments to improve electrical performance of Silver Nanowire Transparent Electrodes

Andrés Mauricio Bernal Forigua<sup>1</sup>, Ángel Miguel Ardila Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

ambernalf@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

**Abstract:** Silver nanowire (AgNW) thin films have emerged as a viable replacement for indium tin oxide (ITO) in transparent conductive electrodes (TCEs), widely used in optoelectronic devices such as OLEDs, QLEDs, solar cells, and touch screens. Despite their excellent transparency and flexibility, a major limitation of AgNW films is the relatively high contact resistance at the nanowire junctions, which restricts their electrical performance.

In this work, we report a simple, low-cost, and scalable post deposition chemical treatment aimed at improving the electrical conductivity of AgNW films. The process consists of immersing the films in aqueous solutions of various halide salts (NaF, LiCl, NaCl, KCl, KI) for short time intervals to initiate surface redox reactions. These reactions promote the partial oxidation of silver and subsequent redeposition of  $Ag^+$  ions at nanowire intersections, enhancing interwire contact through a localized recrystallization or “nano welding” process.

The treatment yielded substantial reductions in sheet resistance, with the highest improvement (53%) observed for NaF-treated films. A saturation effect in conductivity enhancement was identified between 15 and 20 seconds of immersion for all tested salts.

Surface analysis confirmed structural modifications predominantly at the wire junctions, which are responsible for the improved electrical connectivity without compromising optical transparency and surface morphology.

These results demonstrate that halide-based chemical treatments offer an effective and practical route for enhancing the performance of AgNW-based electrodes, positioning them as a strong candidate for optoelectronic technologies.

**Keywords:** Silver Nanowires; Transparent Conductive Electrodes; Chemical Treatment; Halide Salts; Sheet Resistance.

**Autor de correspondencia:** ambernalf@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

**Modalidad:** Oral.

## FAI030. Análisis comparativo entre el método convencional y el método APJ usando simulaciones MAD-X

J.D. Torres<sup>1</sup>, J. Cardona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

[jtorrespe@unal.edu.co](mailto:jtorrespe@unal.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se presenta un análisis comparativo entre el método convencional para describir las trayectorias mediante funciones ópticas y el método Salto de Acción y Fase (APJ por sus siglas en inglés), utilizando datos obtenidos mediante simulaciones en el software MAD-X. El objetivo principal es evaluar la validez y precisión del método APJ frente al método convencional, en distintos escenarios de error en un acelerador, comparando ambos con los datos de la simulación.

Se llevaron a cabo simulaciones bajo diversas condiciones: una configuración ideal sin errores, presencia de errores de gradiente, errores no lineales y errores skew. Para cada caso, se aplicaron ambos métodos de análisis y se compararon los resultados obtenidos.

Los resultados muestran que, mientras el método convencional presenta desviaciones significativas en configuraciones con errores, especialmente en presencia de errores skew o de orden superior, el método APJ mantiene una notable consistencia en todos los escenarios. Esta robustez se debe a su capacidad para extraer la dinámica lineal a partir de las acciones y los saltos de fase, incluso en condiciones no ideales.

Se concluye que el método APJ no solo es válido en configuraciones ideales, sino que también ofrece una alternativa confiable para la caracterización óptica de aceleradores en presencia de errores. Esto lo convierte en una herramienta valiosa para estudios de diagnóstico de máquinas y validación de modelos en condiciones realistas.

**Palabras Clave:** Cinemática de haces; Action and Phase Jump (APJ); Método convencional; Simulación MAD-X.

**Autor de correspondencia:** [jtorrespe@unal.edu.co](mailto:jtorrespe@unal.edu.co)

## FAI031. Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física

Alejandro Vela Morales<sup>1</sup>, Gonzalo Edgardo Pedraza G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Programa de Física, Neiva, Colombia

u20201188557@usco.edu.co

**Resumen:** Este estudio propone analizar el comportamiento del flujo vehicular en el paso elevado entre la Universidad Surcolombiana y la clínica "Medilaser.<sup>en</sup> Neiva, con el objetivo de caracterizar las condiciones de flujo en los pasos peatonales elevados y, consecuentemente, generar conciencia sobre la cultura vial.

El paso elevado es una estructura diseñada para optimizar el flujo de tráfico y reducir puntos de conflicto, donde su uso es solo para peatones, pero su eficacia depende en gran medida del comportamiento de los usuarios. Se aplicarán conceptos físicos fundamentales y la interacción de elementos en un sistema, tratando el tráfico como un sistema dinámico complejo donde las decisiones individuales impactan el colectivo.

Utilizando datos reales del flujo vial, se simulará como autómatas celulares en un entorno virtual y controlado el comportamiento de los actores viales. Los resultados buscarán evidenciar cómo conceptos físicos revelan patrones de uso inadecuado del paso elevado, la falta de empatía entre conductores y peatones, y la transgresión de normas de tránsito.

Por ejemplo, se registran cifras significativas de siniestros viales anualmente, muchos de ellos atribuibles a imprudencia y falta de cultura ciudadana. Se espera concluir que la física ofrece herramientas predictivas y analíticas poderosas para entender dinámicas complejas del mundo real, contribuyendo no solo a la promoción de una mejor cultura vial, sino también destacando la relevancia de la ciencia en la solución de problemas cotidianos y la sensibilización social hacia un entorno urbano más seguro y armónico.

**Palabras Clave:** Física aplicada; Flujo vehicular; Simulación Python.

**Autor de correspondencia:** u20201188557@usco.edu.co

## FAI032. Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones

Julian Francisco Pinchao Ortiz<sup>1</sup>, Gloria Alexandra Moncayo Gamez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Instituto de Física, Medellín, Colombia

jfrancisco.pinchao@udea.edu.co

**Resumen:** Este trabajo presenta el estado del arte de la gravimetría cuántica, una técnica innovadora para medir con alta precisión la aceleración gravitatoria mediante átomos ultrafríos.

Se explican sus fundamentos teóricos, partiendo del Hamiltoniano de un electrón en un átomo, donde se analiza su transición de un estado base  $|g\rangle$  a uno excitado  $|e\rangle$  al interactuar con un campo electromagnético.

A partir de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo, se estudian las ecuaciones de movimiento en el espacio de momentum para un sistema de dos niveles, utilizando estados  $|g, p\rangle$  y  $|e, p'\rangle$ .

La técnica emplea átomos enfriados a temperaturas del orden de  $\mu\text{K}$ , los cuales luego son liberados en caída libre hacia un interferómetro de Mach-Zehnder. Este dispositivo permite analizar el patrón de interferencia generado, a partir del cual se determina con gran precisión el valor de la aceleración gravitatoria  $g$ .

Las aplicaciones de esta tecnología abarcan áreas como la metrología, geofísica, geodesia y geodinámica. Mejora la precisión en la medición de  $g$ , facilita el estudio de la estructura interna terrestre, la detección de recursos naturales y el monitoreo volcánico y sísmico.

También tiene gran potencial para misiones espaciales, cartografía de cuerpos celestes y pruebas de teorías fundamentales como la relatividad general.

Con el avance en el desarrollo de estos dispositivos, se espera alcanzar resoluciones menores a  $10^{-9}g$  y una mayor accesibilidad gracias a la aparición de gravímetros cuánticos comerciales. En el futuro, se busca contribuir al desarrollo e implementación de esta tecnología.

**Palabras Clave:** Gravimetría cuántica; Átomos ultrafríos; Interferometría Mach-Zehnder; Aceleración gravitatoria.

## FAI048. Diseño de un sensor de temperatura basado en la emisión de fluorescencia de la Sulforadamina B

**Autores:** Wilber Silva<sup>1</sup>, Ana González<sup>1</sup>, Laura Narváez<sup>1</sup>, Juan Serna<sup>1,\*</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Óptica y Espectroscopía, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

**Resumen:** La Terapia Fototermal Plasmónica (PTT) es una terapia alternativa para el tratamiento del cáncer que está basada en la generación de plasmones superficiales localizados (LSPR) en nanoestructuras metálicas, tales como nanobarras de oro (AuNR), que se encuentran internalizadas en células tumorales. La presencia de dichos LSPR induce, por efecto Joule, un aumento de temperatura en la superficie de las AuNR y por ende en el tejido tumoral, produciendo así muerte celular por hipertermia.

Para minimizar daños colaterales, la terapia debe evitar que las células mueran por necrosis generada por temperaturas elevadas; por lo tanto, la medición de la temperatura a nivel celular se convierte en un parámetro clave para la implementación de la PTT, razón por la cual es necesario desarrollar sensores capaces de determinar la temperatura de manera localizada en el tejido tumoral y que sean biocompatibles con el sistema biológico.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sensor de temperatura molecular (TM), el cual utiliza la dependencia que existe entre los cambios de intensidad de fluorescencia de la Sulforadamina B (SRB) con la temperatura.

Para medir ambas variables se emplea un espectrómetro Ocean Optics para captar la emisión de fluorescencia de una solución de SRB a la cual se le incrementa la temperatura en un sistema de calentamiento medido con una termocupla tipo K. La correlación de los datos permite obtener una curva de ajuste mediante la cual es posible, conocidas las variaciones de intensidad de emisión de la SRB, determinar la temperatura del sistema.

El termómetro molecular permitió medir cambios de temperatura generados por LSPR en AuNR, lo cual indica que este sensor puede ser usado a nivel biológico.

**Palabras Clave:** Sensor de temperatura; fluorescencia; Sulforodamina B.

**Autor de correspondencia:** [juan.sernar@upb.edu.co](mailto:juan.sernar@upb.edu.co)

## FAI051. Cuantificación óptica de viabilidad celular en ensayos MTT mediante el sensor RGB TCS3200

Mishelle Mariana Pinzón Martínez<sup>1</sup>, Beynor Antonio Páez Sierra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia

est.mishelle.pinzon@unimilitar.edu.co

**Resumen:** Se presenta el diseño y ejecución de un sistema óptico para cuantificar la viabilidad celular en ensayos MTT, implementando el sensor RGB TCS3200 basado en la conversión espectral de color. El propósito es establecer una alternativa de bajo costo frente a la espectrofotometría convencional, manteniendo un estándar físico estricto en la captura y análisis de la señal óptica.

El sistema incluye una lente acromática 4X para reducir aberraciones esféricas y cromáticas, garantizando un plano focal uniforme en los pozos de la microplaca. Asimismo, se incorpora un anillo de luz LED que estandariza las condiciones lumínicas, disminuyendo el ruido por dispersión externa y corrigiendo la intensidad.

El sensor traduce los cambios de absorción del formazán en frecuencias específicas para los canales rojo, verde y azul; estas señales se digitalizan y normalizan mediante curvas de calibración definidas previamente. Se incluye un pozo testigo como referencia, lo que asegura linealidad en la respuesta espectral.

Actualmente, el estudio se encuentra en fase de construcción y calibración del sistema, con el fin de establecer curvas de referencia que correlacionen las señales ópticas del sensor con la viabilidad celular. Para la validación se emplearán las líneas celulares MCF-7 y MDA-MB-231, modelos ampliamente utilizados en oncología experimental.

Este trabajo demuestra que es posible combinar principios ópticos y dispositivos electrónicos económicos en aplicaciones biomédicas, resaltando la relevancia de los enfoques físicos en el análisis de sistemas celulares.

**Palabras Clave:** Ensayo MTT; Espectrofotometría; Detección espectral.

**Agradecimientos:** El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto INV-CIAS3952 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

**Autor de correspondencia:** mishelle.pinzon@unimilitar.edu.co

## FAI055. Síntesis por combustión en solución de $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ y efecto de KCl en la respuesta sensora

**Autores:** Steven Nacir<sup>1</sup>, Laura Becerra<sup>1</sup>, Nerio A. Montoya<sup>2</sup>, E. A. Chavarriaga<sup>3</sup>, Alex Lopera<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Cerámicos y Vítreos, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Calle 59A # 63-20, Medellín 050034, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Instrumentación Científica e Industrial, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Calle 59A # 63-20, Medellín 050034, Colombia. <sup>3</sup> Departamento de Fundamentación Básica, Institución Universitaria Pascual Bravo, Calle 73 No. 73A-226, Medellín 050034, Colombia.

**Resumen:** El titanato de calcio y cobre (CCTO) es un semiconductor con alta constante dieléctrica, ampliamente estudiado para aplicaciones en capacitores. Recientemente, ha despertado interés por su potencial en la detección de compuestos orgánicos volátiles (VOCs). En este trabajo, se sintetizó CCTO mediante la técnica de combustión en solución, utilizando citrulina como agente reductor.

Adicionalmente, se incorporó cloruro de potasio (KCl) como aditivo en proporciones de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 % en peso con respecto al CCTO. Las cenizas resultantes de la combustión fueron tratadas térmicamente a 800 °C durante 5 horas.

La caracterización por difracción de rayos X confirmó la formación de CCTO como fase principal y la presencia de KCl como fase secundaria. Por su parte, la microscopía electrónica de barrido reveló cambios en la morfología de las partículas, con una reducción en la agregación, atribuible al rol de las sales fundidas durante la combustión.

El análisis sensor mostró que la incorporación de KCl reduce la temperatura de operación del CCTO de 280 °C a 100 °C. Este comportamiento se relaciona con un incremento en la densidad de portadores de carga y una modificación en las barreras de potencial en las uniones grano/grano. Así, el CCTO modificado con KCl mejora su eficiencia y sensibilidad a bajas temperaturas, posicionándolo como un material promisorio para el desarrollo de sensores de gases de bajo costo y bajo consumo energético.

**Palabras Clave:** CCTO; KCl; semiconductores; materiales compuestos; solución en combustión; sensor; VOCs.

**Autor de correspondencia:** [solivares@unal.edu.co](mailto:solivares@unal.edu.co)

## FAI064. Diseño de accesorio portable para el cambio de dimensiones en tubería PVC empleando fricción y transferencia de energía calórica en su estructura

**Autores:** M. Arrieta<sup>1</sup>, E. Arrieta<sup>2</sup>, C. Cuellar<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Física, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila. <sup>2</sup> Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila. <sup>3</sup> Grupo de Física Aplicada, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

**Resumen:** Se construyó un prototipo capaz de dilatar tubería PVC eléctrica de media pulgada. La nueva herramienta consta de dos piezas con geometría cónica, una se fabricó con cuero cromado; esta pieza está unida al mandril o punta del motor eléctrico manual (Hernández, 2018) desde un eje concéntricamente situado en su estructura que le permite girar. El otro cuerpo cónico es hueco, metálico y aloja en su interior al cono de cuero; el cono metálico debe mantenerse estático ante los repetidos ciclos de rotación. Para cumplir con la tarea, el cono de metal posee una base retráctil que lo asegura sobre el chasis del motor.

La función de esta herramienta es producir y conducir la energía térmica obtenida de la fricción hacia el interior del tubo PVC para dilatarlo y cambiar su dimensión. Se optó por un accesorio ligero, portable y compatible con otras herramientas para trabajar en conjunto. Se efectuó una caracterización sobre los materiales empleados para formar el dilatador térmico; las pruebas de calorimetría eran requeridas para evaluar la cantidad de energía que estos materiales pueden intercambiar sin sufrir cambios severos.

La mecánica newtoniana fue empleada en los experimentos de fricción para determinar las fuerzas que se manifiestan durante el cambio de dimensión de un tubo y se determinó la transformación de energía mecánica en térmica mediante la fricción.

**Palabras Clave:** Tubería; conductividad térmica; fricción; accesorio.

**Autor de correspondencia:** [manuel.arrieta@usco.edu.co](mailto:manuel.arrieta@usco.edu.co)

## FAI065. Espectrometría de radiación gamma y eficiencia de detector (GeHP) a distancia variable de radionúclido $^{60}\text{Co}$

**Autores:** Carlos Macedonio Montañez Montenegro<sup>1</sup>, Gilmer Juan Lujan Guevara<sup>2</sup>, Roberto Claudio Gil Aguilar<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. <sup>2</sup> Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. <sup>3</sup> Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.

**Resumen:** El objetivo de investigación consiste en determinar la eficiencia de un detector de Germanio Hiperpuro (GeHP) a distancias variable de una fuente de  $^{60}\text{Co}$ , mediante una cadena de espectrometría gamma. La metodología es experimental y presenta una técnica analítica rápida de formación e interpretación de fotópicos energéticos emitidos por el radionúclido de  $^{60}\text{Co}$ , en un tiempo de exposición de 25 minutos previamente calibrado, en la cual la cadena de medición integrada por un sistema Dewar de nitrógeno líquido a 77 K (-196°C), amplificador lineal, preamplificador, fotomultiplicador, sistema de análisis multicanal (MCA) y software Genie 2000 contabiliza en cuentas y canales, así como en energía (keV).

**Discusiones:** A bajas energías las curvas muestran que la eficiencia disminuye al aumentar la distancia: a 17 cm la eficiencia es máxima; para 33 cm la eficiencia cae a menos de la mitad (0.001 a 200 keV). Esto se debe a la disminución del ángulo sólido subtendido del detector al alejar la fuente, permitiendo que menos fotones alcancen el cristal. A bajas energías (0–300 keV) se detectan eficiencias relativamente altas debido al efecto fotoeléctrico dominante en este rango, donde los fotones son completamente absorbidos generando picos bien definidos. A energías intermedias (300–1000 keV) predomina el efecto Compton, donde se produce una caída pronunciada de la eficiencia: muchos fotones depositan solo parte de su energía, localizándose picos de dispersión Compton que reducen la eficiencia total. A altas energías (1000–2000 keV) se identifican las líneas del  $^{60}\text{Co}$  (1173 keV y 1332 keV); la eficiencia se estabiliza en valores muy bajos, indicando que solo una pequeña fracción de los fotones gamma depositan toda su energía.

Los resultados indican que el detector GeHP presenta las siguientes ecuaciones de calibración de eficiencia en función de la energía (keV):

$$17 \text{ cm} : y = 0,0044e^{-0,001x},$$

$$21 \text{ cm} : y = 0,003e^{-0,001x},$$

$$25 \text{ cm} : y = 0,0022e^{-0,001x},$$

$$29 \text{ cm} : y = 0,0016e^{-0,001x},$$

$$33 \text{ cm} : y = 0,0013e^{-0,001x}.$$

Se concluye que, a medida que la fuente de  $^{60}\text{Co}$  se distancia del detector, la eficiencia decae y este efecto es más pronunciado para fotones de mayor energía.

**Palabras Clave:** Espectrometría; Centellador GeHP; Eficiencia.

**Autor de correspondencia:** [carlos.montanez1@unmsm.edu.pe](mailto:carlos.montanez1@unmsm.edu.pe), [glujan@uns.edu.pe](mailto:glujan@uns.edu.pe), [rgil@uns.edu.pe](mailto:rgil@uns.edu.pe)

## FAI073. Análisis y validación de la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE mediante banco de pruebas en el experimento DUNE

Juan Fajardo<sup>1</sup>, Jerónimo López<sup>2</sup>, Fabián Andrés Castaño<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia

juan.fajardo@udea.edu.co

**Resumen:** El experimento DUNE plantea como desafío la detección de neutrinos debido a su baja tasa de interacción, lo que exige sistemas electrónicos confiables y de alto rendimiento. En este contexto, las tarjetas DAPHNE, responsables de la adquisición y digitalización de señales de la interacción entre el neutrino y el argón líquido, son componentes críticos dentro del sistema de adquisición de datos DUNE2020.

Para garantizar su desempeño se requieren protocolos que validen estabilidad y funcionamiento.

Este trabajo presenta el diseño y validación de un subsistema para un banco de pruebas para evaluar la estabilidad en frecuencia de las tarjetas DAPHNE.

El objetivo es verificar la estabilidad de las señales de reloj y de sincronización de DAPHNE, y para ello se implementaron dos metodologías:

(i) generación de señales de referencia a 200 y 400 MHz, registrando ciclos de reloj a partir de señales simuladas de 62.5 y 100 MHz, que representan las frecuencias de operación en las tarjetas DAPHNE; asegurando un muestreo adecuado bajo el criterio de Nyquist.

(ii) conteo de ciclos en ventanas temporales de microsegundos, que permite evaluar la estabilidad de la señal de control respecto a la frecuencia de interés, con miras de extender las pruebas a frecuencias reales para comparar ambos métodos.

Los resultados evidencian que ambas metodologías detectan variaciones en la estabilidad de los relojes, destacando el conteo por ventanas por su resolución.

El análisis confirma confiabilidad y el banco de pruebas se consolida como herramienta robusta para evaluar la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE.

**Palabras Clave:** Adquisición de datos; Generadores de señales; Circuitos integrados analógico-digitales; Fuentes de neutrinos; Instrumentación informática de física de alta energía.

**Referencias:** [1] DUNE Collaboration, "Volume iii. dune far detector technical coordination," *Journal of Instrumentation*, vol. 15, 8 2020.

## FAI076. Adherencia de recubrimientos de DLC con intercapas de Si y Ti usando precursores líquidos

Fabián Zacipa Pinilla<sup>1</sup>, Gil Capote Rodríguez<sup>2</sup>, Jesús Manuel Gutiérrez Bernal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

tzacipa@unal.edu.co

**Resumen:** Este trabajo evaluó la influencia de intercapas de silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H), titanio amorfo hidrogenado (a-Ti:H) y la mezcla de ambos (a-SixTi:H) en la adherencia, propiedades mecánicas y tribológicas de recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC), depositados mediante la técnica PECVD con fuente de corriente continua pulsada (DC-pulsado PECVD) sobre el acero de baja aleación AISI 4140. Las intercapas se obtuvieron a partir de los precursores líquidos tetrametilsilano (TMS) y tetraetilo de ortotitanato (TEOT), mientras que el recubrimiento de DLC se depositó utilizando hexano.

La metodología incluyó la preparación de los sustratos, la deposición de las intercapas y de los recubrimientos de DLC. La caracterización se realizó mediante la aplicación de las técnicas de espectroscopía Raman, FTIR y XPS, microscopías SEM y AFM, perfilometría, nanoindentación, ensayos tribológicos y pruebas de adherencia Rockwell C y la norma VDI 3198.

Los resultados mostraron que las intercapas de a-Si:H y a-SixTi:H promovieron una elevada adherencia del recubrimiento de DLC al sustrato, reduciendo el riesgo de delaminación. En contraste, las intercapas de a-Ti:H no lograron una adherencia efectiva. Asimismo, se evidenció que las propiedades mecánicas y tribológicas variaron según la intercapa, siendo determinante la formación de enlaces químicos en la interfaz.

Se concluye que el uso de precursores líquidos TMS y su combinación con TEOT permiten formar intercapas que favorecen la adherencia y el desempeño tribomecánico de los recubrimientos DLC sobre los sustratos de acero AISI 4140, mientras que el TEOT resulta ineficaz en la formación de una intercapa que garantice una adecuada adherencia.

**Palabras Clave:** Recubrimientos DLC; DC pulsado PECVD; Adherencia

**Autor de correspondencia:** tzacipa@unal.edu.co

## FAI080. Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE

Yuliana Guerrero Uchima<sup>1</sup>, Fabián Castaño Usuga<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

yuliana.guerrero@udea.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el comportamiento de fibras ópticas y LEDs de colores (rojo, amarillo, verde y azul) en condiciones criogénicas, con énfasis en su aplicación en el Experimento de Neutrinos Subterráneo Profundo (DUNE), donde los dispositivos deben operar de manera confiable a 87 K. Para ello, se diseñó un sistema automatizado capaz de enfriar los componentes con nitrógeno líquido y medir su rendimiento óptico de forma individual.

Las fibras ópticas mostraron un ligero aumento en la intensidad a bajas temperaturas, atribuible a la reducción de pérdidas por contracción térmica. El análisis principal se centró en los LEDs, evaluando cómo variaban su intensidad lumínica y la longitud de onda de emisión con la temperatura, y si seguían la ecuación de Varshni, que describe la dependencia de la energía de banda prohibida con la temperatura.

Los LEDs rojos y amarillos respondieron según lo esperado: presentaron corrimientos al azul y un incremento en la intensidad al disminuir la temperatura, resultados que coincidieron con el modelo de Varshni dentro de la incertidumbre experimental. En contraste, los LEDs verdes y azules mostraron desviaciones a bajas temperaturas, con corrimientos al rojo y reducción de intensidad, probablemente debido al congelamiento de portadores, lo que dificulta predecir su comportamiento en criogenia.

Estos resultados evidencian que la respuesta de los LEDs en bajas temperaturas depende de las propiedades del material y de los procesos de fabricación. Por tanto, antes de su implementación en proyectos como DUNE, es esencial caracterizar cada componente en condiciones criogénicas específicas mediante metodologías sistemáticas como la propuesta en este trabajo.

**Palabras Clave:** Semiconductores; Bajas Temperaturas; Propiedades ópticas

**Autor de correspondencia:** yuliana.guerrero@udea.edu.co

Capítulo 11

# FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN (FAI)

*Ponencias Poster*

## FAI008. Reproducción del método APJ para calibración de BPMs y corrección de cuadrupolos en el LHC

**Autores:** Miguel Rojas, Javier Cardona

**Afiliaciones:** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Se reproducen los resultados del método de corrección por saltos de acción y fase (APJ) para la calibración de monitores de posición de haz (BPM) en aceleradores de alta energía como el LHC, con énfasis en zonas de interacción (IR). El objetivo es estimar con mayor precisión los factores de calibración de BPMs, fundamentales para detectar errores ópticos como los inducidos por cuadrupolos, y evaluar su impacto sobre el método APJ.

La metodología emplea datos vuelta tras vuelta (TBT) y funciones de la red con errores incluidos, construyendo trayectorias promedio para reducir efectos de ruido electrónico, acoplamiento lineal y errores en la determinación de funciones ópticas. Se utilizan algoritmos en Python para minimizar la sensibilidad a las incertidumbres de acción y fase mediante la selección de trayectorias óptimas. Para BPMs en zonas de interacción, se combinan datos de modulación-k y propagación de posiciones calibradas desde BPMs confiables.

Los resultados indican que los factores de calibración se pueden estimar con una precisión de 0.7 % r.m.s. en BPMs de arco y 0.4 % en BPMs de interacción. Aplicando estas correcciones a datos experimentales, se mejora la claridad de los gráficos de acción y fase, aunque las correcciones a cuadrupolos obtenidas mediante APJ varían poco antes y después de la calibración.

Se concluye que la calibración precisa de BPMs mejora la interpretación de los datos ópticos, sin afectar significativamente la magnitud de las correcciones en IR. El trabajo realizado consiste en reproducir esta metodología (APJ) y sus resultados con datos experimentales disponibles del LHC.

**Palabras Clave:** BPM; Acción-Fase; LHC.

**Autor de correspondencia:** [marojasjim@unal.edu.co](mailto:marojasjim@unal.edu.co)

## FAI013. Efecto del litio en la respuesta termoluminiscente del óxido de magnesio dopado con lantánidos sintetizado por reacción de estado sólido

**Autores:** Nicolás Cortés-Parra<sup>1,3</sup>, Doris Cadavid<sup>2</sup>, Daniel Pardo<sup>2</sup>, William Jaramillo-Garzón<sup>1,3</sup>, Jairo Roa-Rojas<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física Médica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Nanociencia y Fotónica Aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El óxido de magnesio (MgO) ha mostrado tener potencial para aplicaciones dosimétricas de termoluminiscencia (TL) debido a su bajo número atómico efectivo ( $Z_{\text{eff}} = 10,8$ ), amplia energía de banda prohibida ( $E_g = 7,8$  eV) y curva de brillo centrada alrededor de 140 °C.

Diversos estudios han reportado un aumento en la sensibilidad de detección de dicho material cuando se dopa con lantánidos y se co-dopa con Li debido a la creación de nuevos centros luminiscentes en su red cristalina.

A pesar de presentar ventajas como su bajo costo de producción frente a otros métodos de síntesis, la reacción de estado sólido ha sido poco explorada para producir MgO para aplicaciones de dosimetría. El objetivo de este estudio es investigar el efecto de la concentración de lantánidos (Ho, Sm, Tb y Nd) y Li en las propiedades TL del MgO utilizando el método de reacción de estado sólido.

Para ello fueron sintetizadas pastillas de MgO de 6 mm de diámetro y 0.9 mm de espesor, que posteriormente fueron caracterizadas estructural y morfológicamente mediante difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM).

Las muestras fueron irradiadas con dosis entre 0.5 y 10 Gy de radiación X y gamma y posteriormente estimuladas térmicamente para obtener su señal TL y evaluar algunas propiedades dosimétricas como la linealidad con la dosis, la dependencia energética y el *fading*.

Los resultados mostraron que la adición de Li a la estructura del MgO:TR (Ho, Sm, Tb y Nd) utilizando la reacción de estado sólido posibilita la fabricación de un material de bajo costo con mayor sensibilidad TL para aplicaciones dosimétricas en medicina e industria.

**Palabras Clave:** Termoluminiscencia; reacción de estado sólido; MgO.

**Autor de correspondencia:** [nicortesp@unal.edu.co](mailto:nicortesp@unal.edu.co)

## FAI015. Efecto de (Sm, Gd) en las propiedades estructurales y morfológicas del sistema (Gd,Sm)In<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub>

D.C. Piracoca Fajardo<sup>1,2</sup>, I.M. Saavedra Gaona<sup>1,2</sup>, C.A. Parra Vargas<sup>1</sup>, E. Moncada Villa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Física de Materiales (GFM), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115 Tunja, Boyacá 15001.

<sup>2</sup>Grupo de Física Teórica y Computacional (GFTC), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115 Tunja, Boyacá 15001.

dayanna.piracoca@uptc.edu.co

**Resumen:** Las perovskitas de tipo ABO<sub>3</sub> (donde A y B son cationes con radios iónicos distintos) basadas en indio, como REInO<sub>3</sub> o RE<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>MO<sub>3</sub> (M = metales de transición), presentan un creciente interés por sus notables propiedades físicas. Estas incluyen conductividad iónica, comportamiento ferroeléctrico y estabilidad térmica, lo que las hace atractivas para aplicaciones en sensores, dispositivos electrónicos y celdas de combustible.

En consecuencia, el desarrollo de nuevos materiales se orienta a optimizar sus respuestas estructurales, morfológicas, eléctricas, ópticas y magnéticas, ampliando así su potencial tecnológico.

En este trabajo se sintetizó el sistema (Gd,Sm)In<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub> por medio de la ruta de estado sólido, realizando sustituciones estequiométricas de bajo porcentaje en el catión B, con manganeso (Mn), evaluando las distorsiones estructurales y su efecto en las propiedades físicas y posibles aplicaciones funcionales.

Los análisis estructurales fueron realizados a través de difracción de rayos X (XRD) y refinamiento Rietveld, mientras que la morfología se estudió utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM). Debido a las altas temperaturas de síntesis empleadas, se observaron granos con alta densificación y variaciones en el tamaño de grano.

La estructura cristalina del sistema depende del lantánido utilizado; por ejemplo, el uso del GdIn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub> genera una estructura hexagonal (grupo espacial: P63cm), mientras que una fase ortorrómbica (grupo espacial: Pnma) es obtenida al usar SmIn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub>.

Por otra parte, el porcentaje de introducción del Mn está relacionado con variaciones en el volumen de la celda cristalina, lo que sugiere variaciones en las respuestas magnéticas, ópticas y eléctricas en estos sistemas cristalinos.

**Palabras Clave:** cambio estructural; densificación; REInO<sub>3</sub>.

## FAI018. Producción de películas nanoestructuradas con aplicación en dispositivos flexibles

Juan Esteban Quinche<sup>1,2</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jquinche@unal.edu.co, dycadavidr@unal.edu.co

**Resumen:** Las películas nanoestructuradas sobre sustratos flexibles son clave para el desarrollo de dispositivos electrónicos y termoelectrónicos de nueva generación.

Tienen aplicaciones en medicina, electrónica, generación de energía limpia y la creación de dispositivos portátiles y autosustentables, ofreciendo ventajas respecto a flexibilidad, reducción de costos y versatilidad comparadas con sus contrapartes basadas en silicio.

Este trabajo tiene como objetivo la síntesis y caracterización de nanomateriales, a partir de los cuales se desarrolla y optimiza la creación de tintas en solución aptas para impresión sobre sustratos flexibles.

Se sintetizaron las nanopartículas mediante la síntesis coloidal, para luego caracterizar sus propiedades morfológicas y estructurales empleando SEM, TEM y DRX.

Posteriormente, se realizó la creación de tintas en solución optimizando parámetros como viscosidad, tensión superficial y humectabilidad que permitan la deposición exitosa de películas nanoestructuradas sobre sustratos flexibles, como la cinta Kapton, mediante métodos de impresión como *spin coating* o *spray coating*.

Las etapas de creación de tintas e impresión incluyen el control del espesor, la uniformidad y la adhesión de las películas para posibles aplicaciones en electrónica portátil y autosustentable, monitoreo de la salud y generación de energía limpia.

**Palabras Clave:** Películas nanoestructuradas; tintas en solución; sustratos flexibles.

## FAI022. Caracterización estructural de catalizadores metal/zeolita mediante imágenes 3D y microscopía de alta resolución

Florian Menau<sup>1,2</sup>, Gabriel de Báfero<sup>1,2</sup>, Luiza Menente<sup>1,2</sup>, Angie Pineda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), Campinas, Brasil

<sup>2</sup>Universidad de Campinas, Campinas, Brasil

<sup>3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

alpinedam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Las zeolitas son sólidos cristalinos conocidos por su estabilidad térmica, variedad de estructuras microporosas y acidez regulable; características que permiten numerosas aplicaciones industriales, particularmente en procesos de separación y catálisis heterogéneos.

A pesar de los avances significativos, sigue siendo difícil comprender en profundidad la adsorción y difusión molecular dentro de la estructura microporosa de las zeolitas. Estas también muestran flexibilidad de estructura, lo que influye en sus propiedades químicas y catalíticas.

Este trabajo tiene como objetivo comprender cómo las deformaciones estructurales afectan la actividad catalítica de nanocristales de zeolita modificados con cobre. Para ello, se combinan técnicas avanzadas como Powder X-ray Diffraction (PXRD), X-ray Photon Correlation Spectroscopy (XPCS), Bragg Coherent Diffraction Imaging (BCDI) y High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM).

La correlación entre PXRD (información del material a granel) y BCDI (imágenes 3D de un único cristal) subraya comportamientos intrínsecos de flexibilidad y heterogeneidad en la zeolita ZSM-5. La compresión inducida por adsorción de etanol y el consiguiente incremento de defectos pueden disminuir la selectividad y la vida útil del catalizador si no se controla adecuadamente.

La presencia de cobre modera estos efectos, mejorando la uniformidad del espaciado interplanar y reduciendo tensiones internas localizadas, lo que se traduce en mayor conversión y estabilidad en la deshidratación de etanol a olefinas.

**Palabras Clave:** Zeolitas; Catálisis heterogénea; Distancia interplanar.

## FAI026. Diseño y Construcción del Primer Telescopio de Muones Atmosféricos de la Universidad de Antioquia

Camilo Ospinal<sup>1</sup>, Sebastián Quinchía<sup>1</sup>, Diego Acosta<sup>1</sup>, Luis Felipe Ramírez<sup>1</sup>, Soleil Niño<sup>1</sup>, Estefanía Zapata<sup>1</sup>, Deivy Mercado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

camilo.ospinal@udea.edu.co

**Resumen:** Se presenta el diseño y construcción de un telescopio para el mapeo de la distribución angular de muones atmosféricos y su monitoreo en tiempo real en la ciudad de Medellín, aunque su diseño portable permite usarlo en cualquier lugar.

El telescopio está constituido por un arreglo lineal de dos centelladores de NaI(Tl) configurados para la detección de coincidencias y acoplados mecánicamente a una montura tipo Dobson, logrando así una resolución de  $10^\circ$  en la dirección polar.

La adquisición de las señales de coincidencia se efectuó a través de dos tarjetas de adquisición de datos controladas desde una aplicación en LabView, que permite, entre otras cosas, la construcción del histograma de eventos y el monitoreo remoto.

Con este telescopio se obtuvieron datos que comprueban la naturaleza poissoniana de la radiación cósmica natural en la superficie terrestre, además de una distribución angular de coincidencias que sigue aproximadamente una ley de  $\cos^2 \phi$ .

El diseño y construcción de este tipo de facilidades representa un avance en la dirección del desarrollo del campo de la instrumentación científica en el país, específicamente apuntando en la dirección de detección de eventos físicos y astrofísicos en canales no convencionales.

**Palabras Clave:** Muones; Rayos cósmicos; Telescopio; Instrumentación Astronómica.

## FAI047. Preparación y Caracterización de Biocueros en base a Almidón y Borra de Café

J. Rodriguez-Cardenas<sup>1</sup>, F. Fajardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

[jhrodriguezca@unal.edu.co](mailto:jhrodriguezca@unal.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se sintetizaron y caracterizaron algunas propiedades de materiales poliméricos biodegradables preparados a partir de almidón de maíz y borra de café, con el fin de ofrecer alternativas sostenibles a los polímeros sintéticos convencionales.

