

PROGRAMA DE CURSO

NANOMATERIALES FUNCIONALES PARA RECOLECTORES DE ENERGÍA MECÁNICA Y SENSORES

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Mecánica (DIMEC)				
Nombre del curso	Nanomateriales funcionales para recolectores de energía mecánica y sensores	Código	ME7002	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Functional Nanomaterials for Mechanical Energy Harvesters and Sensors</i>				
Horas semanales	Docencia	2	Auxiliares	0	Trabajo personal
					8
Carácter del curso	Obligatorio		Electivo de especialidad		X
Requisitos	ME4110: Procesos de manufactura, ME4250: Mecatrónica				

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes sean capaces de comprender la importancia de los materiales funcionales y la aplicación de nanomateriales a diversas tecnologías, centrándose en el desarrollo de Internet de las cosas (IoT) para la ingeniería sustentable. Los y las estudiantes podrán aprender las técnicas de caracterización para analizar el comportamiento estructural, eléctrico y mecánico dinámico de materiales funcionales para recolección de energía mecánica y sensores.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.

CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizadas para ello.

CE4: Diseñar componentes, equipos y sistemas mecánicos para la industria y la generación de energía.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación

fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Analiza y clasifica nanomateriales funcionales, relacionando nanociencia y nanotecnología y considerando aspectos dimensionales en la selección de procesos de fabricación para el desarrollo de ingeniería sostenible
CE2, CE4	RA2: Investiga sobre materiales como óxido - metálicos, polímeros y nanocompuestos de polímeros, entre otros, analizando el rendimiento de nanocompuestos o nanomateriales funcionales para selección y diseño de recolectores de energía mecánica, sensores electromecánicos en flexibles electrónicos y dispositivos de internet de las cosas.
CE1	RA3: Selecciona técnicas de caracterización para nanomateriales funcionales, a fin de analizar el comportamiento y correlaciones estructurales de los materiales con las propiedades eléctricas, las propiedades mecánicas dinámicas para recolección de energía mecánica y sensores.
CE1, CE2, CE4	RA4: Resuelve problemas para la generación de energía, relacionando con materiales funcionales e identificando áreas de aplicación en recolectores de energía mecánica y sensores electromecánicos de a fin de comprender la importancia de estos en el desarrollo de la ingeniería sostenible.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Produce un reporte sobre los resultados de una investigación de materiales, analizando el rendimiento de nanocompuestos o nanomateriales, revisando su texto en cuanto a criterios de coherencia, cohesión y de usos de normas gramaticales y ortográficas.
CG2	RA6: Lee en inglés artículos científicos sobre nanomateriales para recolección de energía mecánica y sensores, con el fin de extraer y sintetizar información que integra a su investigación sobre estos materiales y sus propiedades.
CG5	RA7: Describe los mecanismos principales de varios recolectores de energía mecánica y sensores electromecánicos para la generación eléctrica sostenible, considerando el uso de nanomateriales funcionales en el desarrollo de sensores autoalimentados para la realización de la tecnología de Internet de las Cosas.
CG6	RA8: Distingue y define problemáticas, que requieren soluciones creativas, sobre la generación eléctrica para ensayos de caracterización mecánica, eléctrica en el desarrollo de recolectores de energía mecánica y sensores, usando nanomateriales funcionales.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA4	Relación de la nanociencia con la nanotecnología	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Nanociencia y la nanotecnología. 1.2. Importancia y desafíos de la nanociencia y la nanotecnología. 1.3. Aspectos de escala/dimensionales de la nanotecnología.		El/la estudiante: 1. Relaciona la nanociencia con el desarrollo de la nanotecnología, explicando la importancia y desafíos de ambos. 2. Analiza los desarrollos en nanotecnología, considerando la ingeniería sustentable para energía de recolectores y sensores.	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap. 1	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1	Materiales nanoestructurados y fabricación	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Concepto de nanomateriales funcionales. 2.2. Materiales nanoestructurados: -Dimensión cero (0D). -Unidimensional (1D). -Bidimensional (2D). -Tridimensional (3D). 2.3. Enfoques de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. 2.4. Nanocompuestos electroactivos flexibles y fabricación.		El/la estudiante: 1. Clasifica y describe los nanomateriales en función de su dimensionalidad, considerando la importancia de la reducción de la dimensionalidad. 2. Describe los procesos para fabricar nanocompuestos, reconociendo los materiales electroactivos.	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap.3,4,5 (3) Cap.2 (7), (8)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA8	Caracterización y propiedades de materiales funcionales	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Técnicas de caracterización para medición de tamaño de nanomateriales. 3.2. Propiedades de nanomateriales y nanocompuestos: -estructurales (Centrosimétrico, no centrosimétrico, semicristalino y amorfo). -análisis mecánico dinámico (módulo de almacenamiento, módulo de pérdida y Tan delta), propiedades mecánicas de los materiales nanocristalinos. -mediciones eléctricas dependientes de la frecuencia y la temperatura (permitividad dieléctrica, pérdida dieléctrica, módulo eléctrico, piezoeléctrico, ferroeléctrico y conductividad, etc.).		El/la estudiante: 1. Analiza las estructuras cristalinas de los materiales, considerando ejemplos de óxido-metálicos y polímeros, entre otros. 2. Analiza las propiedades únicas de los nanomateriales en ejemplos que se le presentan. 3. Describe las técnicas de caracterización sobre las propiedades de los nanomateriales funcionales. 4. Correlaciona las relaciones estructurales con las propiedades mecánicas y eléctricas. 5. Selecciona la técnica para el análisis mecánico dinámico, ferroeléctricos y dieléctricos para aplicaciones de recolección de energía mecánica y sensores.	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap.8 (2) Cap. 2, 3 y 9 (3) Cap.12,14	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Materiales funcionales para recolectores de energía/nanogeneradores	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Recolectores de Energía Mecánica o Nanogeneradores. 4.2. Materiales funcionales para nanogeneradores, piezoeléctricos. 4.3. Recolectores de energía basados en nanogeneradores triboeléctricos.		El/la estudiante: 1. Analiza el concepto de recolectores de energía mecánica, explicando su mecanismo de funcionamiento. 2. Investiga sobre varios materiales, analizando el rendimiento de los materiales utilizados para los recolectores de energía mecánica.	