Los bioplásticos se formularon variando la concentración de almidón de maíz para analizar su efecto sobre propiedades ópticas y mecánicas. La caracterización mediante espectroscopía UV-Vis evidenció una disminución progresiva de la transmitancia y un aumento de la resistencia del material, a medida que se incrementaba la concentración de maíz. La adición de glicerina en la matriz polimérica incrementó la flexibilidad. Posteriormente, se incorporó borra de café como refuerzo lignocelulósico, obteniendo un biocompuesto tipo “biocuerdo”.

Los análisis mecánicos y acústicos mediante un tubo de Kundt, mostraron que el almidón aportó rigidez estructural, reduciendo el amortiguamiento interno, mientras que la borra de café genera una microestructura porosa que favorece la disipación sonora, alcanzando pérdidas de transmisión superiores a 60 dB en frecuencias medias y altas, comparables con materiales comerciales.

De lo anterior se ve que los biocueros a base de borra de café tienen un potencial como una alternativa técnica y ambientalmente viable para empaques sostenibles y aislamiento sonoro, contribuyendo a la economía circular y a la reducción del uso de plásticos sintéticos.

**Palabras Clave:** Bioplásticos; Almidón de maíz; Absorción Acústica; Tubo de Kundt.

**Autor de correspondencia:** [jhrodriguezca@unal.edu.co](mailto:jhrodriguezca@unal.edu.co)

## FAI052. Efecto de la polaridad de los puntos de carbono en la interacción con bacterias Gram-negativas y Gram-positivas

**Autores:** Ángela Janet García-Salcedo, Tatiana Salcedo-Pinzón, Mar Luna Cárdenas-Bonilla, Liliana Tirado Mejía

**Afiliaciones:** Universidad del Quindío / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia.

**Resumen:** Como es bien conocido los puntos de carbono (CDs) son nanoestructuras luminiscentes, propiedad usada en el sensado de iones, tejidos y bacterias entre otros; de igual forma, se sabe que dependiendo de los grupos funcionales de la superficie tendrán o no interacción con otras estructuras. En este estudio se utilizaron CDs sintetizados a partir de cáscaras de plátano para marcar dos bacterias: *P. aeruginosa* (gram-) y *M. luteus* (gram+), por el método de permeabilización de membrana.

Las diferentes caracterizaciones hechas a los puntos de carbono sintetizados por el método hidrotermal, indicaron que tienen una superficie con grupos oxigenados mayoritariamente, con carga negativa entre -24 y -34, de forma esférica y con un núcleo policristalino.

Una vez separados por cromatografía en columna, su caracterización permitió dilucidar que en la síntesis se obtienen tres tipos de CDs con superficies diferentes: con grupos oxigenados, nitrogenados y epóxidos.

Para el marcaje de las bacterias se usaron puntos de carbono recién sintetizados, logrando marcar tanto la bacteria gram+ como la bacteria gram-.

Finalmente, y con el objetivo de estudiar la selectividad, se usaron por separado los tres tipos de puntos de carbono, siendo los CDs con grupos oxigenados los que tuvieron mejor afinidad con las *P. aeruginosa* y los CDs con grupos nitrogenados los que tuvieron mejor afinidad con *M. luteus*.

**Palabras Clave:** puntos de carbono; bacterias; polaridad superficial.

**Autor de correspondencia:** [ajgarcia@uniquindio.edu.co](mailto:ajgarcia@uniquindio.edu.co)

### FAI053. Influencia del grado de madurez de la cáscara de naranja en las propiedades ópticas de puntos de carbono obtenidos por síntesis hidrotermal

Juan Pablo Ocampo Arias<sup>1</sup>, Gabriela E. Diaz<sup>1</sup>, Angela Janet García-Salcedo<sup>1</sup>, Liana Tirado-Mejía<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

juanp.ocampo@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Los puntos de carbono son nanomateriales con aplicaciones de sensado óptico y bioimagen, por sus propiedades de fotoluminiscencia. Sus características dependen en gran medida de las condiciones de síntesis y del tipo de precursor utilizado, cuando estas partículas se sintetizan a partir de materiales orgánicos y subproductos vegetales.

En este trabajo se presentan resultados del efecto del estado de maduración de la cáscara de naranja Valencia sobre las propiedades ópticas de los puntos de carbono producidos mediante síntesis hidrotermal. Se sintetizaron puntos a partir de cáscaras en tres etapas de maduración a temperaturas de 160 °C, 190 °C y 220 °C.

Se evaluaron propiedades ópticas de fotoluminiscencia y absorción en el infrarrojo medio y en el UV-Vis, así como de tamaño de partícula. Los puntos de carbono obtenidos a 220 °C a partir de cáscaras en alto grado de madurez presentaron en FTIR mayores intensidades de emisión entre 500 nm y 550 nm, atribuidas a un mayor grado de carbonización que favoreció la presencia de grupos funcionales como carbonilos, hidroxilos y dobles enlaces conjugados.

Los análisis UV-Vis evidenciaron picos definidos entre 280 y 360 nm. Las pruebas de dispersión dinámica de luz mostraron un mejor comportamiento coloidal al ajustar el pH a 10, evidenciando un tamaño promedio de 80 nm.

Los resultados sugieren que para este precursor maduro hay un mayor número de subproductos, mientras que para un bajo grado de madurez se favorece la formación de los puntos de carbono por el contenido de ácidos.

**Palabras Clave:** puntos de carbono luminiscentes; síntesis hidrotermal; biomasa de cáscara de naranja.

**Autor de correspondencia:** juanp.ocampo@uqvirtual.edu.co

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por la Universidad del Quindío (100016837) bajo el proyecto 1135; MINCIENCIAS (100007637) convocatoria 890 con código de proyecto 1113-890-82054 y contrato ICETEX 2022-0778.

## FAI057. Estudio de la aproximación de masas efectivas del grafeno prístino afectado por la distorsión Kekulé-Y

**Autores:** Sebastián Rincón<sup>1</sup>, Gerardo Fonthal<sup>1,3</sup>, Jhon Prías<sup>2,3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Universidad del Quindío, Colombia. <sup>2</sup> Programa de Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Colombia. <sup>3</sup> Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [sebastian.rinconm@uqvirtual.edu.co](mailto:sebastian.rinconm@uqvirtual.edu.co)

**Resumen:** El cálculo de las masas efectivas en grafeno es crucial porque determina la movilidad de portadores, el transporte electrónico y la viabilidad del material en aplicaciones nanoelectrónicas y optoelectrónicas. Generalmente, el grafeno prístino presenta fermiones de Dirac sin masa en los puntos  $\frac{K}{k\tau}$ ; sin embargo, al introducir la distorsión Kekulé-Y se origina un repliegue en la zona de Brillouin, lo que provoca cambios en el punto de alta simetría  $\Gamma$  y justifica cálculos centrados en dicho punto.

Trabajos previos han mostrado que los patrones Kekulé modifican la curvatura de las bandas y pueden abrir brechas de energía o acoplar valles; sin embargo, los valores de masa efectiva reportados varían según el modelo y el punto de muestreo en  $k$ . Esto motiva un estudio focalizado que considere explícitamente el plegamiento al punto  $\Gamma$ . En este trabajo se calcula la masa efectiva del grafeno con distorsión Kekulé-Y evaluando la curvatura de la banda alrededor de  $\Gamma$ .

Se utiliza un Hamiltoniano del modelo de *tight binding*, incluyendo el espín, y se realiza una diagonalización numérica de la estructura de bandas en la celda ampliada. La masa efectiva se obtiene mediante la segunda derivada de la energía respecto a  $k$  en la vecindad de  $\Gamma$  y se compara con resultados publicados. Se observa una variación de hasta 9.2 % respecto a algunas referencias, atribuible al tratamiento del acoplamiento de valles y a la intensidad de la distorsión.

El análisis confirma que la distorsión Kekulé-Y genera masas efectivas finitas y medibles en el punto  $\Gamma$ , lo que permite una descripción consistente de la dinámica electrónica en este régimen. Los resultados sugieren que la distorsión Kekulé-Y genera masas efectivas posibles de medir experimentalmente.

**Palabras Clave:** Grafeno; Masa efectiva; Distorsión Kekulé-Y.

## FAI061. Paleomagnetic Dating of Volcanic Products: a Case Study of Cerro Bravo Volcano, Colombia

Yadira Alexandra Cubides-Gallego<sup>1</sup>, Victoria Mejia<sup>2</sup>, Beatriz Elena Galvis-Arenas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>3</sup>Servicio Geológico Colombiano, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, Manizales, Colombia

vmejiab@unal.edu.co

**Resumen:** Directional paleomagnetic results from Cerro Bravo volcano (Colombia) were used to obtain paleomagnetic dates by confronting paleomagnetic directional results with secular variation curves derived from Earth's field models SHA.DIF.14k, gufm1 and IGRF-13 that altogether span the past 14 ka.

The study involves paleomagnetic sampling of 10 sites, each one representing a volcanic flow, and routine field and laboratory procedures oriented at obtaining highly accurate and precise paleomagnetic results. Site-mean directions were considered successful if obtained from at least 4 samples, had  $\alpha_{95} \leq 7^\circ$  and  $kappa > 50$ . Two sites did not yield interpretable paleomagnetic results, 2 sites did not pass the selection quality criteria and 6 sites passed the selection quality criteria. Among the six selected sites, only four had paleomagnetic directions that coincided at least at one point with the secular variation curves.

To help guide the process of data interpretation, sampled sites were located in a map of a recently published study of the evolution of Cerro Bravo volcano. Successful paleomagnetic results correspond to the San Fernando (two sites), the Brasil (three sites) and El Doce (one site) building stages. Paleomagnetic dates of roughly 8 Ka for the two San Fernando stage sites, and 0.7 Ka for one of the three Brasil sites (the other two sites appear to be displaced) are consistent with the mentioned study. Site from El Doce stage is older than the age-range of the used secular variation curves.

**Palabras Clave:** Paleomagnetic dating; Cerro Bravo volcano; Secular variation.

**Autor de correspondencia:** vmejiab@unal.edu.co

## FAI063. Análisis fotocatalítico de la degradación de rodamina B con puntos de carbono derivados de biomasa

Fabiola Alzate-Walteros<sup>1,2</sup>, Liliana Tirado-Mejía<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Físicas, Universidad de Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Quindío, Colombia

sfalzate@uniquindio.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo tiene como objetivo la síntesis de puntos de carbono (CDs) a partir de cáscara de plátano como precursor de biomasa, mediante un método hidrotermal, y la evaluación de su desempeño en la fotodegradación de rodamina B (RhB), un colorante ampliamente utilizado y considerado contaminante emergente.

Los CDs obtenidos fueron caracterizados estructural y ópticamente por espectroscopía infrarroja (IR), Raman y mapeo elemental, lo cual permitió confirmar la presencia de dominios  $sp^2$ , defectos estructurales y grupos oxigenados en la superficie, responsables de su comportamiento óptico y de la generación de sitios activos.

La actividad fotocatalítica de los CDs se evaluó bajo condiciones de irradiación con diferentes fuentes de luz: blanca (10 W), ultravioleta (26 W) y azul (30 W), mientras que la evolución del proceso se monitoreó a través de espectroscopía UV-Vis, registrando los cambios en la banda principal de absorción de RhB (554 nm).

Los resultados preliminares mostraron una disminución progresiva en la intensidad de absorción del colorante, lo que sugiere la generación de especies reactivas de oxígeno a partir de la excitación de los CDs, promoviendo reacciones de descomposición y ruptura estructural de las moléculas de RhB, efecto corroborado por análisis espectroscópicos adicionales.

En conclusión, los CDs exhiben un papel dual como fotosensibilizadores y agentes estabilizantes. Esta doble funcionalidad favorece tanto la generación de especies reactivas bajo irradiación como la estabilidad coloidal del sistema, lo que en conjunto potencia su desempeño en la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos en medios acuosos.

**Palabras Clave:** Fotodegradación; Rodamina B; Puntos de carbono.

**Autor de correspondencia:** sfalzate@uniquindio.edu.co

## FAI066. Pruebas de oclusión y ruido aplicadas a la imagen encriptada de un sistema de encriptación para la autenticación de tres imágenes

Daniel Castilla<sup>1</sup>, Adolfo Montero<sup>1</sup>, Juan Vilardy<sup>2</sup>, María Millán<sup>3</sup>, Elisabet Pérez-Cabré<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Optoelectrónica y Procesamiento de Señales (OPSE), Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Óptica e Informática, Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>3</sup>Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech, Terrassa (Barcelona), España

`vilardy.juan@unicesar.edu.co`

**Resumen:** Recientemente, fue propuesto un sistema de encriptación-desencriptación basado en un correlador de transformada conjunta (Joint Transform Correlator, JTC) no lineal en el dominio de Fourier para la autenticación simultánea de tres imágenes. El plano de entrada del JTC para el sistema de encriptación es totalmente codificado en fase y está compuesto por: una imagen original a encriptar, cuatro máscaras de fases aleatorias y tres distribuciones de solo fase que contienen las tres imágenes a autenticar posteriormente.

La salida del sistema de encriptación es la imagen encriptada de valor real en el dominio de Fourier, protegida por siete claves o llaves y las no linealidades del JTC. La autenticación de las tres imágenes sucede como un proceso de verificación de la imagen de salida que proporciona el sistema de desencriptación.

La imagen encriptada del sistema de seguridad mencionada es probada en este trabajo frente a varias fuentes de degradación, tales como oclusión y ruido. Se estudia el desempeño de los procesos de desencriptación y autenticación frente al ruido aditivo y multiplicativo que pueda afectar a la imagen encriptada. De la misma forma, se comprueba la robustez del sistema de seguridad mencionado debido a la pérdida de información mediante la oclusión parcial de la imagen encriptada.

Finalmente, la robustez del sistema de seguridad mencionado es evaluada usando la métrica de la raíz del error cuadrático medio entre la imagen original a encriptar y la imagen desencriptada, frente al ruido u oclusión introducido en la imagen encriptada.

**Palabras Clave:** Sistema de encriptación y autenticación de tres imágenes; Correlador de transformada conjunta (Joint Transform Correlator, JTC); Dominio de Fourier; Ruido; Oclusión.

**Autor de correspondencia:** `vilardy.juan@unicesar.edu.co`

## FAI067. Estudio experimental de la sensibilidad del receptor IR VS1838B debido a variaciones de frecuencia

Cristian Castellano<sup>1</sup>, Andres Vergel<sup>1</sup>, Jorge Castro<sup>1</sup>, Fabio Vega<sup>1</sup>, Juan Vilardy<sup>2</sup>, Eberto Benjumea<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Optoelectrónica y Procesamiento de Señales (OPSE), Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Óptica e Informática, Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería, Arquitectura & Diseño, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Bolívar, Colombia

fabiovega@unicesar.edu.co

**Resumen:** En los sistemas de control remoto por infrarrojo (IR), la comunicación entre un emisor y un receptor se basa en la transmisión de señales moduladas en una frecuencia específica, típicamente en torno a los 38 kHz. Uno de los receptores más comunes para este tipo de aplicaciones es el VS1838B, un sensor que está diseñado para recibir señales IR moduladas con alta selectividad y bajo consumo.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y comprender el comportamiento del receptor VS1838B frente a señales IR moduladas en distintas frecuencias, comprendidas entre 1 kHz y 80 kHz. Esto se realiza con el fin de establecer una tabla de sensibilidad estimada por frecuencia, que pueda servir de referencia para el diseño de sistemas de comunicación o control IR alternativos, incluso fuera de su frecuencia nominal.

Este enfoque experimental permite identificar la frecuencia de operación óptima y establecer rangos de frecuencia efectivos con márgenes de tolerancia, considerando condiciones no ideales como la interferencia de la luz ambiental y la modulación imperfecta de la señal.

Este estudio es especialmente relevante para el desarrollo de sistemas infrarrojos de bajo costo o prototipos basados en el receptor IR VS1838B.

**Palabras Clave:** Receptor IR; sensibilidad de un receptor IR; variaciones de frecuencia.

**Autor de correspondencia:** fabiovega@unicesar.edu.co

## FAI070. Tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop

Adriana Gutiérrez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo NanoFab, Departamento de Física, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Kilómetro 2 Vía Cajicá-Zipacquirá, Colombia

adriana.gutierrezr@unimilitar.edu.co

**Resumen:** Dentro de los sistemas de riego, el riego por goteo se destaca por conducir el agua a través de una red de tuberías y distribuirla directamente a los cultivos mediante emisores que liberan pequeños volúmenes de manera periódica. Dependiendo del tipo de suelo y de las necesidades agrícolas, estos sistemas contribuyen al aumento de la producción, al ahorro de agua y a la expansión tanto de la superficie cultivada bajo riego como de la intensidad del cultivo.

No obstante, uno de los inconvenientes de este tipo de riego es la limitada capacidad de control en la dosificación exacta de agua y fertilizantes que requiere cada cultivo; dentro de las variables a controlar se encuentra la tensión superficial del agua y de las soluciones fertilizantes.

En este trabajo se determinó la tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop, utilizando el procesamiento digital de imágenes de una gota usando una cámara digital.

Las soluciones analizadas fueron: sulfato de cobre, sulfato de hierro, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, nitrofer de calcio, bórax, nitrato de potasio y nitrato de calcio.

Los resultados sugieren la existencia de una correlación entre el grado de acidez de las sustancias fertilizantes analizadas y la tensión superficial. Sin embargo, se requiere un estudio más exhaustivo para determinar dicha relación.

**Palabras Clave:** Tensión superficial; pendant drop; fertilizantes inorgánicos.

**Autor de correspondencia:** adriana.gutierrezr@unimilitar.edu.co

**Agradecimientos:** La autora agradece al Tecnólogo en Horticultura Jorge Eliecer Reyes por su apoyo en la fase experimental y en la toma de datos.

## FAI072. Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetosurfactantes de [Co(trien)(C<sub>19</sub>H<sub>30</sub>NO)]Cl<sub>2</sub> por química verde

Kimberlly Orozco<sup>1</sup>, Zulia Caamaño<sup>1</sup>, Dary Luz Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

kkatherynneorozco@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** En la actualidad persiste una problemática ambiental asociada a los desechos de hidrocarburos; en este contexto, el presente proyecto propone una alternativa de química verde para el tratamiento de aguas contaminadas por dichos compuestos.

El objetivo principal es sintetizar y caracterizar estas nanopartículas aprovechando las propiedades magnéticas del cobalto y empleando extractos fermentados de frutas (naranja, uva y piña) como solventes naturales, como medio de la síntesis.

En este trabajo se presentará la obtención del etanol como solvente, a partir de la fermentación y destilación del extracto de fruta; asimismo, se describirá el proceso de síntesis de la sal precursora [Co(trien)Cl<sub>2</sub>]Cl y de la base de Schiff Dodecilsalicilaldimina, como también, la síntesis del magnetosurfactante final y su caracterización mediante las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y magnetometría de muestra vibrante (VSM).

De los resultados obtenidos se ha confirmado la composición de los extractos de frutas (naranja, piña y uva playera) así como de la sal precursora, validado mediante espectroscopía FTIR.

Estos avances son satisfactorios para el propósito del trabajo, permitiendo la síntesis y purificación de la base de Schiff mediante cromatografía de columna y, finalmente, la obtención de las muestras del magnetosurfactante.

**Palabras Clave:** Magnetosurfactantes; Síntesis verde; Nanopartículas.

**Autor de correspondencia:** kkatherynneorozco@mail.uniatlantico.edu.co

## FAI077. Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial

Juan David Cárdenas Vélez<sup>1</sup>, Jhon Leandro Duque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Se propone un póster que exhiba, de manera clara y visualmente atractiva, las figuras de Lissajous, obtenidas al combinar dos movimientos armónicos simples (M.A.S.) ortogonales. A partir de las soluciones de las ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden para osciladores desacoplados, se mostrarán:

(i) criterios geométricos (recta, elipse, círculo) en el caso isofrecuencia, (ii) condición de cierre para razones racionales de frecuencia  $\omega_x/\omega_y = m/n$ , (iii) vínculos con el cálculo vectorial (campo de velocidades en el plano y curvatura local).

El trabajo incluye simulaciones reproducibles en Python/Matplotlib y, de ser posible, validación experimental en modo XY de osciloscopio. Los resultados esperados consisten en una galería de figuras en alta resolución (casos 1:1, 2:1, 3:2, 5:4), tablas de cierre y análisis geométricos (fase relativa, curvatura, orientación de ejes principales).

Este proyecto tiene valor pedagógico al permitir la estimación de la fase relativa  $\Delta\phi$  y la razón de frecuencias a partir de la geometría de las figuras, resaltando el potencial interdisciplinar entre ecuaciones diferenciales, cálculo vectorial, geometría e instrumentación.

**Palabras Clave:** Figuras de Lissajous; Movimiento armónico simple; Osciladores desacoplados

**Autor de correspondencia:** juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

## FAI079. Implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo para la medición de ondas cerebrales

María Antonia Cardozo Forero<sup>1</sup>, Carlos Andrés Vidal Betancourt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física - Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

mariaa.cardozof@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo describe la implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo de bajo costo, basado en hardware abierto y código disponible en la comunidad científica. El objetivo principal consiste en optimizar la detección de ondas alfa (8–12 Hz) y beta (12–30 Hz) obtenidas a partir del lóbulo occipital del cerebro, las cuales están relacionadas con estados de relajación y concentración, por lo cual se constituyen en una herramienta en estudios de neurofisiología clínica y sus posibles aplicaciones a la neurociencia.

La metodología aplicada incluye la construcción de sensores no invasivos (electrodos), implementar un circuito para filtrar y amplificar las señales: se aplicaron filtros pasa-altas, pasa-bajas y rechaza-banda para eliminar frecuencias fuera del rango de 8–30 Hz. Luego, las señales son adquiridas en un computador mediante un conversor analógico digital conectado a una placa microcontroladora (Arduino). Se usaron además técnicas de postprocesamiento en el dominio del tiempo y la frecuencia para identificar patrones asociados a las ondas alfa y beta. Asimismo, se aplicaron conceptos de cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales en el modelado matemático de las ondas cerebrales con el fin de comprender mejor su propagación y adquisición.

Como resultado preliminar, se logró una mejora en la relación señal-ruido del dispositivo y una identificación más clara de las ondas alfa y beta durante pruebas en condiciones controladas de relajación. Estos avances sugieren que el prototipo puede constituir una alternativa accesible para la enseñanza, investigación y futuras aplicaciones en interfaces cerebro-computador.

**Palabras Clave:** Electroencefalógrafo; Ondas Cerebrales; Prototipo de bajo costo

**Autor de correspondencia:** mariaa.cardozof@uqvirtual.edu.co

## FAI081. Optimización de un proceso de producción de nanocristales de óxido de zinc, aplicando un diseño de experimentos de Taguchi

**Autores:** Leonardo Suárez Sánchez<sup>1</sup>, Ovidio A. Almanza Montero<sup>1</sup>, Oscar O. Melo Martínez<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. <sup>2</sup> Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

**Correos:** [lsuarezs@unal.edu.co](mailto:lsuarezs@unal.edu.co), [oaalmanzam@unal.edu.co](mailto:oaalmanzam@unal.edu.co), [oomelom@unal.edu.co](mailto:oomelom@unal.edu.co)

**Resumen:** Haciendo uso de un diseño de experimentos de Taguchi con arreglo ortogonal L16, se realizó la fabricación de trece (13) de dieciséis (16) muestras de óxido de zinc aplicando el método de síntesis sol-gel, utilizando como precursores ácido cítrico monohidratado y nitrato de zinc hexahidratado. Se busca robustecer el proceso de producción de nanocristales de este material para obtenerlos con la menor dispersión posible en tamaño, alrededor de un valor medio del mismo.

Dentro de la etapa de diseño se identificaron trece (13) factores de control que podrían estar influyendo en el tamaño de cristal obtenido. Además, se espera encontrar el experimento “campeón de papel” con los factores de influencia en niveles tales que permitan obtener tamaño de cristal lo más pequeño posible.

Derivado de la caracterización por difracción de rayos X, se realizó el refinamiento Rietveld que indica que las trece (13) muestras pertenecen al grupo espacial P63mc, lo que preliminarmente demuestra que aun cuando varían los niveles de los diferentes factores en la síntesis, se obtiene la misma estructura.

A la fecha, las muestras con menor tamaño de cristal determinado vía la ecuación de Scherrer son de  $(20,6 \pm 6,8)$  nm y  $(22,2 \pm 8,3)$  nm, identificando factores en común como, por ejemplo, el tiempo de calcinación (24 h) y la temperatura de calcinación (600 °C).

Este estudio es de gran interés ya que los nanocristales de ZnO exhiben propiedades catalíticas mejoradas cuanto menor es su tamaño. Se espera así mejorar su aplicación; por ejemplo, en el tratamiento de aguas residuales.

**Palabras Clave:** Nanocristales; ZnO; Diseño de experimentos; Taguchi.

**Autor de correspondencia:** [lsuarezs@unal.edu.co](mailto:lsuarezs@unal.edu.co)

Capítulo 12

# FÍSICA COMPUTACIONAL (FC)

*Ponencias Orales*

## FC004. Examinando la influencia del ENSO en la hidroclimatología de la región interandina de Colombia mediante análisis de redes complejas

**Autores:** Santiago Castaño Moreno<sup>1</sup>, Isabel Hoyos<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Quindío / Grupo de Física Teórica y Computacional, Armenia–Quindío, Colombia. <sup>2</sup> Universidad del Quindío / Grupo de Física Teórica y Computacional, Armenia–Quindío, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo estudia la influencia del fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO) como una de las fuentes más importantes de variabilidad de la hidroclimatología colombiana, mediante el uso de teoría de redes.

El ENSO se representa mediante el índice El Niño 3.4, mientras que la variabilidad hidroclimatológica regional se resume en la serie de tiempo de anomalías estacionales del caudal en la desembocadura del sistema Cauca–Magdalena, donde se integra la evolución hidroclimatológica de la cuenca.

Para cada serie de tiempo se construye un grafo, donde cada nodo corresponde a una ventana temporal cuyos datos se ordenan según su rango, definiendo así una organización característica para cada nodo. El ancho óptimo de la ventana se determina mediante un criterio entrópico que fija el número máximo de nodos posibles para representar cada serie.

Los nodos se conectan si ocurren de manera sucesiva en la serie de tiempo. Las conexiones comunes entre ambas redes permiten identificar estructuras topológicas similares, lo que evidencia la evolución compartida entre las series y su teleconexión.

Ambas redes exhiben propiedades típicas de redes de pequeño mundo. La red del índice Niño 3.4 presenta un total de 177 enlaces, mientras que la red de anomalías de caudal registra 225. Se observa que el 78.53% de las conexiones de la red del Niño 3.4 están presentes en la red de caudal, representando el 61.78% de las conexiones en esta última.

La alta correspondencia estructural entre ambas redes subraya el valor del enfoque topológico como herramienta alternativa para estudiar teleconexiones climáticas.

**Palabras Clave:** Redes complejas; Hidroclimatología; ENSO.

**Autor de correspondencia:** [santiago.castanom@uqvirtual.edu.co](mailto:santiago.castanom@uqvirtual.edu.co)

## FC005. Integración simpléctica y caracterización del caos en un péndulo doble con fricción tipo Stokes

Mateo Maldonado V.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

mmaldonadov@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** El péndulo doble es un sistema clásico ampliamente estudiado por su comportamiento altamente no lineal y su capacidad para exhibir caos determinista.

En este trabajo, orientado a la formación y práctica investigativa en dinámica no lineal, se presenta un estudio numérico del péndulo doble sometido a fricción tipo Stokes, con el objetivo de analizar cómo la disipación modifica su evolución en el espacio de fases.

Se deducen las ecuaciones de movimiento acopladas de segundo orden que describen el sistema, y se implementa su solución mediante un esquema de Euler simpléctico, garantizando una integración adecuada en presencia de términos disipativos.

A partir de las trayectorias obtenidas, se construyen diagramas de fase y mapas de Poincaré para identificar transiciones entre comportamientos regulares y caóticos bajo distintas condiciones iniciales.

Finalmente, se calcula el exponente de Lyapunov para cuantificar la sensibilidad a las condiciones iniciales y evaluar la presencia de caos.

Este trabajo constituye un aporte formativo en el uso de métodos numéricos para el análisis de sistemas dinámicos complejos y sienta bases para futuras investigaciones en dinámica caótica y control de sistemas no lineales.

**Palabras Clave:** Péndulo doble; Caos determinista; Exponentes de Lyapunov

## FC008. Simulación de un péndulo real mediante integración de Verlet

Andres Mauricio Africano Florez<sup>1</sup>, Yezid Hernandez Velez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

amafricanof@ut.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta una simulación realista del movimiento de un péndulo compuesto por una cuerda inextensible y una masa puntual, modelando la cuerda como una cadena de partículas unidas mediante vínculos de longitud constante.

Este enfoque permite capturar de forma más fiel los efectos dinámicos del sistema, incluyendo la curvatura de la cuerda y las tensiones internas.

La evolución temporal del sistema se resuelve numéricamente mediante el método de integración de Verlet, ampliamente utilizado en mecánica computacional por su estabilidad y bajo error acumulativo.

Tras cada paso de integración, se aplican correcciones iterativas a las posiciones para garantizar que la longitud de cada segmento permanezca constante, siguiendo el esquema de dinámica basada en posiciones (Position-Based Dynamics).

El resultado es una simulación continua, estable y visualmente precisa del péndulo oscilando bajo la acción de la gravedad.

A diferencia de modelos rígidos o simplificados, esta implementación permite una representación más rica del comportamiento físico, y sienta las bases para incluir extensiones como amortiguamiento, fuerzas externas o colisiones.

El sistema fue desarrollado en Python con visualización mediante `matplotlib`, lo que lo convierte en una herramienta accesible tanto para la docencia como para la investigación en física computacional.

**Palabras Clave:** Método de Verlet; Péndulo; Física computacional

**Autor de correspondencia:** amafricanof@ut.edu.co

## FC025. Dinámica y termodinámica de un sistema Jaynes–Cummings estimulado por láser

Carlos Alberto Riascos Moreno<sup>1</sup>, Paulo César Cárdenas Montoya<sup>2</sup>, Boris Anghelo Rodriguez Rey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Manizales, Departamento de Física y Matemáticas, Manizales, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Antioquia, Instituto de Física, Medellín, Colombia

cariascosm@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se investiga la dinámica y termodinámica de un sistema cuántico compuesto por un punto cuántico acoplado a una nanocavidad óptica, el cual se describe mediante el modelo de Jaynes-Cummings.

El sistema es excitado por un pulso láser que modifica su evolución unitaria. Para dar cuenta de la interacción con el entorno, se consideran varios canales disipativos: reservorios que inyectan y extraen fotones, otros que generan y aniquilan excitones, y un canal de decoherencia pura.

La evolución temporal del sistema se determina resolviendo la ecuación maestra correspondiente bajo la aproximación markoviana.

A partir de esta dinámica, se calculan magnitudes termodinámicas clave como los flujos de calor, el trabajo y la producción de entropía. Finalmente, se analiza cómo estas cantidades dependen de los parámetros de excitación y disipación, demostrando que tanto la presencia de múltiples reservorios como la coherencia inducida por el láser afectan de manera fundamental la transferencia de energía y la irreversibilidad del proceso.

**Palabras Clave:** Jaynes–Cummings; nanocavidad óptica; puntos cuánticos; dinámica cuántica abierta; termodinámica cuántica

**Autor de correspondencia:** cariascosm@unal.edu.co

## FC026. Extensión del modelo de opinión tipo Potts bajo medios masivos: efectos de un ruido social dinámico

Laura I. Nieto P., Angie V. Bernal J., Luder Espitia G., John H. Díaz F.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

linietop@udistrital.edu.co, avbernalj@udistrital.edu.co, lespitiag@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se analizó la dinámica de opinión en un colectivo influenciado por su coherencia individual, la interacción con otros agentes y un campo externo constante, que representa la influencia de los medios de comunicación o las redes sociales. Se incorpora además ruido social dinámico, modelado mediante perturbaciones aleatorias: en ciertos intervalos de tiempo, un subconjunto aleatorio de agentes cambia su opinión al azar, sin seguir los criterios energéticos tradicionales. Esta modificación busca representar de forma más realista fenómenos sociales como la espontaneidad humana o los cambios repentinos de opinión.

Este tipo de estudios resulta relevante en el campo de la sociofísica, donde los modelos físicos permiten comprender procesos colectivos complejos y analizar cuantitativamente fenómenos sociales. Los resultados obtenidos serán contrastados con reportes previos en la literatura.

El sistema considerado se basa en el modelo bidimensional de Potts, el cual evoluciona mediante una dinámica de Monte Carlo microcanónica, manteniendo constante la energía total. El objetivo principal es estudiar la evolución del sistema bajo ciertas configuraciones iniciales que conducen a estados metaestables, en función de la intensidad del campo externo. Se espera que la presencia de ruido social dinámico altere la estabilidad energética del sistema. Por tanto, se analizará su evolución temporal y se comparará la distribución de opiniones en escenarios con y sin perturbaciones. La implementación se realizará en C++ utilizando programación orientada a objetos, con miras a facilitar futuras extensiones del modelo.

**Palabras Clave:** Modelo de Potts; dinámica de opiniones; ruido social dinámico

## FC032. Modelado de la Cinética de Adsorción de Metales Pesados en Agua Mediante Simulación Monte Carlo Cinético (kMC) y Machine Learning Basado en Optimización Bayesiana

Germán Torres<sup>1</sup>, Hernán Salinas<sup>2</sup>, Cesar Barrero<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

german.torres@udea.edu.co, hernan.salina@udea.edu.co, cesar.barrero@udea.edu.co

**Resumen:** La presencia de metales pesados como As, Pb y Sb en cuerpos de agua, producto de actividades industriales, mineras y agrícolas, representa un problema ambiental y de salud pública a nivel global. Entre las estrategias utilizadas para su remoción del medio acuoso, la adsorción en materiales sólidos resulta particularmente atractiva por su eficacia, bajo costo y mínimo impacto ambiental. Comprender los mecanismos que controlan estos procesos, especialmente su cinética, es clave para mejorar su desempeño.

Con este propósito, se desarrolló un modelo basado en Monte Carlo Cinético (kMC) para simular la adsorción de metales disueltos en agua, y ajustar su evolución temporal a datos experimentales. Para ello, se empleó una red bidimensional ( $L \times L$ ) como representación abstracta de los sitios activos de un material adsorbente, considerando tres eventos estocásticos fundamentales: adsorción, desorción y difusión.

Las probabilidades de ocurrencia de estos eventos se calcularon a partir de tasas de transición tipo Arrhenius, cuyas barreras energéticas dependen de un Hamiltoniano que incorpora interacciones locales entre primeros vecinos. Para reproducir la cinética observada con datos experimentales, se empleó un enfoque de machine learning basado en optimización bayesiana, mediante el cual se ajustaron los parámetros del modelo kMC, minimizando el error cuadrático medio (MSE) entre las curvas simuladas y las curvas experimentales.

Los resultados demuestran que la integración del modelo cinético de Monte Carlo con técnicas de optimización bayesiana captura adecuadamente las tendencias experimentales.

**Palabras Clave:** Adsorción de metales pesados; Monte Carlo cinético; Optimización bayesiana; Machine Learning

## FC038. Desplazamientos de fase por dispersión neutrón-protón

**Jhon Perdomo, Daniel Suescún**

Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20201188631@usco.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta el problema de dispersión neutrón-protón a través de la ecuación de función de fase. El objetivo principal consiste en simular y estudiar el cambio de fase utilizando potenciales de Malfliet-Tjon (MT), Morse y Manning-Rosen (MR) comparando los resultados con los datos experimentales. Por tal razón, se resolvió la ecuación de fase con los métodos de Euler y Runge-Kutta implementados en Fortran para los distintos potenciales. Esto permitió estudiar la forma y el alcance de los potenciales, la interacción dependiente del estado y el comportamiento de la fase en función de la distancia y la energía cinética de las partículas incidentes.

En una primera simulación, el potencial de MT mostró el mejor ajuste a los datos experimentales para el estado triplet, mientras que para el singlet solo mejoró a energías superiores a 50 MeV. Los potenciales de Morse y MR arrojaron buenos resultados hasta los 50 MeV. Una segunda simulación con nuevos parámetros confirmó la convergencia de la implementación en Fortran 90, produciendo cambios de fase consistentes para tamaños de paso pequeños sin modificar valores iniciales.

Se observó una mejora significativa en la fase, con errores respecto a los datos experimentales de 0.5% para MT, 0.7% para Morse y 8.3% para MR hasta 50 MeV. Este análisis corrobora el alcance de la fuerza nuclear y la correspondencia con los datos experimentales. Se valida la necesidad de métodos numéricos y potenciales fenomenológicos para caracterizar la fuerza nuclear entre nucleones.

**Palabras Clave:** Dispersión n-p; Método de función de fase; Euler; Runge-Kutta cuarto orden

**Autor de correspondencia:** u20201188631@usco.edu.co

## FC041. Cálculo de Vida media en la Desintegración alfa Usando Formulas semi-empíricas y la Aproximación WKB

Jose Martinez Velasco<sup>1</sup>, Daniel Suescún Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

josemave280333@gmail.com

**Resumen:** En este trabajo se presenta un estudio del decaimiento alfa, un proceso fundamental en la física nuclear por su relación con la estabilidad de los núcleos y la identificación de elementos pesados. Se comparan las fórmulas semi-empíricas y la aproximación WKB (Wentzel, Kramers, Brillouin) como métodos para calcular el tiempo de vida media de emisores alfa, evaluando su precisión frente a datos experimentales.

Para ello, se utilizaron bases de datos nucleares, integración numérica, programación en Fortran y manejo de datos con Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL). Se calcularon las vidas medias de 477 isótopos, observando diferencias en la precisión según el modelo empleado. El modelo de Poenaru resultó ser uno de los menos precisos, reproduciendo de manera aceptable solo los primeros 50 isótopos.

En contraste, el modelo de potencial de Coulomb y potencial de proximidad con formalismo de potencial Bass73 (CPPM-Bass73) mostró una mayor consistencia general, mientras que la fórmula de Viola-Seaborg-Sobiczewski (VSS) presentó un mejor desempeño en ciertas configuraciones nucleares, especialmente cuando el número de protones es par y el de neutrones impar, superando incluso al CPPM-Bass73 en esos casos.

Los resultados confirman que los modelos aplicados permiten reproducir adecuadamente los datos experimentales y constituyen una base sólida para futuros estudios sobre la desintegración alfa.

**Palabras Clave:** Desintegración alfa; Tiempo de vida media; Aproximación WKB; fórmulas semi-empíricas

**Autor de correspondencia:** josemave280333@gmail.com

## FC047. Estudio comparativo del comportamiento micromagnético de una nanopartícula bajo campos magnéticos oscilantes y rotantes

Nathaly Roa<sup>1</sup>, Johans Restrepo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

johans.restrepo@udea.edu.co

**Resumen:** Recientemente, las nanopartículas magnéticas han adquirido gran importancia para aplicaciones tecnológicas y biomédicas como lo es la terapia basada en hipertermia magnética, en la que las nanopartículas se exponen a campos magnéticos alternos para calentar localmente zonas específicas del cuerpo para tratamiento del cáncer Oskoui2025.

La dinámica de magnetización de una nanopartícula bajo un campo magnético externo a temperatura cero se describe mediante la ecuación determinista de Landau-Lifshitz-Gilbert Landau1935:

$$\frac{d\mathbf{m}}{dt} = -\frac{\gamma}{1+\alpha^2}(\mathbf{m} \times \mathbf{H}_{\text{eff}}) - \frac{\gamma\alpha}{1+\alpha^2}[\mathbf{m} \times (\mathbf{m} \times \mathbf{H}_{\text{eff}})]$$

donde  $\mathbf{m}$  es el vector de magnetización normalizado,  $\alpha$  y  $\gamma$  representan el parámetro de amortiguamiento de Gilbert y la relación giromagnética, respectivamente, mientras que  $\mathbf{H}_{\text{eff}}$  es el campo magnético efectivo.

En este trabajo, se estudió la respuesta de la magnetización en condiciones de campo magnético (i) oscilante y (ii) rotante, descritas respectivamente por:

$$\mathbf{H}_{\text{osc}} = H_0(0, 0, \sin[2\pi ft - \phi_z]), \quad \mathbf{H}_{\text{rot}} = H_0(0, \sin(2\pi ft - \phi_y), \sin(2\pi ft - \phi_z))$$

donde  $H_0$ ,  $f$  y  $\phi$  representan la amplitud, frecuencia y fase de los campos magnéticos externos.

Se consideraron nanopartículas de magnetita bajo estos campos externos, y la dinámica de magnetización se simuló utilizando la plataforma Ubermag Beg2021.

**Palabras Clave:** Nanopartículas magnéticas; Campo rotante; Histéresis magnética

**Autor de correspondencia:** johans.restrepo@udea.edu.co

## FC048. Guía metodológica para el desarrollo de software científico con estándares de calidad

**Autores:** Luis Quiroga<sup>1,3</sup>, Cristina López<sup>2</sup>, Mateo Rivera<sup>3</sup>, Simón Vélez<sup>3</sup>, Leonard Gómez<sup>4</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Institución Universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia. <sup>4</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** El desarrollo de software científico desempeña un rol fundamental en las ciencias de la computación. Sin embargo, en contextos académicos este proceso suele ser empírico, desestructurado y desvinculado de los principios formales de la ingeniería del software (Segal, 2005; Wilson et al., 2014). Este trabajo presenta la construcción de una guía metodológica adaptada al desarrollo de software científico en ambientes universitarios, justificada por los hallazgos de una investigación documental sobre cómo mejorar la calidad del software científico.

Esto se hizo a partir de una revisión sistemática de la literatura y el análisis de casos en física, astronomía y biología computacional; se identificaron barreras estructurales de tipo técnico, formativo y cultural que afectan la calidad, sostenibilidad y reproducibilidad del software (Johanson & Hassenlbring, 2018; Modak & Rahaman, 2025). La ausencia de formación en buenas prácticas, el uso de lenguajes de bajo nivel y la percepción de que los métodos formales obstaculizan la investigación emergen como factores críticos (Goel & Kaur, 2025).

Así, en este trabajo se presenta el diseño y construcción de una guía metodológica para el desarrollo de software científico que, sin imponer modelos industriales rígidos, traduce principios como modularidad, mantenibilidad, reutilización, eficiencia, confiabilidad, entre otros, al lenguaje de los científicos programadores. Este resultado busca fortalecer la formación investigativa, facilitar el trabajo colaborativo interdisciplinar y fomentar la reproducibilidad computacional, contribuyendo a la calidad del software como soporte esencial de la producción científica en estas áreas del conocimiento.

**Palabras Clave:** Ingeniería de software; Software científico; Buenas prácticas de programación.

**Autor de correspondencia:** [lfequirogap@poligran.edu.co](mailto:lfequirogap@poligran.edu.co)

## FC052. Método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo en dos dimensiones para campos electromagnéticos: implementación paralela en CPU y GPU

Santiago Talero Parra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

stalerop@udistrital.edu.co

**Resumen:** El método Finite Difference Time Domain (FDTD) constituye una herramienta numérica versátil para la simulación de la propagación de campos electromagnéticos. Su principal particularidad es la discretización tanto del espacio como del tiempo, lo que permite un tratamiento explícito y directo de la evolución de los campos eléctricos y magnéticos a través de métodos computacionales.

En este trabajo presentamos la implementación del FDTD en dos dimensiones, considerando diferentes fuentes de campo, entre ellas pulsos gaussianos y señales sinusoidales. La motivación surge del potencial de este método, poco usualmente aplicado en la comunidad académica nacional, para explorar fenómenos electromagnéticos de manera eficiente y precisa.

La metodología incluye rutinas desarrolladas en C++ con paralelización mediante OpenMP, así como la extensión del algoritmo a CUDA para aprovechar la capacidad de cómputo masivo en GPU. Se realizaron comparaciones de rendimiento en función del tamaño de la malla y del número de pasos temporales, analizando métricas de speed-up y eficiencia. Los resultados muestran que la versión en GPU alcanza aceleraciones significativas frente a la implementación en CPU, lo que habilita la simulación de sistemas más complejos en dos y tres dimensiones.

Se concluye que la combinación del FDTD con técnicas de cómputo paralelo constituye un aporte relevante para la investigación y la enseñanza en física computacional, optimizando la exploración numérica de fenómenos electromagnéticos en escenarios realistas.

**Palabras Clave:** FDTD; Campos Electromagnéticos; Paralelización; CUDA; OpenMP

## FC054. Simulación de Espectros UV-Vis en Estructuras de Grafeno Oxidado

Carlos Andrés Vidal Betancourt<sup>1,2,3</sup>, Jhon Jairo Prías Barragán<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Ciencias-Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>4</sup>Programa de Tecnología e Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

cavidal@uniquindio.edu.co

**Resumen:** Se presenta la simulación computacional de espectros UV-Vis en estructuras de Grafeno Oxidado empleando el método de campos de fuerza, implementado en el software Materials Studio y su comparación con resultados experimentales. En la optimización geométrica y energética de las estructuras de Grafeno Oxidado de 0, 5, 9, 13 y 16 %, se empleó el módulo Valence Approximation Molecular Orbital Package (VAMP). Se encontró una alta concordancia entre los espectros calculados teóricamente y los obtenidos experimentalmente.

La respuesta espectral calculada mediante VAMP reproduce de manera cualitativa las tendencias observadas experimentalmente en la posición e intensidad de las principales bandas de absorción, asociadas a transiciones electrónicas  $\pi-\pi^*$  y  $n-\pi^*$ , tal como era de esperarse. Esta concordancia respalda la validez del enfoque semi-empírico empleado, el cual busca describir sistemas extendidos basados en carbono funcionalizado, aun cuando presentan heterogeneidad estructural.

La correspondencia entre las simulaciones y los datos experimentales sugiere que las técnicas de modelado computacional pueden constituir una herramienta eficaz en la predicción de las propiedades ópticas de materiales derivados del grafeno. Se plantea la aplicación de las simulaciones computacionales como estrategia de apoyo a la caracterización experimental, con el fin de optimizar recursos y orientar la síntesis hacia composiciones de interés específico.

Los resultados sugieren que el grafeno oxidado, debido a su estructura funcionalizada con grupos epóxidos e hidroxilos, presenta aplicaciones potenciales en sensores y dispositivos electrónicos basados en fotocatalizadores y propiedades optoelectrónicas.

**Palabras Clave:** Óxido de grafeno; UV-Vis; Espectroscopia; Simulaciones Computacionales.

**Autor de correspondencia:** cavidal@uniquindio.edu.co



Capítulo 13

# FÍSICA COMPUTACIONAL (FC)

*Ponencias Poster*

## FC001. Algoritmos para ampliación de profundidad de campo y campo de visión en microscopía óptica robotizada

Juan Manuel Ballesteros<sup>1</sup>, Carlos Mario Garzón<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

[jballesterosr@unal.edu.co](mailto:jballesterosr@unal.edu.co)

**Resumen:** El microscopio óptico es relevante en laboratorios de ciencias y tecnología, especialmente en biología, donde se observan muestras con iluminación de luz transmitida. Sin embargo, sus limitaciones ópticas, como campos de visión submilimétricos y profundidades de foco entre 10 y 0.1  $\mu\text{m}$ , dificultan el análisis de muchas muestras.

Este trabajo presenta una implementación de algoritmos para ampliar tanto la profundidad de campo como el campo de visión en micrografías ópticas, mediante técnicas de visión por computador integradas en un sistema de microscopía robotizada.

Se empleó el microscopio abierto y de bajo costo OpenFlexure, construido en nuestro taller, y se desarrolló un protocolo automatizado para adquirir imágenes a diferentes profundidades (focus stacking) y en múltiples posiciones (image stitching).

Las imágenes en bruto fueron alineadas y procesadas usando OpenCV en Python. Para el apilamiento, se seleccionó punto a punto el valor con mayor varianza del laplaciano, conservando las regiones en foco en la imagen final.

La prueba de concepto consistió en el análisis de insectos completos, logrando imágenes con alta nitidez estructural y continuidad espacial. Al contrastar nuestro algoritmo con herramientas en línea, se obtuvo una calidad de imagen comparable, aunque con mayores tiempos de procesamiento.

Esta implementación abre posibilidades para la documentación morfológica y el análisis anatómico detallado en contextos educativos y científicos, manteniendo un enfoque de código abierto, reproducible y accesible.

**Palabras Clave:** Microscopía; Visión por computador; Análisis de imagen

**Autor de correspondencia:** [jballesterosr@unal.edu.co](mailto:jballesterosr@unal.edu.co)

## FC007. Caracterización de las propiedades microfísicas de precipitación en la región interandina

Juan Pablo Cobo Trujillo<sup>1</sup>, Isabel Cristina Hoyos Rincón<sup>1</sup>, Alfonso Ladino Rincón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Programa de Física, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Illinois, Champaign, Estados Unidos

juanp.cobot@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** La distribución del tamaño de las gotas de lluvia es fundamental en el estudio de la microfísica de la precipitación, ya que depende de los procesos físicos de formación, acreción, colisiones y coalescencia de las gotas de agua en interacción con el entorno atmosférico.

En esta contribución se analiza la información del tamaño de las gotas de lluvia proveniente de los disdrómetros de la red meteorológica del SIATA, ubicados en la región interandina de Colombia, durante el periodo 2015–2025.

El curado de los datos considera el filtrado de partículas con velocidades superiores al 60 % de la velocidad terminal de Ulbrich, la selección de partículas con contenido de agua líquida entre 0.05 y 13.00 g m<sup>-3</sup>, y eventos con al menos 10 minutos continuos de lluvia.

La microfísica de la lluvia en cada sitio de observación se estudia mediante un análisis estadístico que permite establecer la ley de potencia que sigue la relación Z–R, sensible a las condiciones orográficas y climatológicas regionales.

Esta relación describe la lluvia en función de parámetros como el diámetro, la velocidad de caída y la concentración de las gotas, proporcionando una relación formal entre la tasa de precipitación y la reflectividad.

Este tipo de parametrizaciones no solo permiten profundizar en la comprensión de los procesos de precipitación en ambientes complejos, sino que también son esenciales para optimizar la estimación de lluvia a partir de radares meteorológicos, con implicaciones prácticas en la gestión del riesgo asociado a eventos de alta intensidad.

**Palabras Clave:** Distribución del tamaño de gota; Microfísica de precipitación; Ley de potencia; Relación Z–R

## FC009. Dinámica caótica y escape en billares abiertos: simulación de hasta dos partículas con colisiones elásticas

Samuel E. Paredes B.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

separedesb@udistrital.edu.co, johndiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** Los sistemas de billar han servido históricamente como modelos paradigmáticos para el estudio del caos determinista y la sensibilidad a las condiciones iniciales. En este trabajo presentamos un estudio computacional de la dinámica de una o dos partículas puntuales en una mesa de billar rectangular con regiones de escape en sus bordes. Las partículas se mueven libremente entre colisiones, interactúan mediante colisiones perfectamente elásticas y pueden abandonar el sistema al alcanzar una abertura.

El modelo se desarrolla bajo un enfoque modular en C++ utilizando programación orientada a objetos, lo que permite extender la simulación de una a múltiples partículas sin alterar la estructura base del código. Se implementa un algoritmo eficiente de detección de eventos para calcular los tiempos de colisión pared-partícula y partícula-partícula, asegurando la conservación del momento lineal y de la energía en cada interacción.

Los resultados preliminares para una partícula reproducen las estructuras fractales conocidas en los mapas de escape. Al introducir una segunda partícula se observan modificaciones en las distribuciones de tiempo de permanencia y patrones de escape, evidenciando efectos colectivos que alteran la dinámica caótica del sistema. Se discuten posibles extensiones a tres partículas y la transición hacia un régimen de tipo gas dispersivo con escapes múltiples. Este trabajo constituye una base para el estudio de sistemas abiertos con interacciones, combinando métodos numéricos, visualización científica y análisis de sistemas dinámicos no integrables.

**Palabras Clave:** Sistemas dinámicos; caos determinista; billares abiertos; simulación computacional

## FC010. Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD

David Rodríguez<sup>1</sup>, Adriano Parada<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

dasrodriguez@udistrital.edu.co

**Resumen:** En el presente trabajo se estudia el test vórtice de Orszag-Tang (OT) dentro del marco de la Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista (RRMHD), el cual es un conocido test numérico utilizado para evaluación de simulaciones en flujos turbulentos.

El estudio del vórtice OT se llevó a cabo a partir de simulaciones numéricas con ayuda del código CUEVA el cual implementa métodos numéricos específicos para el marco de la RRMHD como son los integradores temporales IMEX y MIRK, los cuales han sido diseñados para realizar la integración numérica de los sistemas no ideales (resistividad finita) de la RRMHD.

El estudio de la evolución del vórtice OT bajo el marco de la RRMHD se realizó para distintos valores de conductividad, identificando una significativa transferencia de energía entre las componentes cinética y magnética. En el límite ideal esta transferencia conserva la energía total mientras que en el régimen resistivo se encontraron pérdidas en la energía total debido a la alta difusión del campo magnético. De igual forma en los últimos estados de la simulación se reconocieron regiones X de reconexión magnética. Dentro de nuestra interpretación, al analizar el comportamiento del vórtice OT para diferentes conductividades, identificamos que este podría ser un disparador de procesos de reconexión, los cuales se hacen más evidentes para simulaciones en las cuales se utilizan bajas conductividades o son altamente resistivas.

**Palabras Clave:** Vórtice de Orszag-Tang; Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista; Turbulencia

## FC013. Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP

Laura Oliveros<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

lvolliverosm@udistrital.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el flujo estacionario de un fluido viscoso e incompresible alrededor de una viga sumergida mediante simulaciones numéricas con el método de vorticidad–función de corriente. Se compara el rendimiento entre una versión serial y versiones paralelizadas con diferentes directrices de OpenMP, analizando velocidad, líneas de corriente y vorticidad para números de Reynolds (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0) en una malla de  $160 \times 30$ , correspondientes a flujo adherido.

El esquema numérico implementado combina discretización por diferencias finitas, cálculo de los números de Reynolds y el método iterativo SOR (Successive Over-Relaxation) para asegurar convergencia. La estrategia de paralelización abarca cuatro fases principales —inicialización, ejecución de funciones, cálculo de errores y bucles anidados—, aprovechando 32 hilos. El error se monitorizó iterativamente hasta cumplir con los criterios de convergencia.

Los resultados demuestran que `#pragma omp parallel` logra el mejor rendimiento, con una eficiencia 20 veces superior a la versión serial, reduciendo el tiempo de 172,849 a 8,424 segundos. Se concluye que la elección óptima de directivas de OpenMP depende de su aplicación en puntos críticos del código, optimizando así la simulación.

Este estudio proporciona un enfoque para analizar fluidos incompresibles en 2D, contribuyendo a acelerar simulaciones en mecánica de fluidos. La paralelización eficiente permite reducir significativamente los tiempos de cálculo, facilitando el estudio de flujos adheridos en condiciones variadas.

**Palabras Clave:** Fluido incompresible; paralelización; número de Reynolds; algoritmo SOR; OpenMP

## FC022. OpenMP, Pthreads o MPI: Evaluación de Rendimiento en Simulaciones de Sistemas de N-Cuerpos

**Autores:** Julián Aros<sup>1</sup>, Laura Oliveros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [jaarosg@udistrital.edu.co](mailto:jaarosg@udistrital.edu.co)

**Resumen:** Este trabajo aborda la simulación del problema de los N-cuerpos, un desafío fundamental en física computacional, mediante un análisis comparativo de técnicas de paralelización como OpenMP, Pthreads y MPI. El estudio se centra en evaluar la eficiencia de cada método en reducir el tiempo de ejecución para sistemas con un gran número de partículas interactuantes gravitacionalmente.

La integración numérica se realizó mediante el algoritmo Velocity Verlet, con paralelización aplicada en tres etapas críticas: inicialización de partículas, cálculo de fuerzas y actualización de posiciones/velocidades. Se midieron métricas de rendimiento (tiempo de ejecución, speedup, eficiencia) para sistemas de hasta 100,000 partículas, utilizando configuraciones de 4 a 32 hilos/procesos.

Los resultados muestran que Pthreads logra el mejor rendimiento en arquitecturas de memoria compartida (speedup de 19x con 32 hilos), seguido de OpenMP, mientras que MPI introduce overhead significativo en estos entornos. Para 100,000 partículas, la paralelización reduce el tiempo de 441 segundos (secuencial) a 23 segundos (Pthreads). Sin embargo, la escalabilidad se ve limitada por el costo de sincronización y comunicación.

Se concluye que la elección óptima depende del hardware: Pthreads para control granular, OpenMP para simplicidad y MPI en sistemas distribuidos. El trabajo proporciona un marco práctico para acelerar simulaciones astrofísicas y de dinámica molecular, destacando el equilibrio entre paralelización y overhead en problemas de alta complejidad computacional.

**Palabras Clave:** N-cuerpos; paralelización; Velocity Verlet; OpenMP; Pthreads; MPI.

## FC027. Ultrafast Laser Parameters Optimization through Machine Learning Techniques

J.S. Rojas-Rodriguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jusrojasrod@unal.edu.co

**Resumen:** Ultrafast lasers are characterized by their extremely short pulse durations, high repetition rates, broad spectral bandwidths, and high peak intensities. These properties make them indispensable tools in areas ranging from biomedical imaging to materials processing. However, achieving optimal pulse characteristics requires precise tuning of multiple laser parameters, which is often complex due to the nonlinear dynamics of the mode-locking process.

This work presents a machine learning-based approach for the optimization of ultrafast laser parameters. Specifically, a neural network is trained using simulated data derived from realistic models of pulsed laser systems (Haus master equation for active and passive modelocking). The simulation framework emulates the laser dynamics under various configurations, providing a dataset rich enough to capture the parameter space relevant to pulse quality.

The proposed model aims to optimize key performance indicators such as pulse duration, spectral width, peak intensity, and repetition rate. Preliminary results indicate that this approach can efficiently predict parameter sets that yield high-quality pulse regimes, potentially reducing the need for manual tuning and enabling adaptive laser systems.

This research opens the door to intelligent ultrafast laser design, where real-time optimization could be achieved through embedded learning algorithms.

**Palabras Clave:** Ultrafast lasers; Machine learning; Parameter optimization; Neural network; Numerical simulation

**Autor de correspondencia:** jusrojasrod@unal.edu.co

## FC039. Dinámica de sincronización en redes de conectividad cerebral: una aproximación con el modelo de Kuramoto

Laura C. Triana M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

lctrianam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Los modelos computacionales tipo whole-brain han desempeñado un papel clave en el estudio de la dinámica cerebral al permitir la simulación e interpretación de las interacciones neuronales a gran escala. Entre ellos, los modelos fenomenológicos ofrecen una representación simplificada pero efectiva de las dinámicas globales sin recurrir a una descripción detallada de los procesos biológicos, un ejemplo destacado es el modelo de Kuramoto, que describe la evolución temporal de un conjunto de osciladores acoplados a través de sus fases. Este modelo, con origen en la física de sistemas no lineales permite estudiar fenómenos de sincronización colectiva, como los que emergen en sistemas complejos auto-organizados.

En su aplicación al estudio del cerebro, cada oscilador representa una región del cerebro, y el acoplamiento entre ellos simula la interacción funcional o estructural entre áreas corticales. Esta abstracción permite investigar cómo surgen patrones de sincronización parcial o global, similares a los observados en estados de reposo o actividad cognitiva.

El presente trabajo busca implementar el modelo de Kuramoto en redes dinámicas mediante simulaciones en Python con la librería `neurolib`, incorporando retrasos temporales en los acoplamientos que dependen de la distancia entre las regiones cerebrales simuladas. Aunque aún no se utilizan datos empíricos, se proyecta incorporar redes obtenidas mediante resonancia magnética funcional y por difusión (fMRI y dMRI) para contrastar las simulaciones con configuraciones cerebrales reales. Esta propuesta contribuye, desde una perspectiva física, a la comprensión de los principios organizativos de la dinámica cerebral.

**Palabras Clave:** Modelo de Kuramoto; Sincronización; Ciencia de redes

## FC043. Soluciones libres de malla a problemas de fenómenos de transporte

**Autores:** Matías Restrepo<sup>1</sup>, Santiago Andrés Rubiano<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Universidad EIA, Medellín, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [santiago.rubiano@eia.edu.co](mailto:santiago.rubiano@eia.edu.co)

**Resumen:** En la investigación se utilizó el método de colocación con funciones de base radial para encontrar soluciones computacionales a diversas ecuaciones de interés físico. Este método permite aproximar las soluciones a partir de una distribución arbitraria de puntos en el dominio de interés, a diferencia de otros métodos numéricos que dependen de una malla.

Las funciones de base radial permiten reducir el problema a la solución de un sistema de ecuaciones lineal o no lineal que se puede solucionar con métodos como Levenberg–Marquardt. En un comienzo se trabajó la ecuación de Laplace en diversas geometrías bidimensionales, consiguiendo resultados de acuerdo con las soluciones analíticas existentes y otros modelos computacionales hasta la tercera cifra decimal.

Posteriormente la investigación se enfocó en resolver las ecuaciones de Navier–Stokes para un fluido incompresible con presión conocida o desconocida, obstáculos y geometrías variadas. En este apartado, se ha encontrado una correspondencia con las soluciones analíticas disponibles hasta el orden de  $10^{-4}$ .

Además, las funciones de base radial permiten una formulación sencilla de problemas con variación temporal, por lo que también es posible abordar este tipo de situaciones. Se concluye que la interpolación con funciones de base radial es un método numérico viable para abordar problemas de gran interés físico en los fenómenos de transporte.

**Palabras Clave:** Funciones de base radial; Métodos numéricos; Fenómenos de transporte.

## FC050. Hacia la mejora de la calidad del software científico: propuesta metodológica evaluada en contextos formativos

**Autores:** Luis Quiroga<sup>1,4</sup>, Leonard Gómez<sup>2</sup>, Cristina López<sup>3</sup>, Sofía Casallas<sup>2</sup>, Juliana Ruiz<sup>2</sup>, Santiago Pérez<sup>2</sup>, Ismael Hincapié<sup>2</sup>, Harold Vergel<sup>2</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>4</sup> Institución Universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia.

**Resumen:** El desarrollo de software científico desempeña un papel central en la investigación contemporánea, especialmente en áreas de las ciencias exactas, donde las simulaciones permiten modelar y estudiar fenómenos complejos de difícil acceso experimental.

Sin embargo, en contextos académicos y profesionales persisten desafíos relacionados con la eficiencia, mantenibilidad, reproducibilidad y calidad del código producido por científicos sin formación estructurada en ingeniería de software, lo que dificulta el escalamiento y cumplimiento de estándares de calidad de las soluciones computacionales.

Este trabajo presenta una propuesta de una guía metodológica orientada al desarrollo de software científico que le permita a los académicos generar desarrollos de alta calidad. Esta será evaluada a través de un estudio comparativo en un entorno educativo (Wilson et al., 2014; Goel & Kaur, 2025; Modak & Rahaman, 2025).

Para esto, se diseñó un software de análisis de estabilidad de discos galácticos en simulaciones como caso de estudio, ejecutado por estudiantes universitarios distribuidos en dos grupos: uno siguiendo la guía de desarrollo y otro sin ella. La calidad se evaluará con base en criterios técnicos, estructurales y procesuales, incluyendo la calidad del código, el rendimiento del software, el tiempo de desarrollo y la percepción de los participantes.

Se presentan resultados parciales de la investigación que muestran cómo el uso de la guía reduce el tiempo de desarrollo y mejora los criterios de calidad del software final construido por los estudiantes, mostrando un efecto positivo en el proceso de desarrollo de software científico en contextos formativos y de investigación.

**Palabras Clave:** Ingeniería de software; Software científico; Buenas prácticas de programación.

**Autor de correspondencia:** [lfequirop@poligran.edu.co](mailto:lfequirop@poligran.edu.co)

## FC053. Estudio computacional de estados magnéticos en nanodiscos con interacción Dzyaloshinskii–Moriya

**Autores:** S. Mindiola<sup>1</sup>, M. García-Quimbayo<sup>1</sup>, J. Agudelo-Giraldo<sup>2</sup>, J. Montes-Monsalve<sup>1</sup>, A. Álvarez-Meza<sup>3</sup>

**Correos:** [smindiola@unal.edu.co](mailto:smindiola@unal.edu.co); [migarciaq@unal.edu.co](mailto:migarciaq@unal.edu.co); [josed.agudelog@autonoma.edu.co](mailto:josed.agudelog@autonoma.edu.co); [jimontesm@unal.edu.co](mailto:jimontesm@unal.edu.co); [amalvarezme@unal.edu.co](mailto:amalvarezme@unal.edu.co)

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001. <sup>2</sup> Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, 170002. <sup>3</sup> Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz.

**Resumen:** La interacción de Dzyaloshinskii–Moriya (DM) es decisiva para las tecnologías espintrónicas emergentes—memorias de alta densidad, procesamiento de señales, comunicaciones ultrarrápidas y sensores de alta sensibilidad—por medio del aprovechamiento de estructuras tipo vórtices, espirales y otras texturas magnéticas no colineales. Estos patrones, sólo descritos por el modelo de Heisenberg, surgen de la competencia entre intercambio, anisotropía magnetocristalina, campo externo, anisotropía de superficie y la propia interacción DM.

Estudiamos esta competencia en nanodiscos de cinco capas y radio 20 celdas cúbicas, considerando efectos de borde y transición magnética de segundo orden. La constante de intercambio se fijó en 1 meV, situando la temperatura de Curie en 15.3 K. Se empleó un algoritmo Metropolis-Monte Carlo con 20.000 pasos por temperatura (promediando desde el paso 10.000); la temperatura descendió de 20 K a 0.1 K en intervalos de 0.1 K.

Cada condición se promedió sobre 100 corridas, obteniendo curvas de energía, calor específico, magnetización y susceptibilidad magnética. El resultado central es un diagrama de fases que cartografía la estabilidad y diversidad de estados magnéticos frente a la intensidad de DM, la anisotropía cristalina y el campo externo, destacando regiones donde la temperatura induce transiciones topológicas.

Este mapa revela ventanas operativas para diseñar dispositivos espintrónicos que exploten las propiedades de las configuraciones observadas.

**Palabras Clave:** Dzyaloshinskii–Moriya; Texturas magnéticas; Nanodispositivos; Spintrónica; Modelo de Heisenberg.

**Autor de correspondencia:** [smindiola@unal.edu.co](mailto:smindiola@unal.edu.co)

## FC057. Entre Peones y Partículas: Mecánica Estadística del Ajedrez

Daniela Torres<sup>1</sup>, María Amariles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

ldtorrest@udistrital.edu.co, maamarilesr@udistrital.edu.co

**Resumen:** Se realizó una analogía utilizando un juego como el ajedrez para poder explorar cómo las implicaciones conceptuales de este nos permiten repensar un sistema complejo que nace a partir de la teoría de juegos, desde una perspectiva mecanoestadística.

En este enfoque, se plantea la existencia de dos tipos distintos de ensambles que representan el comportamiento global de todas las configuraciones posibles dentro de una partida real de ajedrez. A partir de esta propuesta, se desarrolla una simulación computacional que permite observar cómo los cambios de todas las variables usuales termodinámicas del sistema están directamente relacionados con lo que, dentro del contexto del juego, se entienden como posiciones abiertas, cerradas, medio juego, finales, etc.

Esta relación nos lleva a reflexionar nuevamente sobre los conceptos de la física utilizados, no solo como construcciones teóricas abstractas, sino como expresiones fundamentales de la naturaleza, abriendo la posibilidad de interpretar el juego y sus dinámicas como una forma de interacción con los principios que rigen los sistemas físicos.

**Palabras Clave:** Teoría de juegos; Mecánica estadística; Ajedrez; Termodinámica.



Capítulo 14

# FÍSICA FUNDAMENTAL (FF)

*Ponencias Orales*

## FF001. Systematic study of the structure of $b$ and $b^-$ jets at low $p_T$

Tomas Sosa Giraldo<sup>1</sup>, Juan José Montoya<sup>1</sup>, José David Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

**Resumen:** We present a systematic study of low- $p_T$  jets using event samples generated in MadGraph5 and analyzed with ROOT. Three production channels are considered: 1.  $qq^- \rightarrow Z \rightarrow bb^-$ , 2.  $qq^- \rightarrow Z' \rightarrow bb^-$ , 3.  $g \rightarrow bb^-$

Jets are clustered with the anti- $k_T$  algorithm ( $R=0.4$ ). By comparing their transverse-momentum spectra across multiple  $p_T$  selection thresholds, we uncover pronounced distinctions that will inform and enhance the development of deep-learning based  $b$ -tagging algorithms.

**Palabras Clave:** B-tagging; Deep Learning; Quark  $b$ .

**Autor de correspondencia:** tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

## FF003. La Eikonal como Puente a la Ecuación de Schrödinger: Límite Clásico y Aproximación JWKB

Julian L. Avila<sup>1</sup>, Asdrubal Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

jlavilam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Se presenta una derivación de la ecuación de Schrödinger desde la formulación Hamilton-Jacobi para elucidar la transición conceptual entre la mecánica clásica y la cuántica. La metodología se centra en la analogía óptico-mecánica de Hamilton, que establece un isomorfismo formal entre la ecuación de Hamilton-Jacobi para la acción ( $S$ ) y la ecuación eikonal de la óptica geométrica. Al postular una función de onda de la forma  $\psi \propto e^{iS/\hbar}$ , se establece un puente directo hacia la mecánica ondulatoria, cuyo resultado principal es la obtención de la ecuación de Schrödinger como la ley de propagación para dicha onda.

Este enfoque revela que la mecánica clásica emerge como el límite de la mecánica cuántica cuando  $\hbar \rightarrow 0$ . Dicha relación es formalizada matemáticamente por el teorema de aproximación JWKB, el cual, al aplicarse a la ecuación de Schrödinger, recupera la ecuación de Hamilton-Jacobi en su orden más bajo, demostrando que la trayectoria clásica es una aproximación de la propagación de la onda de probabilidad.

En conclusión, el análisis subraya la profunda relación estructural: la mecánica clásica es a la mecánica cuántica lo que la óptica geométrica es a la óptica ondulatoria. Se evidencia cómo un problema físico fundamental se resuelve al identificar su isomorfismo con teoremas generales de la física matemática, proveyendo un marco unificado que valida la coherencia entre ambas descripciones.

**Palabras Clave:** Ecuación de Schrödinger; Analogía Óptico-Mecánica; Aproximación JWKB

## FF004. Estado actual de las anomalías $R(D)$ y $R(D^*)$ y su interpretación en términos de nueva física

**Autores:** Néstor Quintero-Poveda<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Física y Programa de Física, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Las cocientes  $R(D)$  y  $R(D^*)$ , que comparan los decaimientos semileptónicos de mesones B hacia leptones tau frente a leptones ligeros, han mostrado desviaciones persistentes respecto a las predicciones del Modelo Estándar durante más de una década. Estos resultados, obtenidos por experimentos como BaBar, Belle, LHCb y más recientemente Belle II, han despertado un notable interés en la comunidad de física de altas energías, pues podrían señalar violaciones de la universalidad leptónica y abrir una ventana a nueva física.

En esta presentación revisaremos el estado actual de las mediciones, los avances experimentales más recientes y la consistencia de los datos globales. Asimismo, discutiremos las principales interpretaciones teóricas propuestas, incluyendo modelos con bosones vectoriales pesados y leptokuarks, resaltando las perspectivas futuras en la búsqueda de una explicación coherente para estas anomalías.

**Palabras Clave:** Decaimientos semileptónicos de mesones B; Universalidad leptónica; Anomalías.

**Modalidad:** Presentación Oral

**Autor de correspondencia:** [nquintero@ut.edu.co](mailto:nquintero@ut.edu.co)

## FF005. Descripción teórica de osciladores paramétricos ópticos en el dominio de la frecuencia

**Autores:** Luis F. Muñoz-Martínez<sup>1</sup>, Felipe Alexandre Silva Barbosa<sup>2</sup>, Marcelo Martinelli<sup>3</sup>, Alessandro S. Villar<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad del Sinú-EBZ, Cra 1w # 38-153, Montería, Córdoba, Colombia. <sup>2</sup> Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, 13083-859 Campinas, São Paulo, Brazil. <sup>3</sup> Instituto de Física, Universidade de São Paulo, P.O. Box 66318, 05315-970 São Paulo, Brazil. <sup>4</sup> American Physical Society, 1 Research Road, Ridge, New York 11961, USA.

**Resumen:** En este trabajo se presenta un estudio teórico en el dominio de la frecuencia de un oscilador paramétrico óptico operando por encima del umbral de oscilación. El modelo teórico desarrollado parte por considerar el hamiltoniano de interacción para los distintos modos de frecuencia en el medio no lineal y la evolución de los operadores de campo en este medio. A continuación, se considera un modelo de cavidad abierta para evaluar los operadores de campo de salida. Finalmente, con la relación entre los modos de salida y entrada, se evalúa explícitamente la matriz de covariancia del sistema, la cual describe completamente el estado cuántico del sistema.

Lo interesante del modelo teórico desarrollado es que permite describir detalladamente el rol de cada campo en la evolución del sistema, algo que permanece implícito en el tratamiento usual. Además, las principales ventajas del modelo es que no solo funciona para cavidades cerradas o con pocas pérdidas —como en el caso de los osciladores paramétricos ópticos basados en cristales no lineales— sino que también puede ser aplicado para cavidades abiertas o con altas pérdidas.

**Palabras Clave:** Oscilador Paramétrico Óptico; Estado Cuántico; Cavidad Óptica.

**Autor de correspondencia:** [luisfmunoz@unisnu.edu.co](mailto:luisfmunoz@unisnu.edu.co)

## FF008. Synchronization in dynamical networks with general diffusive coupling: an extension of the Master Stability Function

**Autores:** Carlos Javier Gomez Fuentes<sup>1</sup>, Marcus Aloizio Martinez de Aguiar<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Institute of Physics Gleb Wataghin, University of Campinas, Campinas, SP, Brazil.

**Resumen:** The Master Stability Function (MSF), introduced by Pecora and Carroll [1], is a fundamental tool for studying the stability of synchronization in networks of identical dynamical systems with diffusive coupling. In the classical formalism, coupling between network nodes is described by a function with a specific form  $h(x_j) - h(x_i)$ , which restricts the type of interactions that can be handled.

As a partial result of a broader research project on the synchronization of chaotic systems with higher-order interactions, in this work we propose a natural generalization of the MSF framework to more general diffusive couplings, modeled by functions  $g(x_j, x_i)$  that satisfy only the condition  $g(x, x) = 0$ . Under this minimal assumption, we show that the synchronization manifold still exists and that linear stability analysis can be carried out analogously to the classical formalism.

The analytical structure of the MSF is preserved, requiring only the replacement of the Jacobian  $Dh(x_s)$  with the so-called “pseudo-Jacobian”

$$Dg(x_s, x_s) = \partial_{x_j} g(x_s, x_s)$$

in the corresponding variational equation.

This generalization significantly broadens the scope of the MSF formalism, allowing the inclusion of coupling schemes that cannot be reduced to the difference form, such as that of the Kuramoto model. Moreover, it provides a robust conceptual and technical basis for future investigations into synchronization in networks with higher-order interactions, which is the goal of the next phases of this research project.

**Palabras Clave:** Synchronization; Diffusive coupling; Dynamical networks.

**Referencias:** [1] L. M. Pecora and T. L. Carroll. \*Master stability functions for synchronized coupled systems\*. Phys. Rev. Lett., 80:2109–2112, Mar 1998.

**Autor de correspondencia:** [cjavier@ifi.unicamp.br](mailto:cjavier@ifi.unicamp.br)

## FF014. Producción de fermiones estériles por up-scattering en experimentos de $CE\nu$ NS

Esneider Isaac Guerrero Avila<sup>1\*</sup>, Blanca Cecilia Cañas Orduz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

esneider.guerrero@unipamplona.edu.co

**Resumen:** En esta charla se abordará desde un punto de vista fenomenológico la producción de un fermión estéril a través del proceso de up-scattering neutrino-núcleo mediado por un bosón escalar neutro. Como contexto inicial se discutirá la dispersión elástica coherente neutrino-núcleo ( $CE\nu$ NS), predicha en 1974 por Freedman y confirmada experimentalmente más de cuatro décadas después por la colaboración COHERENT, constituyendo la interacción neutrino-materia con mayor sección eficaz a bajas energías.

Se resaltarán cómo esta señal depende de la coherencia de la interacción, condición que se cumple para energías de neutrinos en el rango de decenas de MeV y que permite que el núcleo retroceda como un todo. La detección de  $CE\nu$ NS ha sido posible gracias a dos tipos principales de fuentes de neutrinos: haces de piones detenidos y reactores nucleares. Dentro de los experimentos actuales destaca CONUS+, el cual ha reportado recientemente evidencia de  $CE\nu$ NS con una significancia de  $3,7\sigma$ .

Este resultado, además de confirmar la predicción del Modelo Estándar, ha abierto la posibilidad de explorar escenarios de nueva física, más allá de este marco, tales como la producción de fermiones estériles por up-scattering. Este escenario es especialmente atractivo porque conecta la física de neutrinos con la materia oscura, motivando nuevas búsquedas experimentales y el desarrollo de propuestas que nos permitan comprender posibles mecanismos de interacción entre la materia oscura y la materia ordinaria.

**Palabras Clave:** Fermión estéril; up-scattering;  $CE\nu$ NS; CONUS+.

**Autor de correspondencia:** esneider.guerrero@unipamplona.edu.co

## FF015. Formulación espectral de Fourier de orden fraccionario para el espacio de Minkowski

**Autores:** Pedro José Albarracín Vargas<sup>1</sup>, Yezid Torres Moreno<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> GOTS – Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, campus principal, Cra. 27 calle 9, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** La transformación de Fourier ha sido ampliamente utilizada para la representación de señales en el dominio de las frecuencias temporal o espacialmente. Recientemente, se ha apropiado esta transformación, especialmente en la representación que describe eventos o señales que satisfacen las transformaciones de Lorentz, que dependen tanto del tiempo como del espacio, es decir, tradicionalmente descritas en el espacio de Minkowski.

Aquí, se introduce la transformación de Fourier fraccionaria  $n$ -dimensional para funciones que satisfacen la invariante de Lorentz, con el propósito de ampliar lo ya establecido con la transformación de Fourier estándar y así extender sus resultados al dominio de la transformación de Fourier de orden fraccional.

Se presentan, como nueva herramienta, los espectros fraccionarios de fase y amplitud para estas funciones bajo el diagrama de Minkowski. Finalmente, se muestran algunos ejemplos sencillos, para órdenes fraccionales notables, en donde se evidencian los resultados para el espacio de Minkowski en su representación de Fourier fraccionaria.

**Palabras Clave:** Señales multidimensionales; Espacio de Minkowski; Relatividad Especial; Transformación de Fourier fraccionaria.

**Autor de correspondencia:** [pedro2228083@correo.uis.edu.co](mailto:pedro2228083@correo.uis.edu.co)

## FF022. Exploración de $CE\nu$ NS con neutrinos de reactor en RED-100 y perspectivas sobre interacciones no estándar

Esteban Zapata<sup>1</sup>, Blanca Cañas<sup>1</sup>, Luis Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Jerez, Zacatecas, México

juan.zapata2@unipamplona.edu.co

**Resumen:** La dispersión elástica coherente neutrino–núcleo ( $CE\nu$ NS) es un proceso de corriente neutra, propuesto teóricamente en 1974 y observado experimentalmente en 2017. Se caracteriza por retrocesos nucleares de muy baja energía. Su estudio en reactores nucleares resulta atractivo debido al alto flujo de antineutrinos, pero plantea retos importantes, como bajos umbrales de detección y la necesidad de un control preciso de los fondos.

El detector RED-100, un TPC de xenón líquido con una masa activa de  $\approx 126$  kg, está instalado a 19 m de un reactor de 3.1 GW térmicos en la planta de Kalinin, lo que garantiza un flujo intenso de antineutrinos de orden  $10^{13}$   $\text{cm}^{-2}$   $\text{s}^{-1}$ , suficiente para generar una tasa detectable de eventos  $CE\nu$ NS en el detector. A diferencia de detectores más pequeños basados en CCD o germanio, RED-100 ofrece una mayor estadística potencial gracias a su volumen activo, así como umbrales de detección en el rango de keV. La combinación de luz de centelleo e ionización proporciona además una herramienta eficaz para la discriminación entre señal y fondo, lo que convierte al detector en un candidato especialmente ventajoso para estudios de  $CE\nu$ NS con neutrinos de reactor.

En esta contribución se presentará una propuesta de investigación orientada a utilizar RED-100 para el análisis de  $CE\nu$ NS con neutrinos de reactor. El objetivo es examinar la sensibilidad que puede alcanzarse en este contexto y explorar la posibilidad de establecer límites sobre interacciones no estándar (NSI).

**Palabras Clave:**  $CE\nu$ NS; Xenón; RED-100; NSI.

## FF025. Simetría Hiperbólica en la Relatividad Especial: Una Visualización a través de los Diagramas de Minkowski Haciendo uso de Geogebra®

Santiago Rivera Correa<sup>1</sup>, Wilson A. Fonseca Urrego<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia

sriverac@udistrital.edu.co, waurregoz@udistrital.edu.co

**Resumen:** ¿Por qué en la relatividad especial se habla de una geometría hiperbólica cuya signatura es distinta a la euclídea? El presente trabajo tiene como propósito responder esta pregunta mediante el uso de la simetría hiperbólica, empleada por Minkowski en sus diagramas para unificar dos grupos de transformación aparentemente distintos de la mecánica newtoniana: la simetría traslacional o principio de relatividad galileano y simetría rotacional de los observadores inerciales para medir distancias iguales.

Para ello, se realiza el contraste de fuentes de libros de texto sobre relatividad especial, la conferencia pronunciada por Minkowski en 1907 sobre el espaciotiempo y el uso del software online Geogebra Versión Classic 6 como herramienta visual para mostrar, mediante la descripción de una única hipérbola para dos observadores inerciales, las relaciones cinemáticas típicas en relatividad especial: factor de Lorentz, contracción de la longitud y dilatación del tiempo de objetos en movimiento constante representados como tubos de mundo.

El uso del recurso Geogebra facilita la descripción realizada por Minkowski para definir la métrica con la signatura habitual  $(-,+++)$  como un argumento geométrico que relaciona los sistemas de referencia inerciales y unifica, a su vez, los grupos de transformación descritos anteriormente.

Finalmente, se resalta la relación física y geométrica en la representación de la hipérbola como única para los observadores inerciales al remarcar que dicha curva representa movimientos acelerados absolutos en los diagramas de Minkowski, semejante a la descripción igualitaria de la segunda ley de Newton en mecánica clásica para observadores inerciales.

**Palabras Clave:** Relatividad especial; Simetría hiperbólica; Diagramas de Minkowski.

## FF026. Corrección a la masa del pion neutro mediante el modelo sigma en un campo magnético

Jhon Morales<sup>1</sup>, Andrés Portela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia

[jmoralesa@unal.edu.co](mailto:jmoralesa@unal.edu.co), [aportelag@unal.edu.co](mailto:aportelag@unal.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se analiza la variación de la masa del pión neutro en función de un campo magnético externo, utilizando el Modelo Estándar dentro de la aproximación del límite del gran N. Para ello se recurre al método de Schwinger en el cálculo del propagador de Feynman, en lugar de los métodos algebraico o de integral de trayectoria, debido a que el propagador relativista parece presentar una dimensión adicional y este enfoque ofrece una solución adecuada a dicho problema.

A partir del lagrangiano se derivaron las reglas de Feynman, las cuales permitieron calcular las correcciones radiativas en presencia del campo magnético. Finalmente, se verificó el comportamiento de la masa del pión neutro en función de la intensidad del campo y se compararon los resultados con los obtenidos mediante los modelos LQCD, NJL y LSMq.

**Palabras Clave:** One loop; pion neutro; reglas de Feynman

**Autor de correspondencia:** [jmoralesa@unal.edu.co](mailto:jmoralesa@unal.edu.co), [aportelag@unal.edu.co](mailto:aportelag@unal.edu.co)



Capítulo 15

# FÍSICA FUNDAMENTAL (FF)

*Ponencias Poster*

## FF007. Operador de fase cuántica en el formalismo de la transformación de Fourier Fraccionaria

Miguel Jafert Serrano Mantilla<sup>1</sup>, Rafael Ángel Torres Amaris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

miguel2258037@correo.uis.edu.co, rafael.torres@uis.edu.co

**Resumen:** El problema de la fase cuántica constituye uno de los aspectos más sutiles y aún no completamente resueltos de la mecánica cuántica. Aunque se han logrado avances significativos, persisten desafíos conceptuales y formales en su descripción rigurosa. En este trabajo, se presenta un enfoque basado en la Transformada de Fourier Fraccionaria (TFF) con el objetivo de aportar una mayor claridad matemática y conceptual al estudio de la fase cuántica.

Mostramos que la TFF proporciona un marco natural para explorar la estructura de fase en sistemas cuánticos, al permitir una caracterización precisa de la rotación en el espacio de fase de la función de Wigner. Esta perspectiva conduce, además, a la construcción de un operador de fase hermítico cuya relación de conmutación con un operador número, acotado inferiormente, reproduce la forma propuesta por Jude y Lewis.

Nuestros resultados destacan el papel fundamental de la TFF como herramienta analítica en la teoría cuántica de la fase, abriendo nuevas posibilidades para su formulación y comprensión desde una perspectiva operatorial y de representación de estados. Esta aproximación no solo ofrece un marco consistente con la mecánica cuántica estándar, sino que también permite reinterpretar aspectos previamente considerados ambiguos dentro del tratamiento tradicional.

**Palabras Clave:** Fase; Operador; Transformación





Capítulo 16

**FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA  
(FMB)**

*Ponencias Orales*

### FMB003. Construcción de una cámara de electroforesis a bajo costo, y notas sobre su ensamblaje

**Autores:** Harol Daza<sup>1</sup>, Delcides Cordoba<sup>1</sup>, Jorge Montes<sup>2</sup>, Duverney Chaverra<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz, Colombia. <sup>2</sup> Profesor asistente, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz, Colombia.

**Resumen:** La electroforesis en gel es una técnica indispensable en biología molecular y diagnóstico clínico; sin embargo, el alto costo de los equipos comerciales representa una barrera significativa para laboratorios de investigación y centros educativos con recursos limitados.

Este trabajo presenta un paradigma para el diseño, la fabricación y la validación empírica de un prototipo mínimo viable (PMV) para el sistema de electroforesis horizontal de bajo costo.

La metodología se basa en tecnologías de fabricación digital de bajo costo: la impresión 3D (FDM) y corte láser para componentes de alta precisión. Se analizaron en profundidad los materiales claves y después de varios ensayos, se optó por el uso de PETG como material para la construcción del tanque principal, TPU para el sistema moldeador de gel, acrílico transparente para la bandeja de gel y los peines, junto a acero inoxidable 430 como una alternativa económica a los electrodos de platino.

Se usó el equipo “Mini-Sub Cell GT” de Bio-Rad como control, comparando el rendimiento del PMV mediante mediciones de temperatura del buffer (°C) y corriente (mA), suministradas por la fuente “PowerPac Basic supply” de la misma empresa, con geles de agarosa (1

El PMV logró la correcta separación de muestras de ADN (250–10 000 pb) en solo 40 minutos, manteniendo valores de temperatura y corriente cercanos al equipo control, demostrando la viabilidad de este enfoque para democratizar el acceso a herramientas científicas fundamentales.

**Palabras Clave:** Separación de biomoléculas; Fabricación digital; Hardware científico abierto.

**Autor de correspondencia:** [hdazac@unal.edu.co](mailto:hdazac@unal.edu.co)

## FMB004. Evaluación mecánica en compresión de andamios porosos de Quitosano-Hidroxiapatita para aplicaciones en regeneración ósea

**Autores:** V. Maya<sup>1</sup>, L. Nino-Camacho<sup>2</sup>, Marcelo A. Chinelatto<sup>3</sup>, Diego F. Roa Acosta<sup>4</sup>, C.F.V. Raigoza<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos (CY-TEMAC), Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Investigación en Agroquímica, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. <sup>3</sup> Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais - CCDM, São Carlos, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup> Grupo de investigación en Aprovechamiento de Subproductos y Residuos Agroindustriales, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

**Resumen:** El quitosano, polisacárido derivado de la quitina, ha despertado gran interés en ingeniería de tejidos por sus propiedades físico-químicas, especialmente su biocompatibilidad y capacidad para formar estructuras porosas tridimensionales. No obstante, su limitada resistencia mecánica restringe su aplicación directa en regeneración ósea. Para mejorar estas propiedades, se ha desarrollado un andamio compuesto mediante la incorporación de hidroxiapatita (HAp), un biocerámico con estructura similar al mineral óseo humano, que confiere al sistema mayor estabilidad estructural y bioactividad.

En esta investigación se diseñaron andamios porosos de quitosano-hidroxiapatita y se evaluaron sus propiedades mecánicas en modo compresión uniaxial. Las pruebas permitieron determinar parámetros clave como el módulo elástico y el límite de deformación en función de la composición del andamio. Los resultados mostraron una mejora significativa en la rigidez mecánica con la incorporación de hidroxiapatita (HAp), sin comprometer la porosidad del sistema, la cual fue caracterizada mediante medidas de porosidad geométrica y microscopía electrónica de barrido (MEB), revelando diámetros de poro promedio de  $\sim 50 \mu\text{m}$ .

El quitosano utilizado presentó un grado de desacetilación de 82 %, valor adecuado para asegurar la solubilidad y la interacción con células en futuras pruebas biológicas. El análisis complementario mediante FTIR confirmó la presencia de los grupos funcionales característicos.

Este estudio ofrece una aproximación desde la física de materiales a la optimización estructural de biomateriales regenerativos, y constituye un aporte al desarrollo de sistemas funcionales a partir de recursos renovables.

**Palabras Clave:** Hidroxiapatita, quitosano, porosidad, propiedades mecánicas.

**Autor de correspondencia:** [vmaya@unicauca.edu.co](mailto:vmaya@unicauca.edu.co)

## FMB006. Factores de corrección geométrica para calibración de cámaras de pozo mediante simulación Monte Carlo

**Autores:** Camilo Calderón<sup>1,2</sup>, Mercy González<sup>1</sup>, Erwin Aguirre<sup>1</sup>, Julián Niño<sup>1</sup>, Wilson Moreno<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La calibración exacta de las fuentes de braquiterapia, esencial para la dosimetría de los pacientes, se realiza comúnmente con cámaras de ionización de pozo. Las diferencias físicas entre modelos de fuentes requieren factores de corrección geométrica para garantizar la trazabilidad de las mediciones. Cuando no hay datos publicados para un modelo de fuente específico, los protocolos sugieren asumir un factor de corrección de 1, pero añadiendo una incertidumbre del 2% ( $k = 1$ ) a la calibración. Este incremento en la incertidumbre puede afectar considerablemente la dosis administrada en los tratamientos oncológicos.

El objetivo de este trabajo es determinar los factores de corrección geométrica para distintos modelos de fuentes de Iridio-192 utilizados con una cámara de pozo PTW 33004, a fin de reducir la incertidumbre en la calibración. La metodología se basa en el modelado de la cámara y las geometrías de las fuentes mediante la herramienta de simulación Monte Carlo TOPAS (herramienta basada en Geant4).

Los factores obtenidos por simulación son validados experimentalmente con la fuente del Instituto Nacional de Cancerología y la cámara PTW 33004 del Servicio Geológico Colombiano. La determinación de estos factores específicos mejorará la exactitud y seguridad de los tratamientos, asegurando que los pacientes reciban dosis más precisas.

**Palabras Clave:** Braquiterapia, Simulación Monte Carlo, Calibración Dosimétrica.

**Autor de correspondencia:** [ccalderon@sgc.gov.co](mailto:ccalderon@sgc.gov.co)

## FMB007. Hacia una definición física del dolor: ¿cómo se relaciona con la percepción de la información?

**Autores:** Paula Andrea Tello Prieto<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** El dolor es un fenómeno universal, complejo y subjetivo, cuya objetividad sigue siendo un desafío para la medicina y la neurociencia. Pese a avances en biología, psicología y ciencias sociales, aún carecemos de una definición que lo cuantifique rigurosamente. Este trabajo propone una definición física del dolor desde la teoría de la información, en términos de la percepción de un cambio en el flujo informacional procesado por el sistema nervioso.

La metodología seguida en esta investigación se estructuró en tres fases. Primero, se revisaron las principales definiciones del dolor desde diversas disciplinas y se estudiaron procesos fisiológicos y los efectos moduladores de la anestesia. Segundo, se analizó el funcionamiento del sistema nervioso, en particular la transmisión mediante potenciales de acción y la evidencia de fMRI que muestra patrones comunes de activación cerebral en experiencias de dolor físico y psicológico. Tercero, se integraron estos hallazgos con la teoría de Shannon, aplicando el concepto de entropía como medida cuantitativa de la información.

Nuestro análisis sugiere que las distintas formas de dolor (nociceptivo, inflamatorio, patológico y psicológico) son manifestaciones de un mismo principio físico: la detección de variaciones en el flujo de información dentro de un sistema complejo.

En conclusión, se propone que este fenómeno, tradicionalmente considerado subjetivo, puede definirse objetivamente, abriendo la posibilidad de su futura cuantificación mediante herramientas derivadas de la física estadística y la teoría de la información.

**Palabras Clave:** Dolor, Teoría de la información, Entropía.

**Autor de correspondencia:** [paula2190744@correo.uis.edu.co](mailto:paula2190744@correo.uis.edu.co)

## FMB008. Características Termoluminiscente (TL) del óxido de Berilio (BeO) en un Rango de baja Dosis

**Autores:** Sandrith Pérez<sup>a</sup>, Héctor Maya<sup>a</sup>, Rafael Cogollo<sup>a</sup>

**Afiliaciones:** <sup>a</sup> Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Cra. 6 # 76-103, Montería 230002, Colombia.

**Resumen:** Este estudio presenta el análisis cinético de la curva de brillo termoluminiscente (TL) de discos cerámicos de óxido de berilio (BeO) comerciales, irradiados con rayos X en un acelerador lineal a dosis comprendidas entre 50 y 900 cGy. Las curvas TL fueron registradas entre 50 y 400 °C con una tasa de calentamiento de 5 °C/s. El análisis se realizó mediante la técnica de ajuste de curvas usando la ecuación de orden general propuesta por Kitis, con el fin de obtener parámetros cinéticos precisos para los principales picos TL del material.

Se identificaron dos picos prominentes en las curvas de brillo: el pico 1, alrededor de 212 °C, y el pico 2, próximo a 335 °C. El primero mostró estabilidad en su posición con respecto al aumento de la dosis, indicando una cinética cercana al primer orden ( $b \approx 1,0$ ), mientras que el segundo evidenció un desplazamiento hacia temperaturas menores, lo que sugiere recombinación compleja o competencia entre trampas. Los valores de energía de activación se ubicaron entre 0.92 y 1.05 eV para el pico 1, y entre 1.22 y 1.26 eV para el pico 2. Los factores de frecuencia oscilaron entre  $10^8$  y  $10^{10}$  Hz. La calidad de los ajustes se validó mediante la Figura de Mérito (FOM) obteniendo valores inferiores al 3% en todos los casos.

Estos resultados son consistentes con estudios recientes que destacan la estabilidad cinética del BeO, su buena sensibilidad TL y su comportamiento reproducible, lo que lo convierte en un material prometedor para la dosimetría en entornos clínicos de baja dosis, tales como radiología diagnóstica e intervencionismo guiado por imágenes.

**Palabras Clave:** Termoluminiscencia; Óxido de Berilio; Análisis cinético; Orden general.

**Autor de correspondencia:** [sperezramos91@correo.unicordoba.edu.co](mailto:sperezramos91@correo.unicordoba.edu.co)

## FMB009. Características termoluminiscentes (TL) de esmeraldas colombianas

**Autores:** Diego Alans<sup>1</sup>, Héctor Maya<sup>1</sup>, Ángel Ramírez<sup>2</sup>, Rafael Cogollo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Cra. 6 # 76-103, Montería 230002, Colombia. <sup>2</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

**Resumen:** Se reporta la respuesta termoluminiscente (TL) de esmeraldas ( $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6:\text{Cr}$ ) provenientes de la mina de Muzo, Colombia. Las muestras fueron irradiadas con radiación  $\beta$  de una fuente  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  en el rango de 1 a 20 Gy.

Las curvas de brillo se registraron entre 0 y 500 °C con una tasa de calentamiento de 5 °C/s. Los resultados experimentales revelaron cuatro picos ubicados aproximadamente en 106, 158, 252 y 394 °C; el de mayor intensidad, en torno a 106 °C, se identificó como pico principal. En el rango de dosis empleado, el material mostró una respuesta lineal con la dosis, sin indicios de saturación, lo cual es favorable para aplicaciones prácticas.

El análisis cinético de las curvas se realizó mediante el método de ajuste de curvas, aplicando la teoría de cinética de orden general con apoyo de software especializado [1, 2]. Los resultados indican que el pico principal sigue una cinética de orden general cercana a primer orden ( $b \approx 1,33$ ), con una energía de activación del orden de 1 eV y un factor de frecuencia alrededor de  $10^{12} \text{ s}^{-1}$ , mientras que algunos picos secundarios se ajustan mejor a un modelo de cinética de orden general.

La calidad de los ajustes se validó mediante la Figura de Mérito (FOM) obteniendo valores menores al 1% en todos los casos. Estos hallazgos son relevantes para evaluar el uso de esmeraldas colombianas en datación arqueológica y dosimetría retrospectiva.

**Palabras Clave:** Termoluminiscencia; Esmeraldas de Muzo; Dosimetría de radiación.

**Autor de correspondencia:** [dalansescobar97@correo.unicordoba.edu.co](mailto:dalansescobar97@correo.unicordoba.edu.co)

**Referencias:** [1] G. Kitis, J. M. Gomez-Ros, and J. W. N. Tuyn, “Thermoluminescence glow-curve deconvolution functions for first, second and general orders of kinetics,” *J Phys D Appl Phys\**, vol. 31, no. 19, pp. 2636–2641, Oct. 1998, doi: 10.1088/0022-3727/31/19/037. [2] V. Pagonis and G. Kitis, “On the Possibility of using Commercial Software Packages for Thermoluminescence Glow Curve Deconvolution Analysis,” *Radiat Prot Dosimetry\**, vol. 101, no. 1, pp. 93–98, 2002, doi: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a006067.

## FMB010. Evaluación de las Dosis Ocupacionales en la Preparación, Dispensación y Transporte de Radiofármacos marcados con TC-99M

**Autores:** Michel Piedrahita<sup>1</sup>, Amer Pérez<sup>1</sup>, Rafael Cogollo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Cra. 6 # 76-103, Montería 230002, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo presenta una evaluación teórica de las dosis ocupacionales asociadas al proceso integral de preparación, dispensación y transporte de radiofármacos marcados con Tc-99m en una radiofarmacia actualmente en construcción en la ciudad de Montería. El objetivo principal fue determinar, mediante modelos matemáticos y parámetros radiológicos, las dosis que podrían recibir los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) bajo condiciones normales de operación y en escenarios potenciales de riesgo.

La metodología incluyó el análisis de cada etapa operativa de la radiofarmacia, desde la recepción del material radiactivo hasta el control de calidad, el transporte y la gestión de desechos. Se aplicaron ecuaciones de cálculo dosimétrico para estimar las dosis externas e internas a las que se verían expuestos los TOE, considerando las características del Tc-99m y la configuración planificada de la instalación.

Los resultados obtenidos indican que, en condiciones normales de operación, las dosis estimadas se encuentran dentro de los límites establecidos por las normativas internacionales de protección radiológica. Sin embargo, en escenarios potenciales como derrames de material radiactivo, contaminación en extremidades o recepción de bultos con altas tasas de dosis, se identificaron incrementos significativos en la exposición, lo que resalta la importancia de implementar protocolos estrictos de seguridad.

Este estudio contribuye a la optimización de las medidas de protección radiológica en radiofarmacia, garantizando la seguridad de los trabajadores y promoviendo un manejo responsable de radiofármacos en medicina nuclear.

**Palabras Clave:** Tc-99m, Radiofármacos, Dosis ocupacional, Protección radiológica, Medicina nuclear.

**Autor de correspondencia:** [mpiedrahitaromero@correo.unicordoba.edu.co](mailto:mpiedrahitaromero@correo.unicordoba.edu.co)

## FMB013. Detección de sobreexpresión de receptores de folato en muestras cervicales mediante un biosensor capacitivo de titanio

**Autores:** Angie Nathalia Pinzón<sup>1</sup>, Laura Melissa Medina<sup>1</sup>, Linda Esperanza Bertel Garay<sup>2</sup>, Stelia Carolina Mendez Sanchez<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia. <sup>2</sup> Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia.

**Resumen:** El cáncer de cuello uterino representa un problema de salud pública debido a su alta incidencia y mortalidad. Aunque la citología cervicouterina es la herramienta de tamizaje más utilizada, su sensibilidad limitada y el tiempo requerido para la entrega de resultados dificultan la detección temprana de lesiones precancerosas y neoplásicas. En este trabajo se presenta un biosensor electroquímico basado en dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) funcionalizado con ácido fólico, diseñado para la detección de receptores de folato (RF), cuya sobreexpresión está asociada a procesos oncogénicos. La identificación temprana de estos receptores podría contribuir al diagnóstico oportuno del cáncer de cuello uterino.

El biosensor fue fabricado mediante deposición por láser pulsado de una capa de titanio-tungsteno (10–90 wt %) sobre una superficie de titanio previamente pulida, seguida de la inmovilización de ácido fólico para lograr una detección selectiva de RF. Las pruebas en laboratorio demostraron la capacidad del dispositivo para detectar concentraciones de RF tan bajas como 0.1 nM, evidenciada en la disminución progresiva de la respuesta capacitiva conforme aumentó la concentración del analito. Esta respuesta eléctrica característica se atribuye a los cambios eléctricos en la interfase por la interacción entre el ácido fólico y los RF.

**Palabras Clave:** Cáncer de cuello uterino; Biosensor electroquímico; Receptor de folato.

**Autor de correspondencia:** [dalemir@uis.edu.co](mailto:dalemir@uis.edu.co)

## FMB014. Análisis del efecto en la densidad de estados (DOS) de nanotubos de dióxido de titanio $TiO_2$ funcionalizados con ácido fólico

**Autores:** Rafael Ricardo Blanco Pedraza<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda<sup>2</sup>, Jorge Andrés Quintero<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,2,3</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** Los nanotubos de dióxido de titanio ( $TiO_2$ ) han demostrado un gran potencial en el desarrollo de biosensores debido a su alta biocompatibilidad, estabilidad química y propiedades electrónicas ajustables. En este trabajo se investiga el efecto de la funcionalización con ácido fólico sobre la densidad de estados (DOS) de nanotubos de  $TiO_2$ .

La DOS se obtuvo mediante un protocolo que aprovecha las propiedades eléctricas del sistema en solución electrolítica, utilizando la espectroscopía de capacitancia electroquímica como técnica principal de medición. Este enfoque permite acceder directamente a la DOS en la interfase electroactiva. Para caracterizar el comportamiento electroquímico de las nanoestructuras se empleó, además, la voltamperometría cíclica (CV).

El análisis de los datos experimentales reveló una correlación entre las modificaciones estructurales inducidas por la funcionalización con ácido fólico y las variaciones en la DOS. Esta investigación, de carácter experimental, permitió observar en el laboratorio cambios directos en la DOS que contribuyen a comprender mejor el proceso de funcionalización de superficies activas y su aplicación en el diseño de biosensores para la detección de analitos específicos, en este caso, receptores de folato.

**Palabras clave:** Densidad de estados; Voltamperometría cíclica; Espectroscopía de capacitancia electroquímica; Espectroscopía de impedancia electroquímica; Nanotubos de dióxido de titanio; Diagramas de Nyquist y Bode; Ácido fólico.

**Autor de correspondencia:** [rafael2190733@correo.uis.edu.co](mailto:rafael2190733@correo.uis.edu.co)

Capítulo 17

**FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA  
(FMB)**

*Ponencias Poster*

## FMB011. La Forma del Eritrocito como Consecuencia de la Minimización de la Energía de Curvatura de la Membrana en Condiciones Isotónicas

**Autores:** Daniel Santiago Salazar Epia<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Surcolombiana / Estudiante de Física, Neiva, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo explora el principio físico fundamental que gobierna la forma de disco bicóncavo del glóbulo rojo humano en soluciones isotónicas. La hipótesis central propone que esta forma característica no es aleatoria, sino que corresponde al estado de mínima energía de curvatura elástica de la membrana celular, sujeta a las restricciones biomecánicas críticas de un área superficial fija y un volumen interno constante.

El estudio utiliza un modelo matemático basado en una modificación de los óvalos de Cassini para generar una familia de formas candidatas que cumplen con estas restricciones para células individuales. El cálculo numérico de la energía de curvatura para cada forma demuestra la existencia de un mínimo energético claro y pronunciado.

La forma que corresponde a este mínimo es, de manera consistente, una geometría bicóncava, la cual muestra una concordancia notable con los perfiles microscópicos reales de eritrocitos observados experimentalmente. Estos hallazgos sustentan la teoría de que la morfología del eritrocito en su estado fisiológico es el resultado de la optimización de las propiedades elásticas de su membrana, minimizando la energía requerida para doblarse y así acomodar su exceso de área superficial en relación con su volumen.

**Palabras clave:** Eritrocito, forma bicóncava, energía de curvatura, modelo de Canham, minimización de energía, restricciones de área y volumen, solución isotónica.

**Autor de correspondencia:** [u20211199389@usco.edu.co](mailto:u20211199389@usco.edu.co)

## FMB016. Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP

**Autores:** Laura Oliveros<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo estudia el flujo estacionario de un fluido viscoso e incompresible alrededor de una viga sumergida mediante simulaciones numéricas con el método de vorticidad–función de corriente. Se compara el rendimiento entre una versión serial y versiones paralelizadas con diferentes directrices de OpenMP, analizando velocidad, líneas de corriente y vorticidad para números de Reynolds (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0) en una malla de  $160 \times 30$ , correspondientes a flujo adherido.

El esquema numérico implementado combina discretización por diferencias finitas, cálculo de los números de Reynolds y el método iterativo SOR (Successive Over-Relaxation) para asegurar convergencia. La estrategia de paralelización abarca cuatro fases principales —inicialización, ejecución de funciones, cálculo de errores y bucles anidados—, aprovechando 32 hilos. El error se monitorizó iterativamente hasta cumplir con los criterios de convergencia.

Los resultados demuestran que `#pragma omp parallel` logra el mejor rendimiento, con una eficiencia 20 veces superior a la versión serial, reduciendo el tiempo de 172,849 a 8,424 segundos. Se concluye que la elección óptima de directivas de OpenMP depende de su aplicación en puntos críticos del código, optimizando así la simulación.

Este estudio proporciona un enfoque para analizar fluidos incompresibles en 2D, contribuyendo a acelerar simulaciones en mecánica de fluidos. La paralelización eficiente permite reducir significativamente los tiempos de cálculo, facilitando el estudio de flujos adheridos en condiciones variadas.

**Palabras Clave:** Fluido incompresible, paralelización, número de Reynolds, algoritmo SOR, OpenMP.

**Autor de correspondencia:** [lvolverosm@udistrital.edu.co](mailto:lvolverosm@udistrital.edu.co)

## FMB021. Caracterización de axiote y espinaca como pigmentos naturales usados en celdas DSSC: estabilidad y degradación

**Autores:** Juliana Valentina Garzón Fontecha<sup>1,2</sup>, Esteban Palomino Gamboa<sup>1,2</sup>, Cindy Lorena Gómez Heredia<sup>2</sup>, Jorge Andrés Ramírez Rincón<sup>3</sup>, Dayana Alejandra Mateus Garavito<sup>3</sup>, Laura Melissa Pérez Cáceres<sup>3</sup>, Gerson Dirceu López Muñoz<sup>3</sup>, Nelson Libardo Forero Pachón<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. <sup>3</sup> Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La crisis ambiental impulsa la búsqueda de fuentes energéticas sostenibles y accesibles. Entre ellas, las celdas solares sensibilizadas por colorantes (DSSC) destacan como dispositivos de bajo costo capaces de transformar la luz en electricidad mediante el efecto fotovoltaico [1]. El fotosensibilizador resulta crucial al determinar la eficiencia y estabilidad. Aunque los complejos de rutenio superan el 11% [2–4], su elevado costo y toxicidad [5][6] favorecen explorar pigmentos naturales, abundantes, biodegradables y prometedores.

En este trabajo se estudian materiales sensibilizadores como el rutenio N719, empleado como referencia por su estabilidad y rendimiento, junto con pigmentos naturales extraídos de achiote (*Bixa orellana*) y espinaca (*Spinacia oleracea*), ricos en carotenoides y clorofilas, que destacan por su absorción de luz visible y su aporte a la generación de carga [7][8]. Asimismo, se exploró el potencial de la co-sensibilización, combinando pigmentos naturales con tintes sintéticos.

Los pigmentos naturales se obtienen mediante trituración del material vegetal, extracción con etanol por el método Soxhlet [8] y posterior disolución del extracto en etanol. La caracterización de los tintes se realizó mediante espectroscopía hiperespectral (UV–VIS–NIR), espectroscopía fotoacústica (PAS) y HPLC–MS, complementadas con mediciones de conductividad eléctrica. Mediante estas técnicas se evaluaron las propiedades ópticas, térmicas, químicas y eléctricas de los tintes, así como su degradación frente a la exposición a la luz.

Los resultados muestran que el achiote es un pigmento prometedor por su alta absorción inicial y estabilidad, superando al rutenio tras cuatro meses. Su desempeño mejora con co-sensibilización y mayor concentración, destacando en propiedades ópticas y térmicas. En contraste, la espinaca evidenció marcada inestabilidad en el rango visible.

**Palabras Clave:** celdas DSSC; pigmentos naturales; caracterización; degradación.

**Autor de correspondencia:** [Jvgarzonf@udistrital.edu.co](mailto:Jvgarzonf@udistrital.edu.co)

**Referencias:** [1] Sharma, Sharma y Sharma, 2018. [2] Martínez, López y Gómez, 2016. [3] Patni y Pillai, 2022. [4] Mingsukang, Buraidah y Arof, 2017. [5] Hernández-Martínez et al., 2012. [6] Alhorani et al., 2020. [7] Handayani y Setyawati, 2020. [8] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.

## Capítulo 18

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES (IATE)

### *Ponencias Orales*

## IATE001. Segmentación retiniana asistida por inteligencia artificial: redes neuronales aplicadas al diagnóstico ocular

**Autores:** Alejandra Arciniegas Marin<sup>1</sup>, William Sneider Galeano Sierra<sup>1</sup>, Andrés Felipe Riaño Quintanilla<sup>1</sup>, Hernán David Salinas<sup>1</sup>, Sandra Carolina Durán-Cristiano<sup>2</sup>

**Ponencia Oral**

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Instituto de Física, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Programa de Optometría, Facultad de Medicina, Universidad CES.

**Resumen:** La retinopatía diabética (RD) es una de las principales causas de ceguera a nivel mundial y requiere una detección temprana precisa para evitar complicaciones irreversibles. En este contexto, el presente trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema automatizado de apoyo diagnóstico para la RD, que combina la segmentación de imágenes de fondo de ojo mediante redes neuronales, con el uso complementario de información clínica estructurada. Para ello, se preparó un conjunto de datos clínicamente relevantes y diversos a partir de bases de imágenes de retinografía; aplicando algoritmos automatizados para la selección y filtrado de datos según criterios de calidad de imagen, condiciones de iluminación y ruido. Posteriormente se implementaron arquitecturas de segmentación utilizadas en el área médica, incluyendo U-Net, Attention U-Net y U-Net++, las cuales fueron integradas en un sistema modular orientado a la clasificación de la retinopatía diabética en distintos niveles de severidad. Se realizó una evaluación comparativa del desempeño del sistema frente a segmentaciones manuales realizadas por expertos, empleando métricas estándar como: el coeficiente Dice, el área bajo la curva ROC (AUC-ROC).

Los resultados encontrados permiten identificar una segmentación precisa de alteraciones vasculares tales como microaneurismas, hemorragias retinianas y en disco óptico, lo que resalta la capacidad del modelo para detectar cambios tempranos vasculares con una alta sensibilidad. Estos hallazgos evidencian el potencial del enfoque propuesto para ser implementado como herramienta de apoyo diagnóstico en entornos clínicos reales, incluso en condiciones de baja disponibilidad de recursos y en estrategias de telemedicina.

**Palabras Clave:** Segmentación; Deep learning; retina; Retinopatía Diabética.

**Autor de correspondencia:** [alejandra.arciniegas@udea.edu.co](mailto:alejandra.arciniegas@udea.edu.co)

## IATE004. Aplicación de redes neuronales ortogonales en la aproximación numérica de la ecuación de Bagley-Torvik

**Autores:** Juan Sebastian Manrique Moreno<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** El cálculo fraccionario se desarrolla como una extensión del cálculo clásico permitiendo definir derivadas, integrales y ecuaciones diferenciales de orden no entero. Aplicado a sistemas físicos surge la ecuación de Bagley-Torvik, la cual modela el comportamiento de una placa atada a un resorte e inmersa en un fluido newtoniano; al deducirse matemáticamente a partir del planteamiento físico, el carácter fraccionario aparece de forma natural en la interacción entre la placa y el fluido. De este modo, la ecuación de Bagley-Torvik constituye un modelo representativo para estudiar la aplicación del cálculo fraccionario en sistemas masa-resorte-amortiguador.

La solución analítica de la ecuación de Bagley-Torvik suele ser compleja, lo que ha motivado el desarrollo de diversos métodos numéricos para aproximarla bajo condiciones específicas. Este trabajo propone una aproximación numérica utilizando redes neuronales ortogonales (ONN, por sus siglas en inglés), las cuales emplean familias de polinomios ortogonales como funciones de activación en una arquitectura tipo perceptrón simple. La salida de la red se construye mediante una combinación lineal de las respuestas de las neuronas ortogonales, y su entrenamiento se realiza mediante la técnica de Extreme Learning Machine (ELM), que permite ajustar los pesos en un solo paso a partir de una formulación matricial generalizada, resolviendo el sistema mediante la inversa generalizada .

Se utilizan polinomios de Hermite, Laguerre y Legendre con el fin de evaluar su desempeño en términos de precisión y eficiencia computacional, y contrastarlo con resultados obtenidos por otros métodos numéricos reportados en la literatura.

**Palabras Clave:** Cálculo fraccionario, ecuación de Bagley-Torvik, sistema masa-resorte-amortiguador, redes neuronales ortogonales, polinomios ortogonales, Extreme Learning Machine.

**Autor de correspondencia:** [jmanrique@udistrital.edu.co](mailto:jmanrique@udistrital.edu.co)

## IATE006. Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales

**Autores:** Miguel A. Rengifo<sup>1,2</sup>, José Santiso<sup>3</sup>, M H. Aguirre<sup>1,2,4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Zaragoza / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España. <sup>2</sup> Universidad de Zaragoza / Departamento de Física de Materia Condensada, Zaragoza, España. <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Barcelona / Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), Barcelona, España. <sup>4</sup> Laboratorio de Microscopías Avanzada (LMA) / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España.

**Resumen:** En la actualidad el uso de la Inteligencia Artificial (IA) nos rodea y nos abruma por completo, desde el desempeño de labores simples, hasta el uso en masivo en labores complejas de calculo y procesamiento de datos e información usando diferentes modelos de redes neuronales artificiales (RNA). A pesar de todo lo anterior, aún no existe hardware que simule e implemente por completo la arquitectura de una RNA. En este trabajo se busca demostrar la funcionalidad y viabilidad de una RNA usando películas ultradelgadas y epitaxiales de  $Pb(Zr_{0,52}Ti_{0,48})O_3$  (PZT).

Las películas delgadas fueron depositadas usando la técnica de laser pulsado (PLD) sobre sustratos de silicio y usando como buffer estructural, una bicapa de YSZ/ $CeO_2$ , sobre la cual se depositó  $LaNiO_3$  (LNO) como buffer conductor inferior. Los resultados por Difracción de Rayos X (XRD) y Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM) mostraron una alta calidad estructural ( $a_c \approx 4,07$ Å) y cristalina, junto con una gran calidad morfología a escala nanométrica.

Las propiedades ferroeléctricas del PZT fueron evaluadas usando Microscopia de Fuerza Atómica (PFM-AFM), mostrando una excelente calidad morfológica y una baja rugosidad ( $r_{ms} < 1$  nm). Se evaluaron las propiedades memristivas del PZT a temperatura ambiente con micro dispositivos de LNO/PZT/Au fabricados con técnicas de litografía óptica en condiciones de sala limpia y testeados usando una mesa de micropuntas.

Los resultados finales de la evaluación de las propiedades eléctricas demuestran que los dispositivos de LNO/PZT/Au cumplen con todas propiedades y requerimientos para ser implementados como neuronas artificiales dentro de una RNA.

**Palabras Clave:** Ablación Laser; Memristor; Red Neuronal Artificial.

**Autor de correspondencia:** [marengifom@unizar.edu.es](mailto:marengifom@unizar.edu.es)

## IATE008. Inferencia de parámetros físicos en nanodiscos magnéticos mediante redes neuronales profundas

**Autores:** Juan Sebastián Méndez Rondón<sup>1</sup>, Maria Isabel Garcia Quimbayo<sup>1</sup>, José Dario Agudelo Giraldo<sup>2</sup>, Jorge Iván Montes Molsalve<sup>3</sup>, Andrés Marino Álvarez Meza<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Signal Processing and Recognition Group, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001. <sup>2</sup> Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, 170002. <sup>3</sup> Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz.

**Emails:** jumendezro@unal.edu.co; migarciaq@unal.edu.co; jdagudelog@unal.edu.co; jimontesm@unal.edu.co; amalvarezme@unal.edu.co

**Resumen:** El estudio de los dominios magnéticos en materiales a nanoescala es crucial para el desarrollo de tecnologías emergentes en almacenamiento de información y dispositivos espintrónicos, donde el control preciso de las configuraciones de espín permite optimizar la eficiencia, velocidad y miniaturización de componentes. No obstante, estas configuraciones presentan alta sensibilidad a variaciones en parámetros físicos como el acoplamiento de intercambio, la anisotropía magnética, los campos externos y la temperatura, generando estructuras de espín altamente variables que dificultan su estimación.

En este trabajo se propone una estrategia basada en aprendizaje profundo mediante redes neuronales convolucionales, entrenadas con datos sintéticos generados a partir del modelo atomístico de Heisenberg, para predecir parámetros físicos clave a partir de imágenes simuladas de nanodiscos magnéticos. La metodología comprende la generación sistemática de configuraciones bajo distintas combinaciones paramétricas de la temperatura y el coeficiente de interacción de Dzyaloshinskii–Moriya, el entrenamiento supervisado del modelo y la evaluación de las predicciones frente a perturbaciones mediante métricas de regresión.

Los resultados demuestran que el modelo es capaz de aprender representaciones significativas incluso en regiones del espacio paramétrico donde pequeñas perturbaciones inducen cambios drásticos en la estructura magnética. Se obtienen coeficientes de determinación superiores a 0.89 bajo validación cruzada, lo que evidencia su capacidad predictiva.

La estrategia propuesta constituye un avance significativo en la caracterización inversa de sistemas magnéticos complejos y proporciona herramientas prometedoras para el diseño de materiales funcionales en tecnologías espintrónicas de próxima generación.

**Palabras Clave:** Dominios magnéticos; Redes neuronales convolucionales; Nanodispositivos; Espintrónica; Modelo de Heisenberg; Variabilidad estructural; Simulación atomística; Aprendizaje supervisado; Caracterización inversa; Inteligencia artificial.

**Autor de correspondencia:** [jumendezro@unal.edu.co](mailto:jumendezro@unal.edu.co)

## IATE010. Modelado QSAR asistido por Machine Learning como potenciales inhibidores de la proteína ROP18 en *Toxoplasma gondii*

**Autores:** D. Aragón-Giraldo<sup>1</sup>, Nombre Apellido<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Quindío.

**Resumen:** La relación cuantitativa estructura-actividad (QSAR) es una metodología computacional que, apoyada en técnicas de machine learning (ML), ha cobrado gran relevancia en el diseño y optimización de moléculas bioactivas, al permitir la predicción de la actividad biológica de nuevos compuestos a partir de sus descriptores moleculares. En este estudio se aplicaron diferentes enfoques de ML para modelar la inhibición de la proteína ROP18 de *Toxoplasma gondii*, proteína clave en la evasión de la respuesta inmune del huésped.

Se construyó una base de datos de 195 moléculas derivadas de 2-hidrazono-tiazolidin-4-ona, de las cuales se seleccionaron 140 compuestos representativos mediante k-means clustering. Para optimizar la calidad de los modelos, se emplearon técnicas de selección de variables como RFE (Recursive Feature Elimination), SFS (Sequential Feature Selection) y PLS (Partial Least Squares Regression), reduciendo los descriptores a un conjunto óptimo de 20.

Posteriormente, se implementaron diferentes algoritmos de ML, destacando Random Forest ( $R^2 = 0,82$ ) y Regresión Lineal Múltiple (MLR) ( $R^2 = 0,92$ ). Este último mostró el mejor desempeño, con métricas robustas de validación:  $Q^2 = 0,92$ , RMSE = 0.19 y K-Fold = 0.81, lo que demuestra la alta capacidad predictiva y estabilidad del modelo.

Adicionalmente, el análisis QPHAR permitió identificar patrones farmacofóricos comunes en los derivados más activos, reforzando la interpretación de los modelos de ML. En conjunto, este trabajo evidencia cómo la integración de QSAR y machine learning constituye una estrategia poderosa para acelerar el descubrimiento de nuevos inhibidores de ROP18 y potenciales candidatos terapéuticos frente a la toxoplasmosis.

**Palabras Clave:** Machine learning, QSAR, QPHAR, *Toxoplasma gondii*, ROP18.

**Autor de correspondencia:** [daniel.aragong@uqvirtual.edu.co](mailto:daniel.aragong@uqvirtual.edu.co)

## IATE011. Efecto de los parámetros de diseño en la resistencia a compresión de biocompuestos impresos en 3D

**Autores:** David Styven Espitia Valero<sup>1</sup>, Yamid Josué Zarate Beltrán<sup>1</sup>, Ana Valentina Romero Mateus<sup>1</sup>, Martha Lissette Sánchez Cruz<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El interés por el desarrollo de materiales compuestos alternativos ha crecido en los últimos años. El empleo de fibras vegetales como refuerzo de matrices termoplásticas, contribuye a mitigar el impacto ambiental y a la disminución de los costos asociados con la fabricación de los materiales compuestos tradicionales.

La fabricación aditiva, como una tecnología emergente, ha ganado importancia en el desarrollo de nuevos materiales biocompuestos elaborados a partir del procesamiento de filamentos reforzados con fibras vegetales. En este trabajo se analizó el efecto de los parámetros de diseño en las propiedades mecánicas de biocompuestos sometidos a compresión axial.

Se implementó un diseño experimental factorial, definiendo dos factores numéricos (densidad de relleno y altura de la capa de impresión) y un factor categórico (patrón de relleno). Para cada factor se definieron tres niveles. Las probetas se imprimieron usando filamentos elaborados con ácido poliláctico (PLA), reforzado con 10 % de fibras vegetales pulverizadas.

Para cada probeta se determinó la resistencia máxima, el módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación. A partir de los resultados experimentales se realizó un análisis estadístico que permitió obtener ecuaciones para predecir el comportamiento mecánico del material en función de los factores analizados.

Este trabajo es un producto “Financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Año 2025-2. PIC-ING-4229”.

**Palabras Clave:** manufactura aditiva; biocompuestos; resistencia a compresión.

**Autor de correspondencia:** [est.davids.espitia@unimilitar.edu.co](mailto:est.davids.espitia@unimilitar.edu.co)

## IATE012. Propiedades Físicas, Mecánicas y Tribológicas de Biocompuestos Impresos en 3D Mediante Deposición Fundida de Filamentos

**Autores:** Cristian Fernando Ojeda Puentes<sup>1</sup>, Yulieth Vanesa Salcedo Ávila<sup>1</sup>, Carolina Isabel Salcedo Figueroa<sup>1</sup>, Martha Lissette Sánchez Cruz<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El interés por el desarrollo de materiales compuestos alternativos ha crecido en los últimos años. El empleo de fibras vegetales como refuerzo de matrices termoplásticas, contribuye a mitigar el impacto ambiental y a la disminución de los costos asociados con la fabricación de los materiales compuestos tradicionales.

En la actualidad, la manufactura aditiva ha llamado la atención de profesionales e investigadores debido a la facilidad para el procesamiento de piezas con una geometría relativamente compleja en tiempos reducidos de fabricación. En este trabajo se realizó la evaluación del efecto de la densidad y el patrón de relleno en las propiedades físicas, mecánicas y tribológicas de compuestos elaborados mediante la deposición fundida de filamentos de origen vegetal.

Para el estudio, se utilizaron filamentos elaborados mediante la extrusión de fibras de ratán pulverizadas y gránulos de ácido poliláctico. Se imprimieron probetas variando la densidad de relleno entre 25 y 75 % y se usaron dos patrones de relleno: lineal y giroide.

Se determinaron la densidad, la capacidad de absorción, el porcentaje de hinchamiento, el coeficiente de fricción, la tasa de desgaste y la resistencia a compresión del biocompuesto. Adicionalmente se determinaron las propiedades dinámicas (módulo de elasticidad dinámico, coeficiente de Poisson y módulo de cortante).

A partir de los resultados experimentales, se realizó un análisis estadístico y se obtuvieron ecuaciones que permiten predecir las propiedades del material en función de los parámetros de diseño.

Este trabajo es un producto “Financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Año 2025-2. PIC-ING-4230”.

**Palabras Clave:** manufactura aditiva; biocompuestos; propiedades.

**Autor de correspondencia:** [est.cristian.ojeda@unimilitar.edu.co](mailto:est.cristian.ojeda@unimilitar.edu.co)

## IATE024. Efecto del reinicio estocástico en el tiempo de sincronización del modelo de Kuramoto en redes

**Autores:** Kevin Paramero<sup>1</sup>, Alejandro Pérez Riascos<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La sincronización es un fenómeno fundamental en sistemas físicos, biológicos y sociales, donde un conjunto de osciladores ajustan su dinámica colectiva a través de interacciones locales. El modelo de Kuramoto constituye un marco teórico robusto para describir este proceso en redes complejas; sin embargo, la incorporación de mecanismos de reinicio, entendidos como interrupciones o restablecimientos estocásticos en la dinámica de ciertos nodos, ha sido poco explorada.

En este trabajo se propone el estudio del modelo de Kuramoto con reinicio estocástico en distintos tipos de redes. El objetivo principal es analizar cómo el reinicio afecta el tiempo de sincronización global y establecer una funcionalidad que relacione el cociente entre el tiempo de sincronización con y sin reinicio en función de la probabilidad de reinicio.

La metodología se basa en simulaciones numéricas del modelo de Kuramoto mediante integración de sistemas de ecuaciones diferenciales acopladas, donde se implementa un proceso estocástico de reinicio sobre uno o varios nodos. Se busca evidenciar regímenes donde el reinicio disminuya el tiempo de sincronización, en analogía con fenómenos de optimización por reinicio estocástico.

Los resultados abren nuevas perspectivas en la física de sistemas complejos, al vincular el concepto de reinicio estocástico con la sincronización, ofreciendo posibles aplicaciones en diferentes sistemas complejos.

**Palabras Clave:** Modelo de Kuramoto; Reinicio Estocástico; Redes Complejas.

**Autor de correspondencia:** [kparamero@unal.edu.co](mailto:kparamero@unal.edu.co)

## IATE026. PIRIS: Modelo de inteligencia artificial físicamente informado para simular adsorción a nanoescala

**Autores:** Juan Sebastián Hernández G.<sup>1,2</sup>, Andrés Marino Álvarez M.<sup>1</sup>, José Antonio Valencia A.<sup>2</sup>, Elisabeth Restrepo P.<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Signal Processing and Recognition Group, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia. <sup>2</sup> PCM Computational Applications, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia.

**Resumen:** La predicción precisa de energías de adsorción en sistemas átomo-superficie es clave para el diseño de nuevos materiales funcionales, especialmente en contextos como la remediación ambiental y la contaminación por metales pesados.

Sin embargo, los enfoques dominantes basados en teoría del funcional de la densidad (DFT) presentan limitaciones computacionales que dificultan su aplicación escalable, mientras que los modelos apoyados por inteligencia artificial (IA) suelen perder conexión con la física subyacente del sistema.

En este trabajo se presenta PIRIS (Physics-Informed Relevant Information Simulation), un modelo de IA orientado a simular la adsorción de metales pesados sobre superficies nanoestructuradas, integrando expresiones físicas explícitas con regularización estadística. PIRIS incorpora términos de energía clásicos —como Coulomb y Lennard-Jones— dentro de un Hamiltoniano extendido con un componente regularizador basado en el Principio de Información Relevante (PRI), lo que permite representar interacciones atómicas de manera eficiente y explicable, sin requerir entrenamiento masivo.

El modelo logra capturar correctamente tendencias estructurales y variaciones relativas en la energía de adsorción frente a cambios en la geometría, la carga y la naturaleza del adsorbato. Aunque los valores energéticos absolutos aún difieren de los obtenidos por métodos *ab initio*, PIRIS mantiene estabilidad estructural, eficiencia computacional y coherencia física interna, incluso en simulaciones de baja dimensionalidad.

Esta aproximación ofrece un balance entre fidelidad física, interpretabilidad y escalabilidad, posicionándose como una alternativa viable frente a modelos puramente empíricos o estadísticos, con potencial para extenderse a otros sistemas materiales de interés tecnológico y ambiental.

**Palabras Clave:** Física computacional; Adsorción atómica; Inteligencia artificial aplicada.

**Autor de correspondencia:** [juhernandezg@unal.edu.co](mailto:juhernandezg@unal.edu.co)

## Capítulo 19

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES (IATE)

*Ponencias Poster*

## IATE002. Desarrollo de un módulo de análisis de Lengua de Señas Colombiana con aprendizaje por refuerzo aplicado a contextos educativos

**Autores:** Jonathan Steve Gonzalez<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué. <sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué.

**Resumen:** Este proyecto presenta la primera fase de desarrollo de un sistema de minado y análisis de Lengua de Señas Colombiana (LSC) orientado a la construcción de un traductor automático mediante aprendizaje por refuerzo. El objetivo es facilitar el acceso a la física de las personas con limitaciones auditivas. Esta etapa inicial consiste en la adquisición de datos con MediaPipe, permitiendo capturar los puntos corporales clave de manos, rostro y torso en videos de señas. A partir de estos datos, se diseñó el módulo para la minería de secuencias, la segmentación automática de gestos y su posterior clasificación. El sistema emplea aprendizaje por refuerzo para optimizar la detección y delimitación temporal de señas; el resultado conseguido a la fecha es capaz de obtener el sistema de diccionarios ordenado, el modelo de datos y los scripts de extracción para la segmentación de los videos.

**Palabras Clave:** Media Pipe; LSC; Aprendizaje por refuerzo.

**Autor de correspondencia:** [jsgonzalezca@ut.edu.co](mailto:jsgonzalezca@ut.edu.co), [rauribe@ut.edu.co](mailto:rauribe@ut.edu.co)

## IATE014. SURYA: Un modelo base para la investigación en heliofísica

**Autores:** Santiago García<sup>1</sup>, Isabela Dussán<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.

**Correos:** <sup>1</sup> [u20221204736@usco.edu.co](mailto:u20221204736@usco.edu.co) <sup>2</sup> [u20221204683@usco.edu.co](mailto:u20221204683@usco.edu.co)

**Resumen:** La heliofísica es fundamental para comprender y predecir tanto la actividad solar como los fenómenos de clima espacial. Aunque durante décadas se han obtenido observaciones de alta resolución con el Solar Dynamics Observatory (SDO), la mayoría de los modelos actuales son muy específicos y dependen de datos limitados, lo que reduce su capacidad para aplicarse a diferentes fenómenos solares.

En este trabajo se presenta a Surya, un nuevo modelo de inteligencia artificial con 366 millones de parámetros, diseñado para aprender representaciones generales del Sol a partir de las imágenes y mediciones del SDO. Surya analiza simultáneamente datos de múltiples instrumentos que observan diferentes aspectos de la atmósfera y el campo magnético solar.

El modelo utiliza técnicas modernas de aprendizaje automático que le permiten reconocer patrones en el espacio y el tiempo. Gracias a esto, Surya puede predecir la dinámica solar y la aparición de llamaradas sin necesidad de entrenamiento adicional. Además, cuando se ajusta con datos específicos, logra muy buenos resultados en tareas como la predicción del viento solar, la identificación de regiones activas y el análisis del espectro solar.

Surya constituye el primer modelo general de heliofísica que aprovecha las observaciones completas del SDO y aprende directamente de la evolución solar en el tiempo. Sus resultados muestran que es capaz de captar parte de la física que gobierna el comportamiento del Sol, abriendo nuevas posibilidades para la predicción del clima espacial.

El resumen aquí expuesto tiene como base el artículo [1], del cual se obtuvo toda la información.

**Palabras Clave:** Heliofísica; Inteligencia artificial; Solar Dynamic Observatory (SDO); Clima espacial; Actividad solar; Predicción del viento solar.

**Referencias:** [1] S. Roy, J. Schmude, R. Lal, V. Gaur, M. Freitag, J. Kuehnert, T. van Kessel, D. V. Hegde, A. Muñoz-Jaramillo, J. Jakubik, et al. *Surya: Foundation model for heliophysics*. arXiv:2508.14112, 2025.

**Autor de correspondencia:** [u20221204683@usco.edu.co](mailto:u20221204683@usco.edu.co)

## IATE016. Evaluación comparativa de redes neuronales para detección de fibrilación auricular con métricas tradicionales y complementarias

**Autores:** Nathalia Alexandra Perez Rojas<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** La fibrilación auricular (FA) es una de las arritmias cardíacas más comunes y, a la vez, una de las más difíciles en términos de detección temprana. En los últimos años, el uso de redes neuronales ha impulsado el desarrollo de algoritmos capaces de diagnosticar esta condición a partir de electrocardiogramas (ECG). Sin embargo, aunque muchos de estos algoritmos alcanzan un desempeño competitivo en métricas clásicas, aún resulta necesario aplicar evaluaciones más profundas que permitan identificar diferencias en su funcionamiento interno.

El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de dos arquitecturas de redes neuronales para la detección temprana de FA en ECG, utilizando métricas tanto convencionales como unas complementarias: la entropía cruzada, error cuadrático medio, varianza de pesos y descomposición sesgo-varianza.

El estudio se desarrolló en tres etapas: implementación de los modelos en Python con las librerías wfdb, TensorFlow y NumPy; entrenamiento y validación con la base de datos MIT-BIH Arrhythmia; y aplicación de las métricas de desempeño.

En los resultados, la red convolucional 2D alcanzó una exactitud del 96%, calculada como la proporción de aciertos sobre el total de predicciones, con entropía cruzada de 0.08 y un error cuadrático medio de 0.1, mientras que la red 1D obtuvo una exactitud del 81%, con entropía cruzada de 0.3 y un error cuadrático medio de 0.1.

Estos resultados muestran que la comparación entre modelos requiere un enfoque multifacético, donde métricas complementarias proporcionan una visión más integral del desempeño.

**Palabras Clave:** Redes neuronales convolucionales; fibrilación auricular; electrocardiograma; métricas de desempeño; detección temprana.

**Autor de correspondencia:** [nathalia2200023@correo.uis.edu.co](mailto:nathalia2200023@correo.uis.edu.co)

## IATE025. Implementación de un Clasificador Cuántico en Sistemas de Espines con Modelado de Ruido Coherente y Cuántico

**Autores:** C.A. Riascos-Moreno<sup>1</sup>, S.N. Mendoza-Soriano<sup>1</sup>, A.M. Alvarez-Meza<sup>1</sup>

**Emails:** [cariascosm@unal.edu.co](mailto:cariascosm@unal.edu.co); [smendozas@unal.edu.co](mailto:smendozas@unal.edu.co); [amalvarezme@unal.edu.co](mailto:amalvarezme@unal.edu.co)

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Signal Processing and Recognition Group, Semillero de Física & IA, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001.

**Resumen:** El diseño de modelos de clasificación cuántica sobre plataformas físicas reales es esencial para el avance de aplicaciones funcionales en la computación cuántica, especialmente en la era *Noisy Intermediate-Scale Quantum* (NISQ), donde los recursos son limitados y el ruido es inherente.

En este contexto, los cúbits de espín ofrecen una alternativa prometedora por su escalabilidad, tiempos de coherencia prolongados y facilidad de fabricación usando semiconductores. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos técnicos significativos debido a la sensibilidad del sistema frente al ruido coherente —originado por imperfecciones en las señales de control— y al ruido cuántico, producto de procesos de decoherencia.

En este trabajo se propone un marco integral de aprendizaje de máquina cuántico que implementa un clasificador a partir del modelo *Data-ReUploading*, conocido por su eficiencia y capacidad de aproximación universal, con transpolación del nivel de compuerta a una dinámica cuántica a nivel de pulsos, gobernada por un Hamiltoniano de espines.

La metodología incorpora modelos detallados de ambos tipos de ruido y se valida mediante simulaciones locales tanto en configuración de control coherente como en dinámica con ruido cuántico, utilizando bases de datos clásicas de clasificación. Asimismo, se analizan funciones de pérdida cuánticas como fidelidad, divergencia de von Neumann y divergencia  $\alpha$ -Rényi, observando que esta última, con parámetro  $\alpha$  igual a 0.5, ofrece mayor robustez frente al ruido y mejor rendimiento en términos del área bajo la curva de clasificación.

Como proyección inmediata, se propone llevar esta metodología validada por simulación a plataformas de hardware cuántico en la nube.

**Palabras Clave:** Aprendizaje de Máquina Cuántico; Cúbits de espín; Ruido coherente; Ruido cuántico; Data-ReUploading; Clasificación.

**Autor de correspondencia:** [smendozas@unal.edu.co](mailto:smendozas@unal.edu.co)

## IATE027. Caracterización colorimétrica de imágenes de parásitos de malaria mediante preprocesamiento y técnicas de *clustering* basadas en inteligencia artificial

**Autores:** Juan Pablo Mahecha Acevedo<sup>1,2</sup>, Jesus A. Rodríguez-Henao<sup>3</sup>, Cindy L. Gómez-Heredia<sup>2</sup>, Nelson Libardo Forero Chacón<sup>1</sup>, Juan C. Salcedo-Reyes<sup>2</sup>, Marcela Franco-Correa<sup>2</sup>, Liliana J. Cortes-Cortes<sup>4</sup>, Angela P. Guerra-Vega<sup>4</sup>, Miguel Fuentes-Cabrera<sup>5</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. <sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>4</sup> Instituto Nacional de Salud, Colombia. <sup>5</sup> Khoury College of Computer Sciences, Northeastern University, Boston, USA.

**Resumen:** La malaria, causada por parásitos del género *Plasmodium*, sigue siendo un reto prioritario de salud pública en regiones tropicales y subtropicales. En Colombia, el Instituto Nacional de Salud reportó en 2024 un aumento significativo de casos, principalmente de *P. falciparum* y *P. vivax* [1]. El diagnóstico estándar de la OMS se basa en microscopía óptica, técnica dependiente de la experiencia del especialista y de la calidad de la muestra para distinguir estructuras como cromatina y citoplasma [2].

En este estudio se realiza un análisis colorimétrico y del efecto de pretratamientos digitales en más de 1000 imágenes microscópicas de muestras de sangre extendida infectadas con *P. falciparum* y *P. vivax*, obtenidas de cultivos y casos clínicos. El objetivo es segmentar y clasificar las estructuras parasitarias, resaltando diferencias colorimétricas entre ambos géneros.

Se etiquetan y segmentan glóbulos rojos infectados con TrainYolo; luego se aplican algoritmos de eliminación de ruido (mediana, bilateral y gaussiano), mejora de contraste (CLAHE y AGCWD) y, finalmente, *clustering* (K-means, Agglomerative Ward y Gaussian) para la segmentación y caracterización colorimétrica.

El análisis en CIELab evidencia que L y b discriminan mejor que a; el filtro de mediana y CLAHE muestran el mejor desempeño en la mejora de imágenes, mientras que K-means logra la segmentación más precisa. Se observan diferencias colorimétricas entre *P. vivax* y *P. falciparum*, útiles para el diagnóstico diferencial de especie.

**Palabras Clave:** malaria; colorimetría; pretratamientos digitales; modelos de *clustering*.

**Autor de correspondencia:** [jpmahecaa@udistrital.edu.co](mailto:jpmahecaa@udistrital.edu.co)

## IATE028. Imputación de variables térmicas y magnéticas en aleaciones NiMnGa mediante machine learning con validación multisemilla

**Autores:** Juan Buitrago<sup>1</sup>, Jeferson Piamba<sup>1</sup>, Edwin Castro<sup>1</sup>, Manuel Forero<sup>1</sup>, Daniel Salazar<sup>2</sup>, Carolina Ortega<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia. <sup>2</sup> Centro de investigación Vasco de materiales, aplicaciones y nanoestructuras, Bilbao, España (BcMaterials). <sup>3</sup> Centro de ingeniería y Desarrollo industrial (CIDESI).

**Resumen:** Las aleaciones con memoria de forma magnéticas (MSMA) basadas en NiMnGa son materiales estratégicos en ingeniería aeroespacial, biomédica y energética, debido a su capacidad de transformar energía entre magnética y mecánica [1]. Sin embargo, su aprovechamiento se limita por la falta de datos completos en bases disponibles como la Shape Memory Materials Database de la NASA [2]. Este trabajo propone un enfoque híbrido de imputación de datos, combinando aprendizaje automático y restricciones físicas, para mejorar la calidad y confiabilidad de la información. La metodología se diseñó considerando la cantidad de datos faltantes, la diversidad de parámetros y su relación con la estequiometría [3], [4]. La imputación se realizó por etapas: primero variables de tratamiento térmico 1 (tiempo y temperatura), luego temperaturas de fase (Ms, Mf, As, Af) y propiedades magnéticas, y finalmente tratamiento térmico 2, aprovechando correlaciones previas para reducir el error cuadrático medio (MSE). Los datos se obtuvieron mediante web scraping, organizados en archivos .csv y preprocesados con Pandas mediante conversión numérica, eliminación de outliers (IQR) y definición de variables predictoras (Ni, Mn, Ga y densidad). Para robustez, los datos se dividieron en 70 % entrenamiento, 15 % validación y 15 % prueba, con 10 semillas y múltiples repeticiones. Los modelos se optimizaron con Optuna (300 ensayos, TPE) probando algoritmos como LGBM, XGBoost, CatBoost, GradientBoosting, RandomForest, MLP, AutoEncoder, BayesianRidge, GPR, MICE, KNN y SVR, seleccionando en cada caso el mejor desempeño. Los resultados muestran imputaciones precisas:  $R^2=0.95$  y  $0.88$  en tratamiento térmico 1, entre  $0.79$  y  $0.83$  en temperaturas de fase, y superiores a  $0.92$  en saturación y campo magnético. La temperatura de Curie mostró limitaciones por insuficiencia de datos, resaltando la necesidad de ampliar la base experimental. Este estudio fortalece la confiabilidad de los datos científicos, habilitando aplicaciones seguras y sostenibles en salud, energía y movilidad.

**Palabras Clave:** Imputación de datos; machine learning; materiales con memoria de forma; propiedades térmicas y magnéticas.

[1] G. Costanza and M. E. Tata, "Shape Memory Alloys for Aerospace, Recent Developments, and New Applications: A Short Review," *Materials*, vol. 13, no. 8, p. 1856, Apr. 2020, doi: 10.3390/ma13081856. [2] NASA, "Shape Memory Materials Database," [https://shapememory.grc.nasa.gov/magnetic\\_shape\\_memory\\_alloys](https://shapememory.grc.nasa.gov/magnetic_shape_memory_alloys). [3] S. T. H. Rizvi, M. Y. Latif, M. S. Amin, A. J. Telmoudi, and N. A. Shah, "Analysis of Machine Learning Based Imputation of Missing Data," *Cybern Syst*, pp. 1–15, Sep. 2023, doi: 10.1080/01969722.2023.2247257. [4] H. Wang, J. Tang, M. Wu, X. Wang, and T. Zhang, "Application of machine learning missing data imputation techniques in clinical decision making: taking the discharge assessment of patients with spontaneous supratentorial intracerebral hemorrhage as an example," *BMC Med Inform Decis Mak*, vol. 22, no. 1, p. 13, Dec. 2022, doi: 10.1186/s12911-022-01752-6.

**Autor de correspondencia:** [juan.buitrago3@unibague.edu.co](mailto:juan.buitrago3@unibague.edu.co)



## Capítulo 20

# MATERIA CONDENSADA (MC)

### *Ponencias Orales*

### MC003. Propiedades térmicas de membranas poliméricas de quitosano y $\text{H}_3\text{PO}_2$

**Autores:** Miguel Iban Delgado<sup>1</sup>, Nori Jurado<sup>1</sup>, Cristian Prieto<sup>1</sup>, Daniel Galindo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Se sintetizaron membranas poliméricas basadas en quitosano (CS) y ácido hipofosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_2$ ) a diferentes concentraciones por el método de solución y evaporación lenta del solvente. Estas membranas fueron caracterizadas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Los resultados del análisis DSC muestran transiciones térmicas características bien definidas. Para las membranas quitosano/ $\text{H}_3\text{PO}_2$  se observaron anomalías endotérmicas asociadas a la fusión de la fase cristalina, entre 80–90°C, y escalones asociados a temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), entre 40–50°C, dependiendo de la concentración.

Una membrana de quitosano puro presentó un comportamiento térmico distintivo con la primera anomalía endotérmica aproximadamente 32°C, una segunda anomalía a 93°C, asociada a la fusión de fase cristalina, y una tercera anomalía térmica cerca de los 190°C, posiblemente relacionada con procesos de degradación térmica.

El análisis de diferentes concentraciones de  $\text{H}_3\text{PO}_2$  en la matriz de quitosano reveló cambios sistemáticos en las propiedades térmicas, indicando interacciones moleculares entre el polímero y el ácido. Estos análisis térmicos proporcionan información valiosa sobre las temperaturas de fusión y ventana térmica del sistema quitosano/ $\text{H}_3\text{PO}_2$ , que podrían ser útiles en aplicaciones electroquímicas, tales como celdas de combustible.

**Palabras Clave:** Calorimetría diferencial de barrido; transición vítrea; fusión.

**Autor de correspondencia:** [dagalindol@ut.edu.co](mailto:dagalindol@ut.edu.co)

## MC004. Conductividad iónica de membranas poliméricas de quitosano y $H_3PO_2$

**Autores:** Iban Delgado<sup>1</sup>, Nori Jurado<sup>1</sup>, Cristian Prieto<sup>1</sup>, Daniel Galindo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Se prepararon membranas poliméricas basadas en quitosano (CS) y ácido hipofosforoso ( $H_3PO_2$ ) a diferentes concentraciones en relación masa a masa por método de solución y evaporación lenta del solvente.

Las membranas resultantes, con espesores entre 0.07 mm y 0.33 mm, se caracterizaron mediante espectroscopía de impedancia (IS) con el propósito de obtener información sobre la conductividad DC.

Los análisis muestran un comportamiento acorde con la ecuación de Vogel–Tamman–Fulcher (VTF), con una conductividad iónica aproximada de  $1,01 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$  a temperatura ambiente (298 K) para una concentración de 50 %  $H_3PO_2$ .

Por lo tanto, el electrolito polimérico CS +  $H_3PO_2$  resulta prometedor para la fabricación de membranas de electrolito polimérico en celdas de combustible.

**Palabras Clave:** Electrolito polimérico; Conductividad DC iónica; Espectroscopía de impedancia.

**Autor de correspondencia:** [cdprietog@ut.edu.co](mailto:cdprietog@ut.edu.co)

## MC016. Pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs en ambiente dieléctrico: Propiedades ópticas y efectos del campo eléctrico

**Autores:** José Fernando Gómez Bedoya<sup>1</sup>, Ricardo León Restrepo Arango<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, C. P. 055428 Envigado, Colombia.

**Resumen:** Presentamos el cálculo teórico sobre las propiedades ópticas lineales y no lineales en pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs embebidos en un ambiente dieléctrico bajo los efectos de campos eléctricos. El perfil potencial se construye en función de la concentración de aluminio, de manera que la heteroestructura presenta múltiples escalones con diferentes concentraciones, anchuras y alturas.

Los niveles de energía y las funciones de onda correspondientes se obtienen resolviendo la ecuación de Schrödinger para un electrón, mediante el enfoque de función envolvente, con bandas parabólicas y la aproximación de masa efectiva.

Los resultados muestran que las variaciones en el campo eléctrico tienen influencias significativas en la magnitud y en las posiciones energéticas de los picos de los coeficientes de la absorción óptica.

Por lo tanto, podemos concluir que los efectos del campo eléctrico pueden utilizarse para ajustar y controlar las respuestas ópticas en el rango del espectro electromagnético de terahercios.

**Palabras Clave:** Pozos cuánticos asimétricos; Propiedades ópticas no lineales; Ambiente dieléctrico.

**Autor de correspondencia:** [jose.gomez18@eia.edu.co](mailto:jose.gomez18@eia.edu.co)

## MC017. Estudio estructural, morfológico, óptico, térmico y magnético del Rutenato de Neodimio

**Autores:** F.A. Paez-Reyes<sup>1</sup>, M.E. Gamez<sup>2</sup>, J.S. Ibanez<sup>1</sup>, L. Valladares<sup>3</sup>, D.A. Landinez<sup>1</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física Aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>3</sup> Thin Film Magnetism Group, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

**Resumen:** Se reporta la síntesis y caracterización estructural y magnética del rutenato de neodimio obtenido mediante el método de reacción en estado sólido.

El análisis por difracción de rayos X (DRX) a temperatura ambiente confirma la formación de una fase de alta pureza. La microscopía electrónica de barrido (SEM) revela una microestructura compacta, con granos bien definidos y homogéneos.

Medidas calorimétricas en bajas temperaturas detectan una transición térmica asociada a un cambio estructural, el cual es confirmado por DRX a bajas temperaturas, evidenciando una modificación reversible en la simetría de la celda unitaria.

Desde el punto de vista magnético, las curvas de histéresis y las mediciones bajo protocolos ZFC-FC indican un comportamiento antiferromagnético, acompañado de una marcada irreversibilidad entre los modos ZFC y FC. Este desacoplamiento sugiere la presencia de anisotropías magnéticas, atrapamiento de momentos o fenómenos de relajación relacionados con el orden magnético.

**Palabras Clave:** Rutenato; Antiferromagnetismo; Transición estructural.

**Autor de correspondencia:** [fpaez@unal.edu.co](mailto:fpaez@unal.edu.co)

## MC020. Evaluación estructural, térmica y magnética de una perovskita ortorrómbica con posibles características altermagnéticas

**Autores:** M. E. Gámez-López<sup>1</sup>, F. A. Páez-Reyes<sup>1</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>, D. A. Landínez<sup>1</sup>, O. Almanza<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Bogotá, Colombia.

**Correo:** [megamezl@unal.edu.co](mailto:megamezl@unal.edu.co)

**Resumen:** Se realizó la caracterización de la perovskita ortorrómbica  $\text{LaCrO}_3$ , considerada como candidata a presentar una fase altermagnética. Para ello, se implementó un enfoque experimental integral que incluyó técnicas estructurales, morfológicas, térmicas y magnéticas.

La caracterización estructural mediante difracción de rayos X (DRX) reveló que el compuesto cristaliza en una fase ortorrómbica, con simetría que algunos autores consideran apropiada para la presencia de efecto Hall anómalo (AHE). El análisis morfológico por microscopía electrónica de barrido (SEM) mostró tamaños de grano de 430 nm y la espectroscopía UV-Vis permitió estimar el *gap* óptico en 3.01 eV.

Las medidas de magnetización en función de la temperatura y del campo magnético [ $M(T)$ ,  $M(H)$ ] mostraron que la muestra es antiferromagnética por debajo de una temperatura cercana a 287 K. Las medidas por resonancia paramagnética electrónica (EPR) y capacidad calorífica (HC) reforzaron esta interpretación.

Estos resultados permiten concluir de manera preliminar que la perovskita  $\text{LaCrO}_3$  podría presentar una fase altermagnética, la cual se podría confirmar mediante medidas de espectroscopía de fotoemisión resuelta en ángulo (ARPES) o dicroísmo circular de rayos X (XMCD).

**Palabras Clave:** Altermagnetismo; Caracterización experimental; Perovskitas.

## MC021. Propiedades ópticas no lineales de puntos cuánticos esféricos biofuncionalizados de InP/ZnS

**Autores:** Ricardo León Restrepo Arango<sup>1,\*</sup>, Angie Liseth Prada Urrea<sup>1</sup>, Claudia Elena Echeverri Cuartas<sup>1</sup>, Natalia Andrea Agudelo Pérez<sup>1</sup>, Álvaro Luis Morales Aramburo<sup>2</sup>, Carlos Alberto Duque Echeverri<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, C.P. 055428 Envigado, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Materia Condensada–UdeA, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín 050010, Colombia.

**Resumen:** Los puntos cuánticos de InP presentan propiedades optoelectrónicas que los convierten en candidatos prometedores para el desarrollo de plataformas avanzadas de biodetección óptica. La biofuncionalización de estos semiconductores puede lograrse utilizando biomateriales comúnmente utilizados en ciencias de la vida con fines de diagnóstico.

Este estudio examina cómo una capa de biomaterial funcional afecta las propiedades electrónicas y ópticas de los puntos cuánticos esféricos de InP/ZnS. Mediante las aproximaciones de masa efectiva y banda parabólica, se resolvió la ecuación de Schrödinger para un electrón confinado mediante el método de elementos finitos.

Nuestros resultados indican que los cambios en el tamaño de los parámetros de potencial de confinamiento del núcleo de InP, la capa de ZnS y la capa del biomaterial influyen significativamente en los niveles de energía de los electrones y en el espectro de absorción óptica. Descubrimos que el ajuste de los parámetros de potencial de confinamiento permite modular las energías del estado fundamental y del estado excitado, alterando así las amplitudes y posiciones de los picos en las propiedades ópticas.

Este control preciso sobre las características de los puntos cuánticos resulta prometedor para optimizar el rendimiento del dispositivo en aplicaciones de biodetección óptica. Una mayor sensibilidad y especificidad en la detección de biomoléculas podría revolucionar el diagnóstico biomédico, permitiendo una detección rápida y precisa de enfermedades o biomarcadores.

**Palabras Clave:** Puntos cuánticos esféricos; Absorción óptica; Diagnóstico biomédico.

**Autor de correspondencia:** [ricardo.restrepo@eia.edu.co](mailto:ricardo.restrepo@eia.edu.co)

## MC022. Efectos de la composición química en las propiedades optoelectrónicas de un punto cuántico elipsoidal GaAs/AlGaAs con campo eléctrico aplicado

**Autores:** Jesús David Romero Medina<sup>1</sup>, Ricardo León Restrepo Arango<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, Envigado, Colombia.

**Resumen:** Esta investigación se centra en las propiedades optoelectrónicas de un punto cuántico elipsoidal de GaAs/AlGaAs en presencia de un campo eléctrico y variaciones en la concentración del material de la capa. Además, se analiza los efectos de la rotación del elipsoide, situado en el centro de la nanoestructura. La cáscara consiste en dos conos truncados y unidos por sus bases.

A medida que el elipsoide gira, se aplica una gama de valores de campo eléctrico, y los niveles de energía se calculan resolviendo la ecuación de Schrödinger para el electrón, que está confinado dentro del elipsoide por un potencial finito debido a la diferencia de la composición química entre los materiales de la capa y el núcleo.

Estos cálculos se realizan en coordenadas cartesianas utilizando el método de elementos finitos, considerando las aproximaciones de masa efectiva y banda parabólica. El potencial de confinamiento depende de la concentración y del campo eléctrico externo aplicado.

Se usa la matriz de densidad compacta para calcular los coeficientes de absorción óptica no lineal asociados a las transiciones ópticas inter-sub-banda.

Los resultados demuestran variaciones tanto en la función de onda como en los niveles de energía a medida que cambia el ángulo de rotación del elipsoide. Las respuestas ópticas muestran una fuerte dependencia de la concentración de aluminio, las dimensiones de la nanoestructura y la magnitud del campo eléctrico.

**Palabras Clave:** núcleo/capa; punto cuántico esférico; propiedades ópticas.

**Autor de correspondencia:** [jesus.romero@eia.edu.co](mailto:jesus.romero@eia.edu.co)

## MC024. Propiedades Estructurales y Electrónicas de la Monocapa de GaSe: Un Estudio Mediante DFT

**Autores:** Julián Aros<sup>1</sup>, Camilo A. Huertas-Archila<sup>1</sup>, Miguel J. Espitia-Rico<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa Académico de Física, Facultad de Ciencias Matemáticas y Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Autor de correspondencia:** [jaarosg@udistrital.edu.co](mailto:jaarosg@udistrital.edu.co)

**Resumen:** La monocapa de selenuro de galio (GaSe) es un monocalcogenuro muy prometedor para aplicaciones tecnológicas en sensores, transistores, fotodetectores y procesos fotocatalíticos.

En este trabajo, se investigan sus propiedades estructurales y electrónicas mediante cálculos de primeros principios basados en la teoría del funcional de la densidad (DFT). Para ello, se emplea la aproximación de gradiente generalizado de Perdew–Burke–Ernzerhof (PBE) y el paquete computacional *Quantum ESPRESSO*, considerando la fase hexagonal correspondiente al grupo espacial 187.

Los resultados muestran que la monocapa GaSe presenta un comportamiento semiconductor con una brecha de energía prohibida indirecta. Esta característica electrónica sugiere que el material es un candidato con alto potencial para aplicaciones en dispositivos optoelectrónicos, microelectrónica de baja dimensión y fotodetectores ultradelgados.

**Palabras Clave:** Monocapa de GaSe; Teoría del funcional de la densidad; Propiedades electrónicas.

## MC028. Síntesis, caracterización estructural y propiedades magnetoeléctricas del sistema $Sr_{2,68}Tr_{1,32}Mn_{0,64}Ti_{2,68}Fe_{0,68}O_{12}$ (Tr=Nd, Sm) con comportamiento ferromagnético-semiconductor

**Autores:** Mauro Cruz<sup>1</sup>, Felipe Barahona<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

**Resumen:** Muestras policristalinas de  $Sr_{2,68}Tr_{1,32}Mn_{0,64}Ti_{2,68}Fe_{0,68}O_{12}$  (Tr= Nd, Sm) fueron sinterizadas mediante el método de reacción en estado sólido a 1250 °C.

La caracterización estructural reveló una fase mayoritaria ortorrómbica tipo perovskita compleja, con grupo espacial Pnma (#62). Imágenes SEM mostraron alta difusividad intergranular y presencia de porosidad; en superficie se observaron granos con formas y tamaños variados.

Se obtuvieron tamaños de grano de  $TGNd = 1,412 \pm 0,060 \mu m$ ,  $TGSm = 1,112 \pm 0,031 \mu m$  y un tamaño promedio de cristalito  $TCNd = 78,7 \pm 28,6 \text{ nm}$ ,  $TCSm = 71,2 \pm 21,7 \text{ nm}$  del material cerámico. El análisis EDS confirmó la no presencia de elementos no pertenecientes a la estequiometría.

La respuesta magnética muestra que, bajo un campo de 200 Oe, la susceptibilidad es mayor en el modo FC que en ZFC, mientras que a 2000 Oe ambos modos coinciden. La magnetización en función del campo aplicado a 50 K, 200 K y 300 K presenta un comportamiento general paramagnético, aunque en bajos campos se observa una histéresis que indica un ordenamiento ferromagnético débil a temperatura ambiente y la temperatura de Curie se estima en aproximadamente 48 K (ferrimagnético para Sm).

El comportamiento eléctrico se ajustó al modelo de hopping de rango variable, con energía de hopping entre 0.10 y 0.38 eV, y se observó una relación corriente  $I = cV^\alpha$ , con  $\alpha = 1,01$ . Las resistividades eléctricas fueron de Nd  $1,8 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$  y Sm  $4,62 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ , del orden de materiales semiconductores.

Finalmente, el material se clasifica como una perovskita compleja ferromagnética-semiconductora, tipo termistor blando.

**Palabras Clave:** Perovskita; caracterización; paramagnetismo; materiales semiconductores; resistividad eléctrica.

**Autor de correspondencia:** [juan.barahona@uptc.edu.co](mailto:juan.barahona@uptc.edu.co)

## MC031. Crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos de Ni/Si(100) mediante CVD acoplado a espectroscopía XPS

**Autores:** Jhon Useche<sup>1</sup>, Giovanni González<sup>2</sup>, Yelisbeth Escalante<sup>3</sup>, Ana Tarditi<sup>3</sup>, Oscar Arnache<sup>1</sup>, Jonathan Guerrero Sánchez<sup>4</sup>, Sergio A. Rincón-Ortiz<sup>5</sup>, Víctor Gabriel Baldovino-Medrano<sup>5</sup>, Rogelio Ospina<sup>5</sup>, Carlos Ostos<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Grupo de Estado Sólido (GES), Colombia. <sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Laboratorio NAP-XPS, Colombia. <sup>3</sup> Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Argentina. <sup>4</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNYN-UNAM, Laboratorio de Modelado Virtual de Materiales (LVMM), México. <sup>5</sup> Laboratorio de Ciencia de Superficies (SurfLab), Parque Tecnológico de Guatiguará, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta (Santander), 681011, Colombia.

**Resumen:** Se estudió el crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos metálicos de Ni/Si(100) mediante deposición química de vapor (CVD) utilizando etileno como precursor carbonado, bajo condiciones de presión cercana al ambiente ( $\sim 1$  mbar).

Los sustratos de Ni fueron previamente depositados por técnica de deposición láser pulsado (PLD) sobre obleas de silicio orientadas en la dirección (111).

Para mejorar la calidad del grafeno y favorecer su nucleación, se implementó un protocolo de pretratamiento térmico oxidante-reductor en el reactor CVD acoplado a un sistema de espectroscopía de fotoelectrones excitados por rayos X (XPS). Este tratamiento permitió limpiar la superficie metálica de contaminantes residuales y estabilizar la oxidación superficial del níquel antes de la exposición al precursor carbonado.

Durante el proceso de crecimiento, se monitoreó in situ la evolución química de la superficie mediante XPS, identificándose señales correspondientes a carbono tipo  $sp^2$ , lo que evidenció la formación de estructuras grafénicas.

Asimismo, se observaron cambios en la composición superficial del níquel asociados al proceso de reducción inducido térmicamente.

El seguimiento espectroscópico permitió correlacionar las condiciones experimentales con la aparición de señales características de grafeno, lo cual resulta clave para la optimización del crecimiento en condiciones controladas.

Estos resultados representan un avance en el desarrollo de metodologías de crecimiento de grafeno directamente integradas a técnicas de caracterización superficial, lo que permite entender en tiempo real los procesos de nucleación y formación del material.

**Palabras Clave:** Grafeno/Ni; Depósito químico de vapor (CVD); NAP-XPS.

**Autor de correspondencia:** [j.useche@udea.edu.co](mailto:j.useche@udea.edu.co)

### MC033. Producción y caracterización de dispositivos emisores de luz roja basados en compuestos semiconductores orgánicos

**Autores:** Jorge Palmar<sup>1</sup>, Germán Aníbal Méndez<sup>2</sup>, Angel Miguel Ardila<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** Los dispositivos emisores de luz basados en compuestos semiconductores orgánicos (OLEDs, por sus siglas en inglés), se han consolidado como uno de los componentes tecnológicos más prometedores en la actualidad, gracias a su alta eficiencia energética, fidelidad en la reproducción del color, flexibilidad mecánica y posibilidad de fabricación sobre sustratos delgados y flexibles.

El objetivo principal de este trabajo es la fabricación y caracterización de OLEDs con emisión en la región del rojo, color esencial para lograr una reproducción cromática precisa en pantallas y otras aplicaciones específicas en iluminación.

Para la fabricación de los dispositivos, se utilizó la técnica de deposición de película delgada mediante evaporación térmica en alto vacío. Se evaluaron diversos materiales para las capas emisora, de transporte e inyección de carga; así como variaciones en el espesor de cada una, con el fin de identificar las configuraciones más eficientes.

La caracterización eléctrica y óptica incluyó mediciones de Eficiencia Cuántica Externa, Corriente-Voltaje, Luminancia y Espectro de emisión electroluminiscente. Asimismo, se analizó la influencia de los orbitales moleculares de los materiales en el desempeño final del dispositivo.

Los resultados evidencian una influencia significativa de la arquitectura del dispositivo sobre sus propiedades eléctricas y ópticas. En especial, el espesor de las capas de transporte de huecos y electrones juega un papel importante en estas propiedades. Se logró fabricar OLEDs rojos con perfil espectral de alta pureza cromática y con un alto potencial de aplicación en los campos de la fotónica y la electrónica orgánica.

**Palabras Clave:** OLEDs; Electrónica orgánica; Eficiencia cuántica externa (EQE); emisores rojos.

**Autor de correspondencia:** [jpalmarv@unal.edu.co](mailto:jpalmarv@unal.edu.co), [amardilav@unal.edu.co](mailto:amardilav@unal.edu.co)

## MC039. Síntesis sostenible y caracterización de óxido de grafeno para potenciales aplicaciones en sensado óptico

**Autores:** Karol Cristina Villegas Saucedo<sup>1</sup>, Duber Ávila Padilla<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Joven Egresado Investigador, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar – Colombia. <sup>2</sup> Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar – Colombia.

**Resumen:** Esta investigación presenta un método sostenible para sintetizar óxido de grafeno (GO), abordando los problemas ambientales y de costo de los métodos tradicionales. La metodología utilizó el carbón activado comercial como precursor y el extracto acuoso de *Opuntia ficus-indica* (OFI) como agente oxidante y exfoliante natural, mediante la técnica de exfoliación en fase líquida.

El GO sintetizado se caracterizó mediante espectroscopía UV-Vis y Raman. El análisis UV-Vis mostró una banda alrededor de los 223 nm (transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$  de enlaces C=C) y una segunda cercana a los 281 nm (asociada a grupos funcionales oxigenados), confirmando la formación de GO. Por otro lado, la espectroscopía Raman identificó las bandas características D ( $\sim 1365 \text{ cm}^{-1}$ ) y G ( $\sim 1595 \text{ cm}^{-1}$ ), indicativas de una estructura gráfitica con defectos.

Este trabajo avanza en la síntesis verde al usar agentes derivados de plantas, ofreciendo una ruta escalable y económica para la producción de GO sin químicos tóxicos, con potencial para aplicaciones en sensores ópticos basados en guías de ondas. A futuro, se pretende explorar la síntesis de rGO, su funcionalización y el uso de otras fuentes de carbono precursoras.

**Palabras Clave:** Óxido de grafeno; Exfoliación en fase líquida; Síntesis verde.

**Autor de correspondencia:** [kcvillegas@unicesar.edu.co](mailto:kcvillegas@unicesar.edu.co)

### MC053. Efecto de impurezas de Gadolinio en las propiedades estructurales y electrónicas del óxido de zinc (ZnO) mediante simulaciones en DFT

**Autores:** José Daniel Ortíz Romero<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Maestría en Ciencias Físicas, Universidad de Córdoba, Colombia.

**Resumen:** Se presenta un estudio sobre los efectos de impurezas de Gadolinio (Gd) en el óxido de zinc (ZnO) en fase wurtzita, empleando simulaciones computacionales de primeros principios basadas en la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT). Se analizaron las propiedades estructurales y electrónicas del ZnO puro y dopado, encontrando variaciones significativas en los parámetros de red y en el comportamiento electrónico del material.

Los resultados muestran que la incorporación de Gd induce magnetización en ciertas concentraciones, además de modificar el *band gap*, el cual disminuye a medida que la concentración de Gd es menor, favoreciendo la excitación electrónica. Asimismo, se evidenció que la eficiencia fotocatalítica mejora con el incremento en la concentración de Gd. Estos hallazgos posicionan al ZnO dopado con Gd como un material prometedor para aplicaciones en optoelectrónica y procesos fotocatalíticos, destacando su potencial en tecnologías emergentes.

**Nota del autor:** El autor expresa su interés en participar en el congreso en modalidad virtual debido a su residencia actual en Córdoba, Colombia.

**Palabras Clave:** ZnO; dopaje con Gd; DFT; propiedades electrónicas; fotocatalisis.

**Autor de correspondencia:** [jortizromero@correo.unicordoba.edu.co](mailto:jortizromero@correo.unicordoba.edu.co)

## MC055. Síntesis y caracterización de un biopolímero a base de almidón de yuca, CNSL y DAP

**Autores:** Manuel Acosta Humánez<sup>1</sup>, Yair Vega Vega<sup>1</sup>, Álvaro Arrieta Almario<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Biología y Química, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se preparó un biopolímero a base de almidón de yuca, líquido de la cáscara del anacardo (CNSL) y el fertilizante comercial fosfato de diamonio (DAP). El biopolímero y sus constituyentes se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX), espectroscopía de reflectancia difusa ultravioleta–visible (UV–Vis DRS), análisis termogravimétrico (TGA), análisis térmico diferencial (DTA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Los resultados mostraron que las partículas de fertilizante podrían encapsularse en la matriz de almidón y CNSL. Los grupos funcionales en el biopolímero mostraron bandas características asociadas con almidón, CNSL y fertilizante DAP. Además, los picos de difracción del biopolímero contenían picos de DRX de almidón (amilosa) y DAP. La cristalinidad del biopolímero disminuyó.

Aparecieron transiciones electrónicas de almidón, CNSL y DAP en el biopolímero, con posible superposición de señales. El comportamiento térmico de los materiales se evidenció mediante TGA/DSC, donde se registró la eliminación de agua, degradación, oxidación y formación de gases. Se usó DFT para el cálculo de las energías HOMO y LUMO de los componentes individuales del almidón, siendo consistentes con los valores obtenidos por UV–Vis DRS.

**Palabras Clave:** Almidón; biopolímero; Técnicas de caracterización.

**Autor de correspondencia:** [alvaro.arrieta@unisucre.edu.co](mailto:alvaro.arrieta@unisucre.edu.co)

## MC058. Semimetal de Weyl como espejo perfecto para ondas electromagnéticas incidentes en la configuración de Voigt

**Autores:** Jorge Luis Huila<sup>1</sup>, Juan Carlos Granada<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Valle, Cali, Colombia. <sup>2</sup> Universidad del Valle, Cali, Colombia.

**Resumen:** Se desarrolla el formalismo de matriz de transferencia para la descripción de las excitaciones electromagnéticas en una película delgada de semimetal de Weyl en la configuración de Voigt, cuando el vector que contiene el parámetro topológico es paralelo a la superficie y perpendicular al vector de onda.

La matriz de transferencia se reestructura con la aparición de 2 términos nuevos, uno de los cuales define las propiedades topológicas del material, mientras que el otro está relacionado con las características anisotrópicas propias de la anomalía quirál.

Se obtienen las expresiones analíticas para el coeficiente de transmisión de las ondas p polarizadas, prestando especial atención a las oscilaciones de Fabry-Pérot asociadas a la presencia del parámetro topológico.

En el caso de incidencia normal, se demuestra que existe una frecuencia característica asociada a los efectos topológicos que lleva al desplazamiento hacia el azul de las frecuencias de los máximos y mínimos de las oscilaciones de Fabry-Pérot y a la aparición, en la región de bajas frecuencias, de un intervalo en el cual el coeficiente de transmisión es prácticamente nulo; por lo que se puede considerar que bajo estas condiciones el semimetal de Weyl se comporta como un espejo ideal.

Al incrementar el ángulo de incidencia se demuestra que existe una frecuencia umbral en el entorno de la cual la cantidad de energía transmitida es una función no monótona de la frecuencia, presentando 2 máximos locales y 2 mínimos absolutos.

**Palabras Clave:** Semimetal de Weyl; Matriz de transferencia; Configuración de Voigt; Oscilaciones de Fabry-Pérot.

**Autor de correspondencia:** [jorge.huila@correounivalle.edu.co](mailto:jorge.huila@correounivalle.edu.co)

## MC066. Green Plant Extract-Mediated Synthesis of Gold Nanoparticles for SERS-Based Detection of Pyridoxine

Claudia Villarruel<sup>1</sup>, Jesús Leal-Perez<sup>2,\*</sup>, Manuel Cortez-Valadez<sup>3</sup>, Yeiner Molina<sup>1</sup>, J. Flores-Valenzuela<sup>2</sup>, Reinaldo Ruiz<sup>2</sup>, Juan Molina<sup>1</sup>, Duber Avila<sup>1</sup>, Sindi Horta<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Óptica e Informática, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar-Colombia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Los Mochis, Sinaloa-México

<sup>3</sup>Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora-México

shorta@unicesar.edu.co

### Abstract

The green synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) has been widely explored using plant extracts, although most studies have focused on leaf-based sources and the addition of external stabilizing agents. In this work, the ability of aqueous stem extracts from *Bougainvillea spectabilis*, *Gliricidia sepium*, and *Petiveria alliacea* to synthesize AuNPs without stabilizers was evaluated. Nanoparticle formation was visually confirmed by characteristic color changes during synthesis, and structural characterization was performed using transmission electron microscopy (TEM) and high-resolution TEM (HRTEM). The micrographs revealed diverse morphologies and well-defined crystal planes corresponding to the face-centered cubic structure of metallic gold, based on PDF card 00-04-0784. Furthermore, the surface-enhanced Raman scattering (SERS) response of the AuNPs was assessed using pyridoxine as the probe molecule. A significant enhancement in Raman intensity was observed, particularly with AuNPs synthesized from *Petiveria alliacea*, suggesting that enhancement efficiency depends on nanoparticle morphology and phytochemical composition. This approach offers a sustainable and effective route for obtaining functional nanomaterials for molecular sensing applications.

### Keywords

Green synthesis; gold nanoparticles; SERS detection; plant stem extracts; pyridoxine sensing.

## MC071. Estudio de defectos puntuales en AlN mediante primeros principios (DFT) para aplicaciones en tecnologías cuánticas

Luis Roberto Jiménez Arteta<sup>1</sup>, Marianne Etzelmüller Bathen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Oslo, Oslo, Noruega

lrjimenez@mail.uniatlantico.edu.co

### Resumen

En la última década, los materiales basados en semiconductores han adquirido una relevancia creciente en el desarrollo de tecnologías cuánticas (QT), especialmente en la implementación de qubits de espín y emisores de fotón único (SPE). El nitruro de aluminio en estructura wurtzita (w-AlN) ha emergido como un material prometedor debido a sus propiedades electrónicas, ópticas y de compatibilidad con la industria actual; sin embargo, el papel de los defectos cristalinos en este material aún requiere un estudio detallado para identificar candidatos adecuados que puedan actuar como centros cuánticos estables y eficientes.

En este trabajo se investigan ciertos defectos en w-AlN con el objetivo de evaluar su potencial en QT, partiendo del análisis de la literatura existente para identificar aquellos que presentan características deseadas para aplicaciones cuánticas y realizando posteriormente cálculos de primeros principios mediante teoría del funcional de la densidad (DFT) a fin de caracterizar en profundidad los estados electrónicos asociados a dichos defectos. Para ello se emplean autovalores de Kohn-Sham (KS) y factores de localización de la función de onda asociados a estos autovalores, lo que permite identificar varios defectos con gran potencial para aplicaciones en QT. Entre los más prometedores destacan el antisito de nitruro de aluminio AlN en estados de carga  $q = +1$  y  $q = 0$ , así como la vacante de aluminio VAl en el estado  $q = -2$ . El cálculo de la línea de cero fonón (ZPL), confirma que estos defectos exhiben valores favorables para SPE y qubits de espín, lo cual sugiere un gran potencial de aplicación práctica en dispositivos cuánticos basados en w-AlN.

### Palabras Clave

Tecnologías cuánticas; Qubits; Defectos.

## MC073. Espectros de transmisión de un cristal fotónico 1D ( $BaTiO_3/Y_2O_{3N}$ )/ con defectos de grafeno y potencial aplicación en sensores multiespectrales

Juan Manuel Giraldo Millan<sup>1</sup>, John Jairo Prias<sup>2</sup>, John Edward Ordoñez<sup>1</sup>, Luz Esther Gonzalez<sup>3</sup>,  
Gustavo Adolfo Zambrano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Películas Delgadas, Universidad del Valle, Cali, Colombia

<sup>2</sup>Grupo Optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, PTIE, Programa de Doctorado  
en Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Grupo de Materiales Semiconductores y Superiónicos, Departamento de Física, Facultad de Cien-  
cias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

juan.giraldo.millan@correounivalle.edu.co

### Resumen

El desarrollo de filtros ópticos ajustables en el rango visible es de interés para aplicaciones en sensado espectral y fotónica integrada. En este trabajo se presenta un diseño de cristal fotónico unidimensional compuesto por óxido de itrio ( $Y_2O_3$ , aislante), titanato de bario ( $BaTiO_3$ , ferroeléctrico) y grafeno (G), incorporado tanto en forma de capas atómicas como de película delgada a modo de defecto. La estructura se analizó mediante el método de la matriz de transferencia, considerando la periodicidad, el espesor de las capas, el ángulo de incidencia y las propiedades electrónicas de los materiales. En ausencia de defectos, el sistema muestra una cavidad reflectora en la región visible entre 500 y 600 nm, centrada en torno a 550 nm y consistente con el criterio de cuarto de onda. La inclusión de grafeno rompe la simetría periódica y origina modos resonantes en el interior de la cavidad, observados como picos de transmisión en torno a 510 nm, 550–560 nm y 600 nm. Estos modos, dependientes de los parámetros de diseño, ponen de manifiesto el papel del grafeno en la sintonización espectral del cristal. La combinación de materiales ferroeléctricos, aislantes y defectos de grafeno permite ajustar de manera precisa la respuesta óptica del sistema, lo que respalda su uso potencial en filtros ópticos dinámicos y sensores espectrales en el rango visible, aplicables al monitoreo ambiental, la detección espectral selectiva y la fotónica integrada.

### Palabras Clave

Cristal fotónico; Matriz de transferencia; Grafeno; Filtros ópticos; Sensores espectrales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Valle por el apoyo para la realización de este trabajo de investigación, a través del proyecto de Convocatoria Interna CI 71405.

## MC077. Control estequiométrico de las propiedades ópticas no lineales en cables cuánticos helicoidales $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ : perspectivas sobre las dependencias composicionales, geométricas y del campo electromagnético

**Autores:** Santiago Fernando Machado Sánchez<sup>1</sup>, Ricardo León Restrepo Arango<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, Ingeniería Mecatrónica, Colombia. <sup>2</sup> Universidad EIA, EIA – Física Teórica y Aplicada, Colombia.

**Resumen:** Se investigaron las propiedades ópticas no lineales de las transiciones electrónicas intrasubbanda en cables cuánticos helicoidales de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$  bajo un campo eléctrico externo, con especial atención al papel de la estequiometría en la modulación de estas propiedades.

Mediante la variación sistemática del contenido de aluminio ( $x$ ) en la estructura de capas de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ , se analizó el impacto de los cambios composicionales en el comportamiento óptico. Este estudio también exploró la influencia de la geometría helicoidal del cable cuántico y la energía del fotón incidente en los coeficientes de las propiedades ópticas.

La región confinada del cable cuántico está diseñada como un sistema núcleo–capa, con un cable cuántico helicoidal de GaAs en el núcleo y un cilindro cuántico de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  como capa.

Utilizando la aproximación de masa efectiva y un formalismo complejo de valores propios mediante métodos de elementos finitos, se calcularon numéricamente los niveles de energía y las funciones de onda electrónicas dentro de esta nanoestructura de potencial finito. Las propiedades ópticas se determinaron mediante el método de matriz de densidad compacta combinado con un método iterativo.

Los resultados revelan una dependencia significativa de las propiedades ópticas con respecto a la estequiometría del material de la cubierta, así como a las dimensiones de la nanoestructura del hilo cuántico y a la intensidad del campo eléctrico aplicado.

Cabe destacar que estas respuestas se producen en el rango de terahercios del espectro electromagnético, lo que subraya la importancia de un control estequiométrico preciso para adaptar el rendimiento optoelectrónico de dichas nanoestructuras a aplicaciones avanzadas.

**Palabras Clave:** Punto cuántico helicoidal; Coeficientes de absorción óptica no lineal; Campos eléctricos y magnéticos.

**Autor de correspondencia:** [santiago.machado@eia.edu.co](mailto:santiago.machado@eia.edu.co)

## MC088. Aplicaciones de metasuperficies plasmónicas autocomplementarias

Juan D. Baena

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jdbaenad@unal.edu.co

### Resumen

Las metasuperficies auto-complementarias han mostrado un gran potencial en la manipulación de ondas electromagnéticas en las bandas de microondas y sub-THz, habilitando aplicaciones en filtrado, polarización, deflexión de la radiación, guiado de ondas superficiales y propagación de ondas de línea. La base de estas funcionalidades radica en el principio de Babinet, que asegura la invariancia de la impedancia y del comportamiento electromagnético frente a la transformación complementaria de la geometría. Sin embargo, la extensión de dichos dispositivos al rango infrarrojo constituye un reto significativo, debido a que la baja conductividad de los metales en estas frecuencias rompe la validez general de dicho principio.

Estudios recientes han demostrado, mediante análisis teórico y simulaciones numéricas, que la validez aproximada del principio de Babinet puede recuperarse utilizando metasuperficies híbridas de silicio y plata, siempre que el espesor metálico se mantenga cercano a 13 nm. Esta condición permite alcanzar un régimen de impedancia prácticamente constante e independiente de la frecuencia, similar al observado en microondas, lo que abre la posibilidad de trasladar al infrarrojo las funcionalidades ya exploradas en rangos de menor frecuencia.

El objetivo de este trabajo es demostrar experimental y numéricamente que las aplicaciones clásicas de metasuperficies auto-complementarias en microondas y sub-THz —incluyendo filtrado selectivo, polarización controlada, redirección de haces y guiado eficiente de modos superficiales y de línea— pueden ser efectivamente reproducidas en el rango infrarrojo. Se presentan resultados que evidencian la viabilidad de este enfoque, consolidando a las metasuperficies auto-complementarias ultradelgadas como una plataforma robusta para el diseño de dispositivos optoelectrónicos avanzados.

### Palabras Clave

Metasuperficie; Principio de Babinet; Infrarrojo; Optoelectrónica.

## MC090. Análisis de la Estructura Electrónica del Superconductor $YBa_2Cu_3O_7$ Usando la Teoría del Funcional Densidad

Laura Sofía Arce Medina<sup>1</sup>, Diego Alejandro Rasero<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

laurarcedina@gmail.com

### Resumen

La superconductividad es crucial para el avance tecnológico. En este estudio, analizamos las propiedades estructurales y electrónicas del superconductor  $YBa_2Cu_3O_7$  (YBCO) usando la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) implementada en el paquete Quantum Espresso. Nuestras simulaciones incluyeron la densidad de carga electrónica, la dispersión de energía electrónica, y la densidad total y parcial de estados. Observamos un solapamiento distintivo entre las bandas de valencia y de conducción, lo que confirma el comportamiento metálico del YBCO. Además, se evidenció la formación de planos de Y-Ba y Cu-O, siendo la hibridación de los orbitales d del Cobre y p del Oxígeno la responsable de la creación de este último plano. Estas características electrónicas y estructurales son fundamentales para comprender el comportamiento superconductor de este material.

### Palabras Clave

Superconductividad; DFT; Quantum Espresso.

### Keywords

Green synthesis; Gold nanoparticles; SERS detection; Plant stem extracts; Pyridoxine sensing.

## MC092. Efectos de la geometría, el tipo de borde y el campo magnético sobre las propiedades electrónicas de puntos cuánticos de grafeno

**Autores:** Daniel-Steven Saavedra Santos<sup>1</sup>, Carlos José Páez-González<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se estudia el efecto del confinamiento en puntos cuánticos de grafeno (GQDs) con distintos tipos de borde y geometrías, considerando el régimen de confinamiento fuerte, modelado mediante un pozo de potencial infinito que confina portadores relativistas de Dirac. Este enfoque permite describir con claridad la cuantización energética en el régimen de bajos niveles y analizar su dependencia con la geometría del confinamiento.

Posteriormente, se examina la influencia de un campo magnético perpendicular, que induce la formación de niveles de Landau y reorganiza radicalmente la disposición de los estados confinados, en competencia con el confinamiento electrostático impuesto por el pozo.

Asimismo, se explora la formación de moléculas artificiales mediante el acoplamiento lateral de dos GQDs, en donde el tunelamiento electrónico depende críticamente de la distancia interdot y de la simetría de los bordes. Los resultados muestran la aparición de estados enlazantes y antienlazantes cuya evolución puede clasificarse de forma esquemática a partir de consideraciones de simetría, en analogía con moléculas naturales.

Se encuentra además que la aplicación de un campo magnético de baja intensidad permite sintonizar el acoplamiento entre pozos, ofreciendo un mecanismo de control sobre los estados moleculares artificiales. Las observaciones obtenidas, que destacan el papel único de la naturaleza relativista de los portadores en el grafeno, son consistentes con la literatura experimental existente y subrayan el potencial de los GQDs acoplados como sistemas modelo para explorar física molecular artificial y como plataformas ajustables en futuros dispositivos cuánticos basados en grafeno.

**Palabras Clave:** Punto cuántico de grafeno; acoplamiento lateral cuántico.

**Autor de correspondencia:** [daniel73241@gmail.com](mailto:daniel73241@gmail.com)

## MC096. Energía de enlace de excitones confinados en un punto cuántico esférico de GaAs- $Ga_{1-x}Al_xAs$ , bajo presión hidrostática

Alejandro Herrera Segura<sup>1</sup>, Roberto Emilio Franco Peñaloza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

aherrerase@unal.edu.co

### Resumen

En este trabajo se presentan resultados del cálculo de la energía de enlace de excitones en puntos cuánticos esféricos de GaAs confinados por barreras de  $Al_xGa_{1-x}As$ . El excitón se modela como un sistema hidrogenoide bajo la aproximación de masa efectiva, considerando la interacción Coulombiana y el confinamiento de la heteroestructura. Se emplea la ecuación de Schrödinger para dos partículas, reducida a coordenadas de centro de masa y relativa mediante la masa reducida  $\mu$ . La energía de enlace se obtiene al comparar la energía total del estado fundamental con el umbral de ionización del par electrón–hueco.

La metodología combina técnicas variacionales, con funciones de prueba tipo hidrogenoide modificadas, y soluciones numéricas de la ecuación radial. Se analizan explícitamente los efectos de la presión hidrostática, la fracción de aluminio y la temperatura sobre parámetros clave del sistema (energía de banda prohibida, masas efectivas y constante dieléctrica), empleando dependencias experimentales actualizadas. Los resultados indican que la energía de enlace crece al reducir el radio del punto cuántico por debajo del radio de Bohr excitónico y se incrementa adicionalmente con mayor contenido de Al en la barrera. Bajo presión hidrostática, el aumento del gap y las variaciones de masa efectiva refuerzan la estabilidad excitónica. Estos hallazgos resaltan el papel combinado del confinamiento cuántico y de las condiciones externas en la ingeniería de propiedades ópticas de puntos cuánticos semiconductores.

### Palabras Clave

Excitación; Puntos cuánticos; Confinamiento cuántico.

## MC097. Caracterización de un caucho natural comercial proveniente de Victoria, Caldas

**Autores:** Cristian C. Vivas Pipicano<sup>1\*</sup>, Ana E. García Pérez<sup>1</sup>, Jhony A. Ávila Betancourt<sup>1</sup>, Fabio A. Mesa Rueda<sup>1</sup>, Alneira Cuéllar Burgos<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

**Resumen:** El caucho natural es un material ampliamente usado en la industria, con una producción mundial de 14–15 MT/año, principalmente destinada a neumáticos. En este trabajo se busca evaluar la calidad de látex adhesivo proveniente de Victoria, Caldas (empresa SOAN), analizando sus propiedades térmicas y mecánicas, y estableciendo metodologías para la formación de películas del biopolímero mediante diferentes técnicas de secado.

Se estableció una metodología para fabricar películas con dos tipos de secado a 60 °C: convectivo y al vacío. El secado convectivo fue más lento (21 h) y produjo un pardeamiento por oxidación; el secado al vacío fue más rápido y evitó el pardeamiento, pero generó una mayor cantidad de burbujas. Tras comparar las películas obtenidas, el método convectivo mostró mejor calidad y fue seleccionado para la caracterización.

La caracterización incluyó ensayos térmicos (TGA y DSC) y pruebas mecánicas de tracción según ASTM D882. Se obtuvo un inicio de degradación a 290 °C, una temperatura de transición vítrea (Tg) de -65 °C, una elongación máxima de 165 %, y un módulo de elasticidad de  $0,8082 \frac{N}{mm^2}$ . Frente a los valores reportados en la literatura, las variaciones fueron de 3,33 % en degradación, 3,31 % en Tg y 62,35 % en elongación. Las dos primeras no representan diferencias significativas, mientras que la elongación sí muestra discrepancias, atribuibles a la sensibilidad al grosor de la película y a la velocidad de ensayo.

Finalmente, se concluye que el secado convectivo fue adecuado para este procedimiento, aunque se sugiere considerar lavados adicionales y ajustes de temperatura para disminuir la oxidación de las películas.

**Palabras Clave:** Caucho natural; tagua; Propiedades térmicas y mecánicas.

**Autor de correspondencia:** [cvivasp@unal.edu.co](mailto:cvivasp@unal.edu.co)

## MC100. Efectos del álgebra con paridad deformada en las características topológicas y geométricas en el modelo de Jaynes-Cummings disipativo

Edgar A. Gómez<sup>1</sup>, Santiago Echeverri-Arteaga<sup>1</sup>, Juan P. Guevara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, 630004, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321, Bogotá, Colombia

eagomez@uniquindio.edu.co

### Resumen

En este trabajo investigamos la influencia del álgebra con paridad deformada sobre las características topológicas del modelo de Jaynes-Cummings disipativo. En particular, examinamos la robustez de las transiciones del número de enrollamiento del espín y analizamos la diferencia entre la acumulación de fase unitaria y no unitaria. Al combinar enfoques teóricos y computacionales, se identifica cómo la deformación, caracterizada por el parámetro de Wigner  $\lambda$ , modifica los invariantes topológicos. Adicionalmente, se encuentra que el parámetro de Wigner tiene gran impacto sobre la cantidad conocida como número de excitación del sistema y permite modelar de forma simplificada la dinámica de dicho sistema cuántico. Los resultados permiten establecer el papel que tiene la deformación en la preservación de la invariancia topológica en sistemas cuánticos abiertos.

### Palabras Clave

Álgebra deformada; Modelo de Jaynes-Cummings disipativo.

## MC104. Estudio de Fotoimpedancia con Cálculo Fraccional en Tintas Semiconductoras de Grafeno y Chalcona

**Autores:** Beynor Antonio Paez-Sierra<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

**Resumen:** Las tintas semiconductoras son de gran interés para la producción en masa y aplicaciones en electrónica plástica de gran superficie. Este trabajo tiene como objetivo analizar experimentalmente la formación de nano-interfaces entre grafeno y un derivado de chalcona mediante Espectroscopía de Impedancia Asistida por Láser.

La tinta nanoestructurada se formula mediante la mezcla de grafeno con un derivado de chalcona, diluidos en clorobenceno. Para los análisis, las muestras se estimulan utilizando un láser de 532 nm junto con una señal de voltaje alterno de 100 mV, en un rango de frecuencia de 10 Hz a 5 MHz. Las mediciones de fotoimpedancia se modelan utilizando cálculo fraccional, específicamente con la derivada fraccional de Caputo, con el fin de identificar posibles efectos de memoria en la tinta.

Los resultados experimentales muestran que tanto la viscosidad como la impedancia de la tinta nanoestructurada pueden ajustarse variando la concentración de grafeno con respecto al derivado de chalcona. Los diagramas de Nyquist y Bode evidencian la presencia de un elemento de fase constante dinámico, difícil de modelar con circuitos de impedancia estándar.

Dado que los modelos clásicos de impedancia presentan limitaciones a escala nanométrica, el uso del cálculo fraccional permite una mejor representación de los fenómenos observados, incluyendo efectos de memoria en la tinta semiconductoras nanoestructurada.

**Referencias:** [1] B.A. Paez-Sierra, \*Alexandria Engineering Journal\*, 2025, 130, pp. 47–56, 2025. [2] F. Mesa, B.A. Paez-Sierra, A. Romero, P. Botero, S. Ramírez-Clavijo, \*J. Phys. D\*, 2020, 54, pp. 075401 1–15.

**Palabras Clave:** Fotoimpedancia; semiconductores orgánicos; cálculo fraccional.

**Autor de correspondencia:** [beynor.paez@unimilitar.edu.co](mailto:beynor.paez@unimilitar.edu.co)

**Agradecimientos:** El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto IMP-CIAS3738.

## MC105. Optical properties of metallic nanoparticles embedded in a cellulose matrix

**Autores:** Fernando José Guerrero Almanza<sup>1,\*</sup>, Dayanna Maestre Salcedo<sup>1</sup>, Camilo Andrés Frías Viña<sup>1</sup>, José Sierra Ortega<sup>1</sup>, Gene Elizabeth Escorcía Salas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en Teoría de la Materia Condensada, Departamento de Física, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

**Resumen:** This study focuses on the theoretical analysis of silver (Ag), gold (Au), and titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) nanoparticles embedded in cellulose matrices — an eco-friendly and renewable biopolymer. Through numerical simulations using the Finite Element Method (FEM), we systematically characterize their optical properties (absorbance, transmittance, and reflectance) as functions of various geometric and material parameters.

The results enable evaluation of these nanostructures' potential as antifungal agents for crop protection, with computational data being validated against existing experimental evidence. These findings establish scientific foundations for developing sustainable agricultural applications, where such nanocomposites could optimize resource utilization and reduce dependence on conventional agrochemicals.

**Palabras Clave:** Metallic nanoparticles; Antifungal agents; Optical properties.

**Autor de correspondencia:** [fernandoguerreroja@unimagdalena.edu.co](mailto:fernandoguerreroja@unimagdalena.edu.co)

## MC106. Impacto de la asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados

Santiago Echeverri-Arteaga<sup>1</sup>, Edgar A. Gómez<sup>1</sup>, Herbert Vinck-Posada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, 630004, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321, Bogotá, Colombia  
secheverri@uniquindio.edu.co

### Resumen

Este trabajo investiga el impacto de la decoherencia inducida por mecanismos de desfase puro y de asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados. Se presta especial atención a la matriz de densidad en el régimen estacionario, realizando un análisis detallado de poblaciones, coherencias, transiciones ópticas y del espectro de emisión. Además, se estudia la influencia de ambos mecanismos de decoherencia por fonones en el entrelazamiento bipartito y en el grado de mezcla del sistema. En particular, nuestros resultados indican que el mecanismo de asistencia fonónica a la interacción afecta parcialmente las coherencias del sistema y sus propiedades cuánticas cuando existe un desequilibrio significativo entre las tasas fonónicas de absorción/emisión. Por el contrario, el mecanismo de desfase puro no altera las poblaciones, pero acopla fuertemente los puntos cuánticos con el reservorio, induciendo estados maximalmente mezclados y reduciendo de forma significativa la separación espectral en el espectro de emisión del sistema.

### Palabras Clave

Decoherencia; Desfase puro; Asistencia fonónica a la interacción; Entrelazamiento; Espectro de emisión.

## MC107. Control Magnético de un sistema molecular de puntos cuánticos inmersos en una cavidad óptica

Milton Linares<sup>1</sup>, Edgar Gómez<sup>2</sup>, Herbert Vinck<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Nacional, Bogotá D.C., Colombia

mllinares@uniquindio.edu.co

### Resumen

Se exploró a nivel teórico y computacional los efectos de un campo magnético externo sobre las propiedades en estado estacionario de un sistema molecular de puntos cuánticos autoensamblados que interactúan mediante intercambio de energía de resonancia y dispuestos en una cavidad óptica bimodal. Teniendo como parámetros de control tanto la intensidad como el ángulo de aplicación del campo magnético, se planteó un modelo teórico efectivo que permitió estudiar las relaciones de dispersión, las composiciones fraccionales y las ocupaciones de los estados del sistema. En particular, se observó la presencia de anticruces en las relaciones de dispersión como señal de la formación de estados moleculares excitónicos y su sintonización a través del campo magnético aplicado. Además, se demostró que un sistema molecular de este tipo tiene la capacidad de cambiar la polarización de los fotones emitidos. Con lo cual finalmente se destaca que mediante la sintonización de los parámetros de aplicación de campo magnético se puede controlar la dinámica de un sistema molecular de puntos cuánticos para producir fotones con polarización deseada.

### Palabras Clave

Control magnético; Puntos cuánticos; Cavidad óptica.

## MC112. Formation of Point Defects Due to Aging under Natural Conditions of Doped GaAs

**Autores:** Gerardo Fonthal<sup>1,2</sup>, Samuel Zambrano-Rojas<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Universidad del Quindío <sup>2</sup> Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío <sup>3</sup> Grupo de Investigación en Física del Estado Sólido, Universidad de La Guajira

**Resumen:** The analysis of PL at various temperatures and PR at 300 K in Ge and Sn-doped and undoped GaAs epitaxial films over three periods since 1995 allowed us to observe the aging dynamics of samples stored in a dark and dry environment. We found that aging created defects mainly in vacancy type, which resulted in deep trap energy levels and concentrations of  $5 \times 10^{17}$  atoms  $\text{cm}^{-3}$ .

The impurification through substitutional impurities decreases the deterioration of the sample as Ge and Sn replace Ga and As atoms, preventing the formation of deep traps as vacancies of these last two elements. We were able to estimate the defect trap energies and found that they corresponded to the energies assigned to the charge states (-2) and (-1) of the As vacancy for PR results in 2001 and 2021.

There is a dynamic of slow changes in semiconductor materials that age the material over time and affect its photo-response. We recommend both manufacturers and materials researchers store semiconductor samples in an oxygen-free environment to delay the aging process.

**Palabras Clave:** Aging; photoresponse; deep traps.

**Autor de correspondencia:** [gfonthal@uniquindio.edu.co](mailto:gfonthal@uniquindio.edu.co)



Capítulo 21

**MATERIA CONDENSADA (MC)**

*Ponencias Poster*

## MC001. Caracterización colorimétrica de imágenes de parásitos de malaria mediante preprocesamiento y técnicas de *clustering* basadas en inteligencia artificial

**Autores:** Juan Pablo Mahecha Acevedo<sup>1,2</sup>, Jesus A. Rodríguez-Henao<sup>3</sup>, Cindy L. Gómez-Heredia<sup>2</sup>, Nelson Libardo Forero Chacón<sup>1</sup>, Juan C. Salcedo-Reyes<sup>2</sup>, Marcela Franco-Correa<sup>2</sup>, Liliana J. Cortes-Cortes<sup>4</sup>, Angela P. Guerra-Vega<sup>4</sup>, Miguel Fuentes-Cabrera<sup>5</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. <sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>4</sup> Instituto Nacional de Salud, Colombia. <sup>5</sup> Khoury College of Computer Sciences, Northeastern University, United States of America.

**Resumen:** La malaria, causada por parásitos del género *Plasmodium*, sigue siendo un reto prioritario de salud pública en regiones tropicales y subtropicales. En Colombia, el Instituto Nacional de Salud reportó en 2024 un aumento significativo de casos, principalmente de *P. falciparum* y *P. vivax* [1]. El diagnóstico estándar de la OMS se basa en microscopía óptica de sangre, técnica dependiente de la experiencia del especialista y la calidad de la muestra para distinguir estructuras como cromatina y citoplasma [2].

En este estudio se realiza un análisis colorimétrico y del efecto de pretratamientos digitales en más de 1000 imágenes microscópicas de muestras de sangre extendida infectadas con *P. falciparum* y *P. vivax*, obtenidas de cultivos y casos clínicos. El objetivo es segmentar y clasificar las estructuras parasitarias, resaltando similitudes y diferencias colorimétricas entre ambos géneros.

Se etiquetan y segmentan glóbulos rojos infectados con TrainYolo; luego se aplican algoritmos de eliminación de ruido (mediana, bilateral y gaussiano), mejora de contraste (CLAHE y AGCWD) y, finalmente, *clustering* (K-means, Agglomerative Ward y Gaussian) para la segmentación y caracterización colorimétrica.

El análisis en CIELab evidencia que L y b discriminan mejor que a; el filtro de mediana y CLAHE destacan en la mejora de imágenes, mientras K-means logra la segmentación más precisa. Se evidencian diferencias colorimétricas entre *P. vivax* y *P. falciparum*, útiles para el diagnóstico diferencial de especie.

**Palabras Clave:** malaria; colorimetría; pretratamientos digitales; modelos de *clustering*.

**Autor de correspondencia:** [jpmahecaa@udistrital.edu.co](mailto:jpmahecaa@udistrital.edu.co)

## MC002. Síntesis, análisis cristalográfico, morfológico y magnético del material LaSr(Bi, Mn)FeO6

**Autores:** K.A. Rojas-Daza<sup>1</sup>, F.A. Paez-Reyes<sup>1</sup>, D.A. Landinez-Téllez<sup>1</sup>, L. Valladares<sup>2</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> University of Cambridge, Thin Film Magnetism Group.

**Resumen:** Se produjeron por síntesis de estado sólido dos muestras correspondientes a las perovskitas LaSrFeMnO6 y LaSrFeBiO6. El análisis de difracción de rayos X reveló que ambas muestras cristalizaron como perovskitas simples  $\text{La}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}(\text{Mn}/\text{Bi})_{0,5}\text{Fe}_{0,5}\text{O}_3$ .

La muestra con manganeso se formó como fase mayoritaria en sistema trigonal R-3c con impurezas de SrO (4 % en peso) y  $\text{Fe}_2\text{Sr}_3\text{O}_{6,73}$  (2,6 % en peso), mientras que la muestra con bismuto cristalizó en el sistema ortorrómbico Pbnm con fase minoritaria de  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (12,1 % en peso).

La microscopía SEM mostró granos submicrométricos irregulares (tamaño medio  $\sim 0,392 \mu\text{m}$ ,  $\sigma = 0,188$ ) en LaSrMnFeO6, frente a granos poliedrales más grandes y densos (media  $\sim 0,916 \mu\text{m}$ ) en LaSrBiFeO6.

Los estudios de reflectancia difusa y ajuste de Tauc determinaron band gaps ópticos de  $E_g = 0,784 \pm 0,007 \text{ eV}$  (Mn) y  $E_g = 0,758 \pm 0,007 \text{ eV}$  (Bi).

Finalmente, las medidas magnéticas indicaron en LaSrMnFeO6 un comportamiento de vidrio de espín con predominio antiferromagnético a 300 K y una débil componente ferromagnética a 5 K, mientras que LaSrBiFeO6 presentó un comportamiento esencialmente paramagnético con vestigios de ferromagnetismo débil alrededor de 140 K atribuibles a fases secundarias.

**Palabras Clave:** Antiferromagnetismo; Paramagnetismo; Perovskita.

**Autor de correspondencia:** [krojasd@unal.edu.co](mailto:krojasd@unal.edu.co)

## MC007. Supresión de las oscilaciones Aharonov–Bohm en nanoanillos semiconductores: el rol del tunelamiento cuántico

**Autores:** José Gamboa<sup>1</sup>, Claudia Rangel<sup>1</sup>, Willian Gutiérrez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** Desde hace más de tres décadas, las oscilaciones Aharonov–Bohm en anillos cuánticos semiconductores (QRs) han sido objeto de intenso estudio teórico y experimental, debido a su capacidad para modular de manera coherente las propiedades del sistema. Estas oscilaciones afectan directamente procesos como la absorción excitónica, la emisión óptica y la respuesta magneto–óptica, convirtiéndose en una herramienta clave para el diseño y control funcional de dispositivos cuánticos basados en nanoestructuras.

Un factor relevante que ha recibido poca atención es el efecto del tunelamiento de los portadores de carga en la atenuación, e incluso la posible desaparición, de las oscilaciones Aharonov–Bohm en QRs.

En esta investigación teórica se propone estudiar el efecto del tunelamiento cuántico sobre la modulación del efecto Aharonov–Bohm en nanoanillos semiconductores bidimensionales, considerando como portador de carga un único electrón. El sistema se modela dentro de la aproximación de masa efectiva y función envolvente, resolviendo la ecuación de Schrödinger mediante el método de elementos finitos.

Se evalúa la influencia del tunelamiento cuántico a través de las barreras del potencial estructural sobre la periodicidad y amplitud de las oscilaciones Aharonov–Bohm. Los resultados permiten caracterizar las condiciones bajo las cuales el tunelamiento cuántico modifica las propiedades espectrales del sistema, proporcionando información relevante para el diseño de dispositivos cuánticos interferométricos basados en nanoestructuras semiconductoras de forma anular.

**Palabras Clave:** Nanoanillos semiconductores; Oscilaciones de Aharonov–Bohm; Tunelamiento cuántico.

**Autor de correspondencia:** [jose2200016@correo.uis.edu.co](mailto:jose2200016@correo.uis.edu.co)

## MC008. Estudio de las propiedades magnéticas y estructurales del sistema $Fe_{50}Al_{50-x}B_x$ obtenido por aleamiento mecánico

**Autores:** Nelson Daniel Villanueva Melo, Carolina López Vargas, Humberto Bustos Rodríguez, Yebrail Antonio Rojas Martínez, Dagoberto Oyola Lozano

**Afiliaciones:** Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** En este estudio se analizó el efecto del boro en las propiedades magnéticas y estructurales de polvos con la composición  $Fe_{50}Al_{50-x}B_x$ , con valores de  $x$  igual a 0, 10, 25 y 35, los cuales fueron obtenidos mediante Aleamiento Mecánico en atmósfera de argón durante períodos de molienda de 6, 24 y 48 horas.

Para la preparación de las muestras, se utilizó un molino planetario Fritsch Pulverisette 7 de alta energía, con jarras de acero inoxidable y esferas de diámetro de 10 mm del mismo material, con una relación peso esferas-peso polvo de 20:1.

La caracterización magnética y estructural se realizó por espectroscopia Mössbauer (MS), magnetometría de muestra vibrante (VSM) y difracción de rayos X (XRD), respectivamente.

Los resultados de los espectros Mössbauer indican que para las muestras con 6 horas de molienda tienden a un comportamiento ferromagnético para todo  $x$ , mientras las muestras para  $x = 0$  y con tiempos de molienda mayores a 24 horas tienden a un comportamiento paramagnético. Sin embargo, cuando aumenta la concentración de boro, el efecto es restaurar el carácter ferromagnético.

Los resultados de XRD y VSM revelan que todas las muestras presentan una estructura BCC y un comportamiento magnéticamente blando.

**Palabras Clave:** Espectroscopia Mössbauer; Difracción de rayos X; Aleamiento mecánico.

**Autor de correspondencia:** [ndvillanuevame@ut.edu.co](mailto:ndvillanuevame@ut.edu.co)

## MC009. Estudio de las propiedades estructurales y magnéticas del sistema $Fe_3Sn_{1-x}Sm_x$

**Autores:** Sergio David Monroy Barragan<sup>1</sup>, Fhanor Leonardo Herrera Rivera<sup>1</sup>, Humberto Bustos Rodríguez<sup>1</sup>, Yebrail Antonio Rojas Martínez<sup>1</sup>, Dagoberto Oyola Lozano<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Tolima, Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades magnéticas y estructurales del sistema  $Fe_3Sn$  dopado con Samario, con la estequiometría  $Fe_3Sn_{1-x}Sm_x$ , donde  $x$  toma los valores de 0, 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8.

Las muestras se prepararon mediante una reacción de estado sólido, comenzando con un primer tratamiento térmico (1-RES) a 2°C/min hasta alcanzar 800°C. Posteriormente, se realizó un segundo tratamiento térmico (2-RES) a la misma temperatura, pero con una tasa de calentamiento de 10°C/min, ambos durante 48 horas.

Las muestras fueron caracterizadas mediante difracción de rayos X (XRD), espectrometría Mössbauer (MS) y magnetometría de muestra vibrante (VSM).

El análisis XRD indica que todas las muestras contienen la fase  $Fe_3Sn$  con estructura hexagonal y parámetros de red  $a = 5,412 \text{ \AA}$  y  $c = 4,337 \text{ \AA} \pm 0.001 \text{ \AA}$ , además de fases con óxidos como  $FeO_3Sm$ ,  $SnO$  y  $Sm_2O_3$ .

El análisis MS confirmó estas fases y estableció que la fase  $Fe_3Sn$  presente corresponde a un campo hiperfino de  $25 \pm 0,1 \text{ T}$ .

El análisis VSM reveló que el dopaje con Sm convierte al sistema en un material magnéticamente blando: al aumentar la concentración de Sm, el campo coercitivo disminuye, mientras que la magnetización de saturación aumenta.

**Palabras Clave:** Espectroscopia Mössbauer; Difracción de rayos X; Reacción de estado sólido.

**Autor de correspondencia:** [sdmonroyb@ut.edu.co](mailto:sdmonroyb@ut.edu.co)

## MC010. Estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema $Fe_{100-x}Ni_x$ obtenido por aleamiento mecánico

**Autores:** Laura Valentina Perdomo Polo, John Wilmer Neuta Alape, Humberto Bustos Rodríguez, Yebrail Antonio Rojas Martínez, Dagoberto Oyola Lozano

**Afiliaciones:** Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se presenta el estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema  $Fe_{100-x}Ni_x$  ( $x = 20, 40, 60, 80$ ), obtenido por aleamiento mecánico con tiempos de molienda de 24, 48 y 72 horas.

Se realizó la estequiometría de polvos respectiva y se alearon usando un molino planetario Frisch Pulverisette 7 con una relación de 20:1 (masa de bolas : masa de polvo). Las muestras se prepararon con polvos de hierro (Fe) y níquel (Ni) de alta pureza (99.99 %).

Las muestras fueron caracterizadas por difracción de rayos X (XRD) y espectroscopía Mössbauer (MS).

Los resultados de XRD del sistema  $Fe_{100-x}Ni_x$  revelan la existencia de la fase tetrataenita, con parámetros de red de 2.558 Å. Al aumentar la concentración de Ni por encima del 40% y los tiempos de molienda (24–72 h), el tamaño de los cristalitas incrementa de 10 a 19 nm.

Para  $x = 20$  la fase FeNi no se consolida; esta consolidación se logra a partir de  $x = 40$  y tiempos de molienda de 48–72 h, donde se observa un comportamiento ferromagnético con un campo hiperfino promedio de 30.2 T.

**Palabras Clave:** Espectroscopía Mössbauer; Difracción de rayos X; Aleamiento mecánico.

**Autor de correspondencia:** [lvperdomo@ut.edu.co](mailto:lvperdomo@ut.edu.co)

## MC012. Mejoramiento de la inyección de huecos al interior de dispositivos OLED

**Autores:** David Varon, Jorge Palmar, Andrés Bernal, Angel Miguel Ardila

**Afiliaciones:** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** Una capa fundamental en la estructura de los dispositivos OLED es el ánodo, usualmente compuesto por un óxido conductor transparente. Sin embargo, la función trabajo de materiales como el ITO (óxido de indio y estaño) es baja en comparación con el HOMO de los materiales orgánicos ( $\sim -5,5$  eV), lo que genera un escalón de potencial que reduce la eficiencia del dispositivo al dificultar la inyección de portadores.

Para mejorar la eficiencia, uno de los métodos más conocidos es aumentar la función trabajo del ánodo sin comprometer sus propiedades ópticas ni eléctricas.

El ITO es ampliamente utilizado por su alta transmitancia y baja resistencia de hoja, aunque su función trabajo está entre  $-4.7$  eV y  $-4.8$  eV.

Por medio de tratamientos químicos, se logró modificar su superficie para aumentar su función trabajo: la cloración con ácido clorhídrico (HCl) permitió elevarla hasta  $\sim -5,0$  eV, mientras que con 1,2-diclorobenceno alcanzó valores de  $\sim -5,1$  eV.

Estas modificaciones reducen la barrera de inyección de carga, mejorando el desempeño del OLED.

La caracterización de la función trabajo se realizó mediante voltamperometría cíclica y sonda Kelvin. El efecto del tratamiento se observó en las curvas corriente-voltaje y luminancia-voltaje de OLEDs fabricados con y sin tratamiento del conductor transparente.

**Palabras Clave:** OLEDs; Inyección de portadores; Función trabajo; Voltamperometría; ITO; Óxidos conductores transparentes.

**Autor de correspondencia:** [dvaronr@unal.edu.co](mailto:dvaronr@unal.edu.co), [amardilav@unal.edu.co](mailto:amardilav@unal.edu.co)

## MC013. Aislantes Topológicos desde la Teoría y la Simulación: Un Estado del Arte con Materiales $(\text{Sb,Bi})_2(\text{Se,Te})_3$

**Autores:** Oscar J. Cogua A.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Correos:** [ojcoguaa@udistrital.edu.co](mailto:ojcoguaa@udistrital.edu.co), [jhdiazf@udistrital.edu.co](mailto:jhdiazf@udistrital.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se realiza un estudio computacional de primeros principios sobre las propiedades estructurales y electrónicas de la familia de materiales  $(\text{Sb,Bi})_2(\text{Se,Te})_3$ , reconocida por albergar fases topológicas no triviales. Mediante simulaciones comparativas con **Quantum ESPRESSO**, **WIEN2k** y **ABINIT**, se exploran características clave en sus bandas electrónicas, tales como la inversión de bandas inducida por acoplamiento espín-órbita y la apertura de *gaps* protegidos por simetrías.

A partir de estos resultados se identifican firmas características de aislantes topológicos tridimensionales, lo cual sirve de punto de partida para presentar un estado del arte sobre esta clase emergente de materiales. Se discuten los fundamentos teóricos de las fases topológicas electrónicas, su clasificación mediante invariantes topológicos (número de Chern, índice  $\mathbb{Z}_2$ ) y su conexión con fenómenos como el efecto Hall cuántico del espín, el efecto topológico en superconductores y la emergencia de modos de borde robustos.

Además, se revisan plataformas propuestas para la realización de fermiones de Majorana y aplicaciones potenciales en computación cuántica, destacando el papel de materiales candidatos como  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  y aleaciones binarias y ternarias. Este trabajo busca integrar teoría, simulación y revisión crítica, proponiendo una ruta accesible para la caracterización y análisis computacional de nuevos materiales topológicos.

**Palabras Clave:** Aislantes topológicos; DFT; Estructura de bandas; Computación cuántica; Simulación *ab initio*.

## MC014. Conductividad Hall Cuántica como Invariante TKNN y Espectro Fractal de la Mariposa de Hofstadter

**Autores:** Sebastian Guerrero Gaviria **Afiliaciones:** Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

**Resumen: Objetivo:** Explorar cómo la conductividad Hall, para el caso de electrones no interactuantes en una red bidimensional en presencia de un campo magnético, se comporta como un invariante topológico (TKNN), y cómo al analizar este sistema se puede obtener la estructura fractal de Hofstadter, confirmada experimentalmente en febrero de 2025.

**Metodología:** Se analiza el comportamiento de electrones en una red cuadrada bidimensional bajo aproximación tight-binding y acoplamiento mínimo a un potencial vectorial que genera un flujo racional por celda unitaria.

A partir de la definición de la zona magnética de Brillouin, se analiza el espectro del Hamiltoniano del sistema usando la ecuación de Schrödinger en el espacio de los momentos para obtener la “mariposa de Hofstadter”. Además, se derivan las condiciones de traslación magnética y se halla el primer número de Chern, integrando en la zona magnética de Brillouin para obtener la cuantización de la conductividad Hall.

### Resultados:

- La conductividad Hall cuantizada coincide con un número entero topológico de cada banda.
- Se identifican cambios de signo en la conductividad Hall que distinguen bandas electrón-hueco, en correspondencia con la literatura científica.
- Se muestra gráficamente la “mariposa de Hofstadter”, resaltando gaps grandes con conductancias robustas y gaps pequeños con conductancias exóticas.

**Conclusión:** Este estudio muestra que la cuantización de la conductividad Hall tiene origen topológico, expresado en los números de Chern. La “mariposa de Hofstadter”, ahora confirmada experimentalmente, se muestra como un mapa fractal que vincula la estructura espectral y el transporte cuántico, fortaleciendo el puente entre teoría y física experimental.

**Palabras Clave:** Efecto Hall cuántico; Conductividad de Hall; Número de Chern; Invariante TKNN; Mariposa de Hofstadter.

**Autor de correspondencia:** [sebastianguerrero@unicauca.edu.co](mailto:sebastianguerrero@unicauca.edu.co)

## MC018. Interacciones moleculares en membranas de PMMA/ $H_3PO_2$ con cisco de café y su efecto en la conductividad iónica

**Autores:** Nori Magali Jurado M.<sup>1</sup>, Miguel Iban Delgado R.<sup>1</sup>, Cristhian Suarez<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>1</sup>, Jairo Armando Cardona B.<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. **Resumen:** Se sintetizaron membranas poliméricas mediante el método de solución y evaporación del solvente, utilizando polimetilmetacrilato (PMMA), ácido hipofosforoso ( $H_3PO_2$ ) y diferentes concentraciones de cisco de café (CC), con el objetivo de desarrollar electrolitos sólidos poliméricos para aplicaciones en celdas de combustible.

La caracterización molecular se realizó mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), observándose desplazamientos y variaciones en la intensidad de bandas características, lo que evidencia la formación de complejos y la existencia de interacciones entre los componentes. Estas interacciones favorecen el transporte iónico a través del material.

La caracterización eléctrica realizada por espectroscopía de impedancia mostró valores de conductividad del orden de  $1 \times 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

Los resultados indican que la incorporación de cisco de café influye en la estructura del sistema y en la movilidad iónica.

En conclusión, las interacciones moleculares identificadas mediante FTIR están correlacionadas con el incremento en la conductividad, indicando que estas membranas podrían ser usadas como posibles electrolitos sólidos en dispositivos electroquímicos.

**Palabras Clave:** Electrolitos sólidos; FTIR; Conductividad iónica.

**Autor de correspondencia:** [nmjuradom@ut.edu.co](mailto:nmjuradom@ut.edu.co)

## MC019. Análisis estructural de membranas poliméricas sintetizadas a partir de almidón de arroz, LiTFSI y chitosan

**Autores:** Miguel Iban Delgado R.<sup>1</sup>, Nori Magali Jurado M.<sup>1</sup>, Cristian Fernando Molano<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>1</sup>, Jairo Armando Cardona B.<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y Superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Mediante la adición de diferentes concentraciones de chitosan (CS), se modificaron electrolitos sólidos poliméricos basados en almidón de arroz (AA) y bis trifluoro metanosulfonil imida de litio (LiTFSI) sintetizados por el método de solución, con el fin de incrementar la conductividad iónica y mejorar la estabilidad de las membranas en condiciones ambientales.

Los análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) evidencian variaciones tanto en la intensidad como en los números de onda de algunas de las líneas espectrales características de los precursores, lo que indica interacciones moleculares entre los componentes. Estas interacciones podrían explicar el notable incremento en la conductividad iónica, la cual alcanza valores de hasta  $3,54 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  para bajas concentraciones de CS.

**Palabras Clave:** electrolitos poliméricos; chitosan; LiTFSI; espectroscopía infrarroja.

**Autor de correspondencia:** [mirosero@ut.edu.co](mailto:mirosero@ut.edu.co)

## MC023. Librería de Alto Rendimiento para Cálculos de Estructura Electrónica: Aplicación en Nuevas Antiperovskitas Laminares Termoeléctricas

**Autores:** Luis Fernando Briceño Calderón<sup>1</sup>, W. Ibarra-Hernández<sup>2,3</sup>, A. C. Garcia-Castro<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 09, 680002, Bucaramanga, Colombia. <sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 72570, Puebla, México. <sup>3</sup> Universidad Aeronáutica de Querétaro, Carretera Estatal 200, 76278, Querétaro, México.

**Correos:** [luis.briceno@correo.uis.edu.co](mailto:luis.briceno@correo.uis.edu.co), [acgarcia@uis.edu.co](mailto:acgarcia@uis.edu.co)

**Resumen:** El cálculo de primeros principios utilizado en el modelado de materiales ofrece potentes herramientas computacionales que están cambiando el paradigma en el descubrimiento de nuevos materiales, permitiendo el estudio de miles de cristales sin tocar un laboratorio. Sin embargo, con frecuencia carecen de metodologías que permitan la ejecución en masa de los cálculos requeridos.

Con esta motivación en mente, presentamos el desarrollo de una librería en lenguaje Python con un enfoque de *high-throughput computing* (HTC), en la ejecución masiva y paralelizada de cálculos de primeros principios para el análisis de la estructura electrónica en materia condensada, en el marco de la teoría funcional de la densidad (DFT, por sus siglas en inglés) acoplado al código VASP.

Hasta el momento, a través de esta librería, podemos obtener cálculos de la relajación estructural, autoconsistencia, densidad de estados y bandas electrónicas, de forma simplificada y automatizada.

Como ejemplo, validamos la pertinencia de esta librería en el descubrimiento de nuevos compuestos en la familia de antiperovskitas laminares Ruddlesden–Popper  $A_4M_2O$  ( $A = \text{Mg, Ca, Sr, Ba}$ ;  $B = \text{Si, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi}$ ), con potenciales aplicaciones en termoelectricidad y energías renovables.

**Agradecimientos:** A. C. Garcia-Castro agradece el apoyo del proyecto No. 4211 titulado “Búsqueda y estudio de nuevos compuestos antiperovskitas laminares con respuesta termoeléctrica mejorada para su uso en nuevas energías limpias”, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones y Extensión, VIE–UIS.

**Palabras Clave:** Teoría Funcional de la Densidad; Antiperovskitas; Energías Renovables; Cálculos de Alto Desempeño.

## MC030. Desorden estructural y su impacto en los estados electrónicos de clústeres hexagonales de puntos cuánticos

**Autores:** Claudia Rangel, José Gamboa, Willian Gutiérrez

**Afiliaciones:** Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** Durante el proceso de crecimiento, los clústeres de puntos cuánticos (QDCs) pueden presentar no uniformidad en relación con el tamaño de los puntos individuales, atribuible a fluctuaciones en las condiciones de deposición o de los mecanismos de autoorganización. Con el objetivo de analizar el impacto de este tipo de desorden estructural en las propiedades electrónicas de QDCs, se ha llevado a cabo un estudio teórico que considera un electrón de conducción en un clúster cíclico formado por seis puntos cuánticos (QDs) de forma circular.

El desorden estructural se ha modelado introduciendo variaciones en el tamaño de los QDs constituyentes. La ecuación de onda electrónica se plantea en el marco de la aproximación de masa efectiva y se resuelve mediante el método de elementos finitos.

Se estudió la influencia del grado de inhomogeneidad sobre las energías y las distribuciones de probabilidad de los estados más bajos, en presencia de un campo magnético perpendicular y un campo eléctrico en el plano. Adicionalmente, se determinaron los efectos que pueda tener la variación de parámetros estructurales sobre el momento dipolar inducido por el campo eléctrico y la magnetización.

Nuestros resultados evidencian que la no uniformidad en el tamaño de los QDs que conforman clústeres dispuestos en cadenas cerradas puede inducir una fuerte localización de los estados electrónicos, lo que a su vez vuelve altamente sensibles sus propiedades espectrales.

Además, con este estudio se muestra el potencial del efecto Stark no lineal y del efecto Zeeman en QDCs para determinar la presencia de desorden estructural.

**Palabras Clave:** Clústeres de puntos cuánticos; Desorden estructural; Propiedades electrónicas; Puntos cuánticos acoplados; Efecto Stark no lineal.

**Autor de correspondencia:** [claudia2220665@correo.uis.edu.co](mailto:claudia2220665@correo.uis.edu.co)

## MC032. Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición

**Autores:** Daniela Sainea<sup>1,2</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo experimental se enfoca en la síntesis y caracterización de nanomateriales basados en calcogenuros de metales de transición para aplicaciones termoeléctricas.

Estos compuestos, formados por elementos del Grupo 16 y metales de transición (Grupos 3-12), son semiconductores ideales para la conversión de calor en electricidad.

El objetivo principal es optimizar sus propiedades termoeléctricas, mejorando la figura de mérito (ZT), un indicador crucial de eficiencia energética.

Primero, los nanomateriales se sintetizaron mediante un enfoque bottom-up utilizando síntesis coloidal, una técnica que ofrece control preciso sobre la morfología, tamaño y composición a escala nanométrica.

Segundo, se realizó una caracterización detallada empleando técnicas como difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía EDX y espectroscopía UV-Vis para evaluar su estructura, composición y propiedades ópticas.

Los resultados demuestran la capacidad de estos nanomateriales para la separación de portadores de carga y la generación eficiente de voltaje a partir de gradientes térmicos, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia en la conversión de energía térmica en eléctrica.

Validando el potencial de los calcogenuros de metales de transición nanoestructurados como materiales termoeléctricos optimizados para el desarrollo de tecnologías sostenibles en el campo de las energías renovables.

**Palabras Clave:** Calcogenuros; materiales termoeléctricos; Energías renovables; metales de transición.

**Autor de correspondencia:** [dycadavidr@unal.edu.co](mailto:dycadavidr@unal.edu.co)

## MC035. Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ Quantum Well

**Autores:** C.E. Betancur<sup>1</sup>, A. Anaya<sup>1</sup>, J.D. Bermúdez<sup>1</sup>, M.R. Fulla<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia.

**Resumen:** Semiconductor quantum wells (QWs) are low-dimensional heterostructures in which carriers are confined in one spatial dimension within a potential well of nanometric thickness, leading to discrete energy subbands and distinct optical responses. The reduced dimensionality significantly alters the density of states and Coulomb interactions, making QWs model systems for investigating fundamental quantum phenomena and for developing advanced optoelectronic devices Bastard1988,Chuang2009.

In this work, the optical properties of a tunable artificial impurity embedded in a  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  QW are studied using the effective mass approximation and the compact density matrix formalism.

The quantum confinement introduced by the impurity is modeled using a Pöschl–Teller-like potential, where the confinement strength, oscillator length, and position can be tuned.

The results show that the absorption spectra strongly depend on the impurity's properties, highlighting the value of this modeling approach in guiding the design of novel optoelectronic devices.

Additionally, the model predicts that in the weak-confinement regime, the well-known conduction-band electron characteristics of the host material are recovered.

**Palabras Clave:** Optical properties; Tunable impurity; Quantum well.

**Referencias:** [1] Bastard, G. (1988). *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*. Les Éditions de Physique. [2] Chuang, S. L. (2009). *Physics of optoelectronic devices* (2nd ed.). Wiley.

**Autor de correspondencia:** [cabetancurm@unal.edu.co](mailto:cabetancurm@unal.edu.co)

## MC037. Estudio Riguroso de los Estados Electrónicos y la Absorción Óptica en Puntos-Anillo Cuánticos Acoplados de GaAs/AlGaAs

**Autores:** R.V.H. Hahn<sup>1</sup>, Anna Sofia Giraldo Neira<sup>2</sup>, J.A. Vinasco<sup>3</sup>, J.A. Gil-Corrales<sup>4</sup>, C.A. Duque<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España. <sup>2</sup> Grupo de Materia Condensada-UdeA, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Colombia. <sup>4</sup> Institución Universitaria ITM, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Esta investigación explora los estados cuánticos de baja energía en un sistema punto-anillo cuántico acoplado (CQDR), compuesto por GaAs dentro de una matriz cilíndrica de AlGaAs. Adoptamos un marco de potencial de confinamiento finito y un enfoque axisimétrico. La determinación de los niveles energéticos electrónicos se realizó empleando el método de elementos finitos y la aproximación de masa efectiva, con un enfoque en cómo estos varían bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos externos.

Particularmente, nuestro estudio profundiza en la transparencia inducida electromagnéticamente en una configuración de escalera, así como en el coeficiente de absorción óptica lineal, ambos derivados de los resultados energéticos obtenidos. Los descubrimientos de este análisis subrayan la relevancia de la elección del campo externo para la optimización de las características fotónicas de tales sistemas.

**Palabras Clave:** Punto-anillo cuántico acoplado; Estados electrónicos; Efectos de campo eléctrico; Efectos de campo magnético; Coeficiente de absorción óptica; Transparencia inducida electromagnéticamente.

**Autor de correspondencia:** [anna.giraldo@udea.edu.co](mailto:anna.giraldo@udea.edu.co)

## MC038. Synthesis and structural, morphological, and optical characterization of sillenites of the type $Bi_{12}MO_{20}$

**Autores:** Miguel Angel Castro Gonzalez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Física de Nuevos Materiales, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Millions of liters of contaminated water are discharged daily into the environment. Since only a small fraction of the planet's water is suitable for human consumption, and an even smaller percentage is accessible, it is necessary to find methods for removing the pollutants it contains. In this context, photocatalysts represent a promising alternative for water purification, as they are capable of breaking down contaminants into substances that are easier to eliminate. These materials are characterized by their ability to trigger chemical reactions simply upon exposure to light. Within this family of materials, sillenites have demonstrated the capacity to efficiently degrade various pollutants, and have advantages over other photocatalysts, such as their small band gap.

In this study, the sillenites  $Bi_{12}VO_{20}$  and  $Bi_{12}CoO_{20}$  were synthesized and characterized optically and morphologically, along with bismuth oxide (III) in some of its crystalline phases. The materials were synthesized using the ceramic method and analyzed by X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and UV-Vis spectroscopy. Due to the grain size of the sillenites and their optical band gap being centered in the visible spectrum, both show potential for use as photocatalysts. Additionally, their synthesis method makes them easy to produce on an industrial scale.

**Palabras Clave:** Sillenite; Photocatalyst; Bismite.

**Autor de correspondencia:** [micastrog@unal.edu.co](mailto:micastrog@unal.edu.co)

## MC040. Optical response of electron states in parabolically graded $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ Quantum Wells

**Autores:** A. Otálvaro<sup>1</sup>, Y. A. Castañeda<sup>1</sup>, E. S. Posada<sup>1</sup>, M. R. Fulla<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia.

**Resumen:** Semiconductor graded quantum wells (GQWs) are a class of low-dimensional heterostructures in which the compositional profile or potential energy varies gradually along the growth direction, in contrast to the abrupt interfaces characteristic of conventional square quantum wells. This gradual variation in bandgap energy enables enhanced control over carrier confinement and wavefunction distribution, mitigating interface scattering and enabling tailored energy states (Chuang, 2009). Such structural engineering is typically achieved using techniques like molecular beam epitaxy (MBE) or metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), allowing precise manipulation at the atomic scale. As a result, GQWs represent a versatile platform for designing next-generation optoelectronic devices (Ihn, 2010).

In this work, the optical properties of  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  parabolically graded quantum wells are studied using the effective mass approximation and the compact density matrix formalism.

The results show that the electron states and the associated absorption spectrum are strongly influenced by the grading potential. Furthermore, in the weak grading regime, our formulation reproduces the electronic features characteristic of conventional square quantum wells.

**Palabras Clave:** Optical properties; Electron states; Graded quantum well.

**Referencias:** [1] Ihn, T. (2010). \*Semiconductor nanostructures: Quantum states and electronic transport\*. Oxford University Press. [2] Chuang, S. L. (2009). \*Physics of optoelectronic devices\* (2nd ed.). Wiley.

**Autor de correspondencia:** [aotalvaroa@unal.edu.co](mailto:aotalvaroa@unal.edu.co)

## MC044. Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos

**Autores:** Yoder Suaza<sup>1</sup>, Santiago Jimenez<sup>1</sup>, Mario Ayala<sup>2</sup>, José Doria<sup>3</sup>, Jairo Marín<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencias Electrónicas e Informáticas (GICEI), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Investigación e Innovación en Energía (GIEN), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>4</sup> Grupo de Cerámicos y Vítreos, Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Los grandes avances realizados en los últimos años en la fabricación de sistemas semiconductores de baja dimensionalidad, ha permitido obtener anillos cuánticos con cráter central rectangular. Basados en imágenes de microscopía electrónica de este tipo de sistemas de baja dimensionalidad, en este trabajo se calculan las propiedades electro-ópticas de una impureza donadora localizada en un anillo cuántico plano de cráter central rectangular bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos.

La ecuación de Schrödinger bi-dimensional se resuelve numéricamente en la aproximación de masa efectiva.

Los resultados muestran la aparición de oscilaciones anómalas en el efecto Stark que son inducidas por posiciones específicas de la donadora. En lo que respecta a la respuesta óptica se observa un comportamiento oscilatorio en los picos del coeficiente de absorción óptico en anillos con cráter cuadrado y esquinas redondeadas bajo la influencia de campo magnético, pero el efecto no se observa en anillos con cráter rectangular.

Este comportamiento podría ser explotado para la fabricación de interruptores cuánticos accionados por campos externos. Finalmente, el modelo propuesto en este trabajo es suficientemente flexible de modo que varios resultados publicados en la literatura aparecen como simples casos particulares.

**Palabras Clave:** Anillo cuántico; Oscilaciones anómalas; Coeficiente de absorción óptica.

**Autor de correspondencia:** [yoder.suaza@pascualbravo.edu.co](mailto:yoder.suaza@pascualbravo.edu.co)

## MC049. Análisis de $\varepsilon''(\omega)$ y $M''(\omega)$ en la Relajación Dieléctrica según KWWDN

**Autores:** Natalia Meneses<sup>1</sup>, Melissa Buendía<sup>2</sup>, Victor Hugo Zapata<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Óxidos Avanzados, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Óxidos Avanzados, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Óxidos Avanzados, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Se realizó una discusión sobre el modelamiento de la expresión planteada por Williams, Watts, Dev y North (KWWDN) en 1971, la cual se refiere al comportamiento de la permitividad compleja en el espacio de las frecuencias ( $\omega$ ) y la cual estaría correlacionada con el estudio de la relajación dieléctrica y la conductividad eléctrica de un ion o especie móvil de una muestra hacia la región del bloque en altas frecuencias ( $\omega \geq \omega_{dc}$ ) [1].

El modelamiento incluye una función de relajación de la forma  $\varphi(t) = \exp[-(t/\tau_p)^\beta]$  donde  $\tau_p = \tau_0$  cuando  $\beta = 1$  (función tipo Kohlrausch); acá  $\tau_p$  es un tiempo de relajación característico y  $\beta$  es un parámetro tal que  $0 < \beta \leq 1$ . El cálculo de la permitividad  $\varepsilon^*(\omega)$  plantea una función de la forma  $f(t) = -d\varphi(t)/dt$ .

De acuerdo con la identidad de Parseval se obtuvo un rango de valores de  $\beta$  ( $1/2 < \beta \leq 1$ ), donde se calculó la transformada de Fourier de  $f(t)$ , llamada  $f(\omega)$ . Una aproximación permitió establecer que la parte imaginaria  $f''(\omega)$  se puede expresar como una ecuación extrema  $y(x) = A \exp(1 - Z - \exp(-Z))$  bajo el argumento de que  $(\omega\tau_p)^\beta \approx 1$ , donde  $A$  es una constante y  $Z = (x - x_c)/W$  con  $x_c$  el valor pico de la función y  $W$  un factor de peso.

Finalmente, se compararon las curvas generadas de la serie KWWDN, realizada con 2000 datos en la sumatoria sobre la parte imaginaria  $f''(\omega) = \varepsilon''(\omega)/(\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)$ , obteniendo un error menor al 1% en la comparación de los valores encontrados para  $A$ ,  $W$  y  $x_c$ , que en este caso representan:

$$A = \sin(\beta\pi/4)/\sqrt{2} = \beta/2, \quad W = \frac{1}{\beta \ln 10}, \quad x_c = \log(\omega_p\tau_0),$$

siendo  $x = \log(\omega\tau_0)$  según el modelo propuesto.

Aunque el rango de valores  $\beta$  es limitado, se pudo realizar el ajuste con la ecuación extrema en todo el rango  $0 < \beta \leq 1$  para los valores  $A$  y  $W$ .

**Palabras Clave:** relajación dieléctrica; conductividad eléctrica; transformada de Fourier; función extrema; tiempo de relajación.

**Autor de correspondencia:** [nmeneseg@unal.edu.co](mailto:nmeneseg@unal.edu.co)

## MC054. Análisis de muestras de óxido de zinc dopado con manganeso usando la técnica EPR

**Autores:** Jhonatan Pérez<sup>1</sup>, Ovidio Almanza<sup>2</sup>, Eduar Carvajal<sup>1</sup>, Manuel Acosta Humánez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Física Teórica y Aplicada (GIFTA), Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se analizaron muestras de óxido de zinc (ZnO) dopadas con el metal de transición manganeso ( $Mn^{2+}$ ) a través de la espectroscopía de Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR).

Estas muestras se prepararon usando el método sol-gel, en la que se mezclaron de forma estequiométrica los nitratos de manganeso y zinc, así como el ácido cítrico, siendo el nivel de dopado de 1 a 5 % atómico en Mn.

A través de la herramienta Easyspin del programa MATLAB y las mediciones realizadas, fue posible encontrar los parámetros del hamiltoniano de espín asociado a los iones  $Mn^{2+}$  introducidos en la matriz del ZnO.

En el estudio del hamiltoniano de espín, se tuvieron en cuenta las interacciones Zeeman electrónica (por efecto del campo magnético aplicado), la interacción espín-espín (debido al efecto de los electrones próximos) y la interacción hiperfina (producto del espín nuclear de los átomos cercanos).

La simulación de este hamiltoniano fue realizada para todas las muestras sintetizadas de ZnO dopadas con  $Mn^{2+}$ . Se encontraron los parámetros del hamiltoniano de espín que modelan completamente las mediciones experimentales.

**Palabras Clave:** EPR; Hamiltoniano de espín; MATLAB; manganeso; óxido de zinc.

**Autor de correspondencia:** [manuel.acosta@unisucrvirtual.edu.co](mailto:manuel.acosta@unisucrvirtual.edu.co)

## MC056. Caracterización estructural del óxido de zinc dopado con cromo sintetizadas mediante el método sol-gel

**Autores:** Andrés Mercado<sup>1</sup>, Ovidio Almanza<sup>2</sup>, Eduar Carvajal<sup>1</sup>, Manuel Acosta Humánez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Física Teórica y Aplicada (GIFTA), Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física Aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Se sintetizaron muestras de óxido de zinc dopadas con cromo, teniendo la relación molar de dopado entre 1–5 % atómico. Se usó como fuente de Zn el nitrato de zinc y el nitrato de cromo como fuente de Cr. El agente complejante fue el ácido cítrico. Todas las muestras se prepararon mediante el método sol–gel, a una temperatura de calcinación de 600 °C.

Se caracterizaron las muestras por difracción de rayos X (DRX). Se encontró que éstas presentaron estructura tipo wurtzita, evidenciando pequeños desplazamientos en los picos de difracción al compararse con la muestra de ZnO, lo que evidencia la inserción del cromo en la estructura tipo wurtzita del óxido de zinc.

Se encontró que el tamaño promedio del cristal varió con la introducción del cromo en las muestras sintetizadas. Se calcularon los parámetros de red utilizando la metodología Rietveld mediante el programa Fullprof; los parámetros de red estuvieron en buen acuerdo con respecto a la literatura.

**Palabras Clave:** difracción de rayos X; dopado con Cr; Fullprof; metodología Rietveld; síntesis sol–gel.

**Autor de correspondencia:** [manuel.acosta@unisucrvirtual.edu.co](mailto:manuel.acosta@unisucrvirtual.edu.co)

## MC057. Análisis de parámetros cinéticos de la curva de brillo termoluminiscente de Alúmina (método de Kitis)

**Autores:** Laura Paternina<sup>1</sup>, Eduar Carvajal<sup>1</sup>, Manuel Acosta<sup>1</sup>, Rafael Cogollo<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Física Teórica y Aplicada (GIFTA), Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física Materiales Semiconductores, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

**Resumen:** El presente trabajo muestra los resultados y análisis de los parámetros cinéticos de la curva de brillo termoluminiscente (TL) de la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) irradiada con diferentes dosis entre los 100 cGy y 1000 cGy, para la obtención de dichos parámetros fue usado el Método de Kitis. Con lo anterior se pudo analizar la influencia de la dosis de radiación en la respuesta termoluminiscente del material.

La muestra empleada fue alúmina bohemita de alta pureza (99,995 %) proporcionada por W.R. Grace & Co-Conn para la elaboración de pastillas de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Los resultados muestran que existe más de una trampa de energía gracias a los distintos puntos de máxima intensidad de emisión luminiscente en la curva de brillo TL, estas revelaron tres picos experimentales obtenidos y ajustados mediante el programa *Wolfram Mathematica*, los cuales oscilaban entre los 400 K y los 634.5 K.

El análisis cinético de la curva de brillo completa muestra que el comportamiento de los parámetros cinéticos como energía ( $E$ ), factor de frecuencia ( $S$ ) y el parámetro de orden ( $b$ ) no dependen de la dosis suministrada.

**Palabras Clave:** Termoluminiscencia (TL); Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); parámetros cinéticos; irradiación; curva de brillo.

**Autor de correspondencia:** [eccarvajalt@unal.edu.co](mailto:eccarvajalt@unal.edu.co)

## MC068. Estudio de las Propiedades Estructurales y Electrónicas de Clústeres de Cobre Dopados con Rutenio $Cu_{N-1}Ru$ (N = 3-6)

Kenia Sofia Guevara Blanquicett<sup>1</sup>, Ángeles Del Carmen Doria Henández<sup>1</sup>, Luis Arturo Alcalá Varilla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semillero Modelaciones Computacionales de Sólidos, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Física, Montería-Colombia

lalcala@correo.unicordoba.edu.co

### Resumen

Un estudio de primeros principios, basado en la teoría del funcional de la densidad (DFT), fue realizado para investigar los efectos que se generan sobre las propiedades estructurales y electrónicas de pequeños clústeres de cobre ( $Cu_N$ ) cuando son dopados con rutenio (Ru). Se realizaron modelaciones computacionales usando la Aproximación de Gradiente Generalizado (GGA), la corrección de Hubbard (U), la dispersión de van der Waals (vdW) junto con pseudopotenciales atómicos ultrasuaves y una base de ondas planas. Los sistemas de estudio  $Cu_{N-1}Ru$  (N = 3–6), se construyeron a partir de las estructuras más estables de clústeres de cobre puro ( $Cu_N$ ) reportados en la literatura; para realizar el dopaje se consideraron diferentes posiciones atómicas, teniendo en cuenta su simetría y tamaño de cada clúster. Un total de 22 estructuras fueron optimizadas. Los resultados mostraron que el dopaje con rutenio genera un aumento en las longitudes de enlace de los clústeres, un aumento en la magnetización de los sistemas y también se incrementa la energía de enlace de los mismos. Por lo tanto, el dopaje con átomos de rutenio conduce a que los clústeres sean más estables.

### Palabras Clave

clústeres; cobre; rutenio; DFT.

## MC086. Simulación de estructura de bandas del grafeno prístino afectado por perturbación

Juan Arana<sup>1</sup>, Gerardo Fonthal<sup>2</sup>, Jhon Prías<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Programa de Física, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Quindío, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad del Quindío, Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica, Armenia, Colombia

juane.aranav@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener una modificación del diagrama de bandas del grafeno prístino en presencia de una perturbación del tipo *strain*. Para ello, se implementó una simulación numérica en Python utilizando el modelo de *tight-binding*, en el cual se consideraron las distancias interatómicas características de los átomos de carbono en el grafeno. La perturbación se introdujo en el operador hamiltoniano como elementos de *strain* que modifican el plano del grafeno en su eje perpendicular.

Los resultados muestran que el grafeno pasa de ser un material con fermiones sin masa en el punto K, lo que le confiere una alta conductividad, a un material con fermiones con masa, que lo convierte en un semiconductor.

En conclusión, la simulación confirma que la aplicación de *strain* puede ser un mecanismo eficaz para modificar las propiedades electrónicas del grafeno, manteniendo al mismo tiempo su versatilidad estructural y propiedades únicas.

### Palabras Clave

Grafeno; Estructura de bandas; Tight-binding; Simulación.

## MC093. Simulación de la Conductividad Electrónica en Grafeno con Patrón de Kekulé

L. Díaz-Granados<sup>1</sup>, J.J. Prías-Barragán<sup>2,3</sup>, G. Fonthal<sup>1,3</sup>

Programa de Física, Universidad del Quindío<sup>1,3</sup>, Doctorado en Ciencias Física, Programa de Tecnología en Instrumentación Electronica <sup>2</sup>, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío<sup>2,3</sup>

luigi.diazg@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El grafeno con patrón de Kekulé representa una plataforma prometedora para la nanoelectrónica moderna, permitiendo el diseño de propiedades electrónicas mediante la modulación de la estructura cristalina. En este trabajo, realizamos un análisis computacional de las propiedades de transporte en grafeno Kekulé-Y, basando en los resultados experimentales de Y. Wang et al. (Nature Nanotechnology 19, 235, 2024), quienes reportaron conductividades de  $8.5 \times 10$  S/m a 4K y  $4.8 \times 10$  S/m a 300K.

La simulación estudiada aquí, mediante una adaptación del modelo de Drude para materiales 2D, reproduce estos valores experimentales con 92 % de concordancia, identificando parámetros óptimos ( $m^* = 0,05m_e$  y tiempo característico de 1.8 ps), los cuales maximizan la conductividad electrónica. Este trabajo proporciona un marco teórico en el diseño racional de dispositivos nanoelectrónicos basados en grafeno modulado, conectando parámetros fundamentales con propiedades de transporte medibles.

### Palabras Clave

Grafeno; Kekulé; Cálculos computacionales; Conductividad electrónica.

## MC094. Control del gap en grafeno mediante campo eléctrico externo: una aproximación empleando el método de Kekulé

Jonathan Fraga<sup>1</sup>, Gerardo Fonthal<sup>1,3</sup>, Jhon Prías<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias y Doctorado en Ciencias Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

jonathand.fragan@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El grafeno, material bidimensional compuesto por átomos de carbono en red hexagonal, ha sido ampliamente estudiado debido a sus propiedades electrónicas excepcionales, entre ellas la alta movilidad de portadores y su estructura de bandas con conos de Dirac. Sin embargo, la ausencia de un gap de energía limita su aplicabilidad en dispositivos semiconductores.

Se introduce un modelo de Hamiltoniano propuesto por J. Prías y colaboradores, quienes han investigado mecanismos para abrir y controlar este gap, mediante modificaciones estructurales y perturbaciones externas. En este trabajo se presenta una aproximación basada en el método de Kekulé, considerando la influencia de un campo eléctrico externo sobre la estructura de bandas del grafeno.

A diferencia de otros enfoques, se mantiene constante la masa efectiva introducida en el modelo, lo cual permitió aislar y analizar de manera precisa el efecto directo del campo en la energía del gap. Se calcularon las relaciones de dispersión resultantes, mostrando cómo el campo externo modula la apertura del gap y la curvatura de las bandas cercanas al punto de Dirac.

Los resultados indican que la variación del campo eléctrico no altera la masa efectiva, pero sí modifica la energía del gap, generando transiciones desde conos de Dirac lineales hasta dispersiones cuasi-parabólicas. Estos hallazgos aportan a la comprensión de la sintonización controlada del gap en grafeno, ofreciendo una herramienta teórica útil para el diseño de dispositivos electrónicos basados en materiales bidimensionales.

### Palabras Clave

Grafeno; Gap de energía; Método de Kekulé; Campo eléctrico externo.

## MC095. Análisis Teórico de Oscilaciones Cuánticas dHvA en los Teluros cuasi-1D $TaTe_4$ y $NbTe_4$

José Raúl Martínez Afanador<sup>1</sup>, A. C. Garcia-Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 09, 680002, Bucaramanga, Colombia

jose2200797@correo.uis.edu.co, acgarcia@uis.edu.co

### Resumen

Las oscilaciones cuánticas del tipo Haas–van Alphen (dHvA) constituyen una herramienta de alta resolución para la caracterización electrónica de metales y semimetales, pues permiten acceder a la geometría de la superficie de Fermi (FS). En este trabajo presentamos un estudio teórico-computacional del efecto Haas–van Alphen (dHvA) en los compuestos cuasi-unidimensionales  $TaTe_4$  y  $NbTe_4$ , los cuales exhiben propiedades topológicas que los convierten en sistemas de particular interés. Para este fin se combinaron cálculos de primeros principios, implementado en el código VASP y el algoritmo Supercell K-space Extremal Area Finder (SKEAF). Se calcularon superficies de Fermi con y sin acoplamiento espín–órbita (SOC) y se obtuvo la dependencia angular de las frecuencias dHvA.

A partir de estos cálculos se identifican los pockets de la superficie de Fermi, es decir, las regiones cerradas que confinan estados electrónicos. Nuestros cálculos constituyen la primera predicción de los resultados esperados para  $NbTe_4$  y, al mismo tiempo, representan el análisis teórico más detallado de las oscilaciones cuánticas realizado hasta la fecha para ambos compuestos. En conjunto, los resultados obtenidos no solo amplían la comprensión de las propiedades electrónicas de los teluros cuasi-1D, sino que también entregan datos de caracterización que servirán como punto de referencia común e indispensable en futuras investigaciones sobre estos compuestos topológicos.

### Agradecimientos

A. C. Garcia-Castro agradece el apoyo del proyecto No. 4211 titulado “Búsqueda y estudio de nuevos compuestos antiperovskitas laminares con respuesta termoeléctrica mejorada para su uso en nuevas energías limpias” financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones y Extensión, VIE–UIS.

### Palabras Clave

Teoría Funcional de la Densidad; Materiales Topológicos; Oscilaciones cuánticas; Superficies de Fermi.

## MC099. Computational modeling of the optical properties of metallic nanoparticles for potential agricultural applications

Dayanna Maestre Salcedo\*, Camilo Andrés Frías Viña\*, Fernando José Guerrero Almanza, José Sierra Ortega, Gene Elizabeth Escorcía Salas

Grupo de investigación en Teoría de la Materia Condensada, Departamento de Física, Universidad del Magdalena, Santa Marta-Colombia

ddmaestre@unimagdalena.edu.co

### Abstract

Due to their significant optical properties and the various methods available for their synthesis, metallic nanoparticles are currently a major focus of both theoretical and experimental research by scientists worldwide. In this research, we conduct a theoretical characterization of Ag and Au nanoparticles through computational simulation. Specifically, we analyze the optical properties (absorbance, transmittance, and reflectance) of single and paired nanoparticles using the finite element method. Simulations are performed by varying the geometry (spherical and cylindrical), sizes, and materials of the nanoparticles to characterize their optical behavior. The results are compared with those reported in the literature, and finally, the potential of the nanoparticles for agricultural applications is evaluated.

### Keywords

Metallic nanoparticles; Optical properties; Agricultural applications.

## MC101. Interacción fonón–emisor y control de la superradiancia en sistemas fotónicos

**Autores:** Juan Diego Arias Iguita<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

**Resumen:** La superradiancia, predicha por Dicke en 1954, es un fenómeno colectivo donde emisores cuánticos acoplados sincronizan su emisión, alcanzando tasas radiativas muy superiores a las individuales. En entornos realistas, interacciones adicionales como el acoplamiento a fonones pueden modificar significativamente la coherencia colectiva, alterando la dinámica temporal de la emisión.

Este estudio presenta un marco teórico, basado en la ecuación maestra de Lindblad, para describir sistemas de emisores individuales acoplados a modos fotónicos con inclusión explícita de la interacción fonón–emisor. El modelo considera términos que representan la decoherencia inducida por fonones y posibles mecanismos de asistencia fonónica, permitiendo analizar su influencia en distintos regímenes de acoplamiento.

La dinámica se caracteriza mediante observables como la población excitada promedio, las tasas efectivas de decaimiento y las correlaciones cuánticas de fase entre emisores, cuyos valores permiten evaluar la influencia fonónica sobre el comportamiento colectivo. En consecuencia, la formulación desarrollada ofrece una descripción completa de la dinámica colectiva en presencia de fonones y establece las bases para identificar las condiciones físicas que favorecen o inhiben la coherencia en la emisión superradiante.

**Palabras Clave:** ecuación de Lindblad; fonones; superradiancia.

**Autor de correspondencia:** [juand.ariasi@uqvirtual.edu.co](mailto:juand.ariasi@uqvirtual.edu.co)

### MC103. Estudio espectroscópico y electroquímico de derivados de chalcona y aminochalcona para aplicaciones en memorias orgánicas

**Autores:** Beynor Antonio Paez-Sierra<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

**Resumen:** Las chalconas son compuestos orgánicos pertenecientes a la familia de los flavonoides, caracterizados por una estructura que presenta un sistema de dobles enlaces conjugados entre dos anillos aromáticos y un grupo cetona.

En este trabajo se presenta el estudio de las propiedades espectroscópicas y electroquímicas de la chalcona, 3-aminochalcona y 4-aminochalcona en dispositivos flexibles con electrodos interdigitados de ITO. Para el análisis, se realizaron mediciones mediante espectroscopía ultravioleta-visible (UV-Vis), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

Basados en principios de mecánica estadística cuántica, la deconvolución de los espectros UV-Vis se realizó empleando perfiles gaussianos, mientras que las deconvoluciones de los espectros FT-IR se hicieron mediante funciones lorentzianas. Los datos obtenidos en EIS fueron analizados con diagramas de Nyquist y ajustados usando un circuito equivalente conformado por tres tramos en serie, cada uno compuesto por el paralelo de una resistencia y un elemento de fase constante.

Los resultados revelaron que, aunque la 3-aminochalcona y la 4-aminochalcona poseen el mismo peso molecular, la posición del grupo amino influye significativamente en las transiciones electrónicas. Asimismo, se determinó que la permitividad en función de la frecuencia para cada molécula se modela de forma más adecuada mediante los modelos de Maxwell y Bruggeman, en contraste con los modelos tipo Maxwell-Garnett. El efecto de conmutación de las memorias orgánicas se obtiene al modificar el voltaje de polarización.

**Palabras Clave:** Chalconas; deconvolución; memorias orgánicas.

**Autor de correspondencia:** [beynor.paez@unimilitar.edu.co](mailto:beynor.paez@unimilitar.edu.co)

**Agradecimientos:** El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto INV-CIAS3952.

## MC108. Extensión bidimensional del modelo de Kitaev en redes diatómicas: emergencia de múltiples modos de Majorana

**Autores:** Juan José Paz Hormiga<sup>1</sup>, William Javier Herrera<sup>2</sup>, Edgar Arturo Gómez<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Quindío, Armenia–Quindío, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia / Grupo de Superconductividad y Nanotecnología, Bogotá D.C., Colombia. <sup>3</sup> Universidad del Quindío / Grupo de Física Teórica y Computación, Armenia–Quindío, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo estudia la extensión bidimensional del modelo de Kitaev sobre una red diatómica, con el objetivo de explorar la emergencia de múltiples especies de fermiones de Majorana. El modelo incorpora términos de *hopping* intracelda e intercelda diferenciados, de manera análoga al modelo SSH, y se analiza en el marco de Bogoliubov–de Gennes.

La introducción de más de un átomo por celda unitaria amplía los grados de libertad del sistema y favorece la aparición de fases topológicas enriquecidas respecto al modelo unidimensional convencional, donde solo se predice un modo de Majorana por extremo.

Como resultados preliminares, los espectros de energía obtenidos muestran que la variación relativa entre los parámetros de *hopping* intracelda e intercelda conduce al cierre y reapertura del *gap*, una firma clara de transiciones topológicas controlables.

Asimismo, el análisis bajo condiciones de frontera abiertas revela la presencia de múltiples estados de borde a energía cero, en contraste con el caso unidimensional. Estos hallazgos sustentan la hipótesis de que la estructura diatómica fomenta la aparición de más de un modo de Majorana por borde, y justifican la pertinencia de este enfoque como base para el diseño de arquitecturas de computación cuántica topológica más robustas.

**Palabras Clave:** Bogoliubov–de Gennes; Fermiones de Majorana; Hopping; Modelo de Kitaev; Modelo SSH.

**Autor de correspondencia:** [juanj.pazh@uqvirtual.edu.co](mailto:juanj.pazh@uqvirtual.edu.co)

## MC109. Bloqueo de fotones bajo canales de disipación en un sistema de dos cavidades y un punto cuántico

Jhon Garcia Barrera<sup>1</sup>, Edgar A. Gómez González<sup>1</sup>, Santiago Echeverri Arteaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

jhons.garciab@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El bloqueo de fotones es un mecanismo cuántico que permite generar luz antibunched mediante la supresión de estados multifotónicos. Tradicionalmente se estudia en modelos ideales, donde se alcanzan valores extremos de correlación, pero bajo supuestos difíciles de implementar experimentalmente. En este trabajo se analiza un sistema compuesto por dos cavidades acopladas y un punto cuántico embebido, incorporando canales de disipación que reflejan imperfecciones inevitables: pérdidas desbalanceadas entre cavidades, desintonía entre el emisor y la cavidad, y un desfase puro asociado a fonones. Mediante simulaciones numéricas con QuTiP se replica la fenomenología del bloqueo de fotones y se evalúa su robustez. Los resultados muestran que, aunque el antibunching se degrada, el mecanismo persiste, manteniendo la sub-Poissonianidad y evidenciando un escenario más cercano a la factibilidad experimental.

### Palabras Clave

Bloqueo de fotones; Antibunching; Puntos cuánticos.

# Índice de Autores

Meza, Fabio, [29](#)

Castañeda, Roman, [21](#)

Cuellar, Alneria, [29](#)

Fuentes-Cabrera, Miguel, [17](#)

García Álvarez, Julio Cesar, [30](#)

Garzon R., David, [20](#)

Giraldo Gallo, Jairo, [23](#)

Julio-Dávila,Santiago , [32](#)

López-Echeverri, Andrés , [34](#)

Marisca M., Marcelo, [18](#)

Martínez Orozco, J. C., [16](#)

Martínez, Roberto, [25](#)

Melendrez C., Manuel, [19](#)

Prías, Jhon, [24](#)

Restrepo Arango, Ricardo León, [26](#)

Riasco, Alejandro P., [22](#)

Sánchez Juárez, Aarón, [27](#)

Sánchez Juárez,Aarón, [15](#)

Zapata, Diana Carolina , [33](#)