4.4. Recolectores de energía híbridos.	<p>3. Describe los mecanismos principales de recolectores de energía (piezoeléctricos. Triboeléctricos, etc.) que apuntan a la sustentabilidad en su ámbito disciplinar.</p> <p>4. Distingue varios materiales y define problemáticas relativas a la generación eléctrica que requieren soluciones creativas usando nanomateriales y nanocompuestos para proponer depósitos de recolección de energía mecánica.</p> <p>5. Produce un reporte sobre los resultados de una investigación de materiales sobre la recolección de energía, analizando el rendimiento de nanocompuestos o nanomateriales, revisando su texto en cuanto a criterios de coherencia, cohesión y de usos de normas gramaticales y ortográficas.</p>
Bibliografía de la unidad	(4) (5) (6)

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Materiales funcionales para sensores electromecánicos	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Nanomateriales/nanocompuestos funcionales para sensores: -sensores capacitivos de presión, -sensores de piezoeléctrico, -sensores de Piezo-resistive.</p> <p>5.2. Electrónica flexible y tecnología wearable (Flexible electronics & wearable technology), Sensores de presión autoalimentados.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza el concepto de electromecánica de sensores, explicando su mecanismo de funcionamiento. 2. Investiga sobre varios materiales, analizando el rendimiento de los materiales para electromecánica de sensores. 3. Aplica conceptos de los nanomateriales a ejemplos de óxidos metálicos, polímeros, etc, en diversas tecnologías de sensores, centrándose en el desarrollo de dispositivos de Internet de las cosas (IoT) para una ingeniería sustentable. 4. Describe los mecanismos principales de sensores electromecánicos que apuntan a la sustentabilidad, centrándose en el desarrollo de dispositivos de Internet de las cosas (IoT) para una ingeniería sustentable. 5. Distingue varios materiales y define problemáticas relativas sensores alimentados que requieren 	

	<p>soluciones creativas usando nanomateriales y nanocompuestos para proponer depósitos de internet de las cosas.</p> <p>6. Produce un reporte sobre los resultados de una investigación de materiales sobre sensores de electromecánica, revisando su texto en cuanto a criterios de coherencia, cohesión y de usos de normas gramaticales y ortográficas.</p>
Bibliografía de la unidad	(5), (6), (7), (9)

E. Estrategias de enseñanza-aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Revisión de publicaciones científicas (investigación).
- Resolución de problemas.

F. Estrategias de evaluación:

La evaluación del curso se hará de acuerdo al siguiente criterio:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Control 1, 2	Evalúa RA1, RA2, RA3.
• Tareas	Evalúa RA4, RA5.
• Trabajo de investigación a partir de revisión bibliográfica sobre nanomateriales.	Evalúa RA2, RA5, RA6, RA7, RA8.
• Examen.	RA1, RA2, RA3.

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

1. Guozhong Cao (2004), Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications, Imperial College Press.
2. POOLE, C.P., OWENS F.J. (2008), The Physics and Chemistry of Nanosolids, New Jersey, USA: Wiley. ISBN: 978-0-470-06740-6.
3. KOCH, C.C. (2007), Nanostructured Materials: Processing, Properties and Applications, 2nd Ed., New York, USA: William Andrew.
4. Huicong Liu et al. Hybrid energy harvesting technology: From materials, structural design, system integration to applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews 137 (2021) 110473.
5. Recent Progress of Wearable Piezoelectric Nanogenerators, ACS Appl. Electron. Mater. 2021, 3, 2449–2467.
6. Triboelectric Nanogenerator: Structure, Mechanism, and Applications, ACS Nano 2021, 15, 258–287.
7. Tiesheng Wang et al., Electroactive polymers for sensing, Interface Focus 6: (2016), 20160026
8. Y. Bar-Cohen, (2010), Chapter 8: Electroactive polymers as actuators, Woodhead Publishing Limited.
9. L. H. and R. L. Fenlan Xu, Xiuyan Li, Yue Shi, Luhai Li, Wei Wang, “Recent developments for flexible pressure sensors: A review,” Micromachines, vol. 9, no. 11, pp. 1–17, 2018, doi: 10.3390/mi9110580.

Bibliografía complementaria:

- LEDWANI, L., SANGWAI, J.S. (2020), Nanotechnology for Energy and Environmental Engineering, Basel, Switzerland: Springer.
- FANG, J., LIN, T. (2020), Energy Harvesting Properties of Electrospun Nanofibers, Bristol, UK: IOP Publishing Ltd.
- A. Nathan et al., “Flexible electronics: The next ubiquitous platform,” Proc. IEEE, vol. 100, no. SPL CONTENT, pp. 1486–1517, 2012, doi: 10.1109/JPROC.2012.2190168.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Radha Manohar Rao V.N. Aepuru
Validado por:	Validación académico par: Álvaro Valencia Validación CTD de Mecánica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular