



# PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2024

Cartera de proyectos

## CRÉDITOS

Compilación: Dirección de Investigación, Vicerrectoría de Investigación y Extensión.

Edición: Oficina de Comunicación y Mercadeo.

## TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Derechos reservados ©

# Tabla de contenido

PROYECTO 01. AGRIVOLTAIC: Combinación de la tecnología fotovoltaica en entornos agrícolas para mejorar la competitividad de la región Huetar Norte. ....	6
PROYECTO 02. Atta-Bot STEM: Impulsando la educación pública mediante una plataforma robótica desarrollada por el TEC .....	9
PROYECTO 03. Aula Inteligente impulsada por Inteligencia Artificial y consciente de las emociones .....	13
PROYECTO 04. Calidad de la Madera de Dos Especies de Alto Valor Comercial en Costa Rica .....	15
PROYECTO 05. Caracterización de la deuda morosa en Costa Rica: Perfil de los deudores críticos del sector no regulado.....	18
PROYECTO 06. Caracterización del sentido espacial de docentes de Matemática del cantón central de Cartago (GEOSEN) .....	21

PROYECTO 07. CompGen-Inc: Identificación del papel de los lncRNAs en procesos de compensación de dosis génica mediados por miRNAs .....	24
PROYECTO 08. Contribución de los visitantes florales como polinizadores a lo largo de un gradiente de perturbación .....	26
PROYECTO 09. Desarrollo de Sistemas IoT Inteligentes para Monitorización de Variables Ambientales en Aplicaciones Agrícolas y de Manejo del Recurso Hídrico en Costa Rica (SmartIoT) .....	30
PROYECTO 10. Determinación del caudal ambiental para el mejoramiento de la gestión integrada del recurso hídrico en el río Sarapiquí mediante una metodología holística .....	34
PROYECTO 11. Determinación del perfil fitoquímico de hoja y fruto de <i>Jatropha curcas</i> (tempate) en Costa Rica (Fase I) .....	37
PROYECTO 12: Elaboración y caracterización de un fungo-compuesto fabricado con dos tipos de madera y tres	

especies de hongos para la elaboración productos comerciales .....	40	PROYECTO 18. Evaluación de los riesgos de la seguridad cibernética en las PYMES de CR .....	58
PROYECTO 13. Espectrometría de masas de alta resolución en la evaluación de la presencia de plaguicidas carbamatos y sus derivados metabólicos en matrices ambientales acuosas mediante metodologías de análisis no dirigido y dirigido .....	43	PROYECTO 19. eWave 2.0: Validación experimenta de una estrategia de control óptimo para un sistema de conversión de la energía de las olas para maximizar el aprovechamiento de la energía oceánica.....	61
PROYECTO 14. Estimación de Incertidumbre para modelos de transcripción de audio .....	45	PROYECTO 20. Factores que influyen en el desempeño de las empresas de reciente creación y su relación con el contexto en Latinoamérica .....	64
PROYECTO 15. Estudio de aleaciones de magnesio-calcio procesadas por torsión de alta presión para su uso en implantes bio-absorbibles. ....	49	PROYECTO 21. Generación y trasferencia de fotoelectrones en la interfaz de proteínas fotosintéticas y semiconductores nanoestructurados en celdas solares biosensibilizadas.....	67
PROYECTO 16. Estudio de la formación de anillos de crecimiento en árboles para la reconstrucción climática y de procesos hidrogeomorfológicos en Costa Rica.....	51	PROYECTO 22. GLRTA: Extensión del problema generalizado de aproximación matricial de rango reducido a tensores tridimensionales con aplicaciones al procesamiento de imágenes y videos .....	69
PROYECTO 17. Estudio del comportamiento biomecánico- osteointegración de implantes biomédicos procesados con tecnologías de manufactura avanzada .....	54	PROYECTO 23. Humedales productivos: pasos iniciales para un reúso seguro de agua residual tratada .....	72

PROYECTO 24. Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la actitud positiva hacia al aprendizaje del Derecho en estudiantes de Ingeniería .....	75
PROYECTO 25. La incidencia del uso de la tierra de la Ciudad de Liberia como material constructivo en el desempeño higrotérmico de los espacios internos mediante técnicas de simulación.....	77
PROYECTO 26. Mantenimiento predictivo: desarrollo de sistemas de diagnóstico y pronóstico.....	81
PROYECTO 27. Mejora en la Flexibilidad de Control de Convertidores Modulares Multinivel utilizando Control Predictivo de Conjunto Continuo.....	83
PROYECTO 28. Metabolómica de compuestos antimicrobianos obtenidos de actinobacterias aisladas de avispas sociales .....	85
PROYECTO 29. Metodología de optimización de la capacidad Instalada en los Servicios de Salud a través de Modelos de Simulación de Eventos Discretos. ....	88

PROYECTO 30. Monitoreo participativo de aves silvestres en finca La Balsa para el análisis de su estado actual de conservación y su relación con la producción agropecuaria en la Región Huetar Norte .....	92
PROYECTO 31. Observatorio de la construcción .....	96
PROYECTO 32: Optimización de la conservación y búsqueda de parámetros de la fertilidad en espermatozoides de animales de interés productivo.....	98
PROYECTO 33. Producción de líneas mutantes de arroz tolerantes a suelos ácidos para contribuir con la productividad agrícola nacional .....	100
PROYECTO 34: Refrigeración magnética con un AMR magnetocalórico poroso.....	104
PROYECTO 35. Síntesis de nanopartículas capaces de encapsular material bioactivo mediante la elaboración de un sistema de atomización electrohidrodinámica para aplicaciones en vacunas nasales. ....	107

PROYECTO 36. Sistema de enfriamiento pasivo para paneles fotovoltaicos mono-faciales.....	109
PROYECTO 37. Sistemas basados en Inteligencia Artificial usando Machine Learning y Deep Learning para reconocimiento facial, categorización automática de casos y predicción de incidentes por ubicación .....	112
PROYECTO 38. Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente .....	115
PROYECTO 39. Ventanas inteligentes: diseño de recubrimientos basados en Dióxido de Vanadio termocrómico sobre vidrio ajustados a necesidades del trópico .....	118

# PROYECTO 01. AGRIVOLTAIC: Combinación de la tecnología fotovoltaica en entornos agrícolas para mejorar la competitividad de la región Huetar Norte.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información

**Escuelas participantes:** Escuela de Agronomía, Escuela de Ingeniería en Computación San Carlos

Proponente: Escuela de Ingeniería Electrónica San Carlos

**Investigador Coordinador:** Dr. Luis Diego Murillo Soto

**Contacto:** [lmurillo@tec.ac.cr](mailto:lmurillo@tec.ac.cr)

## Resumen

Costa Rica ha identificado que para lograr la carbono neutralidad requiere instalar una gran cantidad de potencia fotovoltaica (FV), para lo cual será necesaria el uso de grandes extensiones de terreno. Siendo el país altamente agrícola, para evitar tener que decidir entre producir alimentos y generar energías limpias en su territorio, es posible hacer un doble aprovechamiento del terreno mediante sistemas agrovoltaicos, sin embargo, esto requiere una correcta planificación para que se convierta en una ventaja competitiva y no en una problemática. La producción de alimentos es una de las principales actividades de la región Huetar Norte (HN), en muchos casos lideradas por pequeños productores y mujeres jefas de hogar. Para que los pequeños agricultores puedan competir con las grandes comercializadores de alimentos que hay dentro y fuera del país, se requiere el desarrollo de innovación mediante uso de tecnología de punta que genere competitividad y empodere al pequeño productor y a las mujeres emprendedoras. El aprovechamiento de sistemas agro-productivos junto con la generación de energía eléctrica a partir del sol, ofrecerían grandes bondades y beneficios. La aparición de módulos FV bifaciales que aprovechan la radiación que incide en ambas caras del módulo, representan una

oportunidad para maximizar el área de cobertura eléctrica en zonas marginales, protección del suelo al evitar su erosión, mejora en la distribución de temperaturas que afectan los cultivos, así como aprovechar la energía generada para múltiples usos, i.e.: electrificación de cercas, instalación de sistemas de vigilancia, acceso a dispositivos de recarga remota como drones, sensores, maquinaria; así como equipos de ordeño, refrigeración, conservación de cultivos, entre muchas otras, sin embargo, no existe en el país estudios sobre el desempeño de sistemas agrovoltáicos que permitan generar confianza a los pequeños productores para adoptar la tecnología e innovar sus procesos. En este proyecto se propone el desarrollo de una plataforma tecnológica de análisis de instalaciones agrovoltáicas para el impulso de la innovación del sector productivo de la región huetar norte mediante un caso de estudio en una instalación agrovoltáica bifacial experimental. Lo anterior permitirá iniciar el proceso de evaluación de viabilidad de sistemas agrovoltáicos en la región HN, sistemas que están siendo altamente utilizados en otros países del mundo con condiciones incluso menos favorables. El proceso estará acompañado del productor de la región HN y socios de otras universidades del mundo, se pretende maximizar los beneficios de esta tecnología y su transferencia al sector productivo.

**Palabras clave:** Sistema agrovoltáico, plataforma tecnológica, módulos bifaciales, sistema agrícola.

### **Abstract**

Costa Rica has identified that to achieve carbon neutrality it needs to install a large amount of photovoltaic (PV) power, which will require the use of large extensions of land. Being a highly agricultural country, in order to avoid having to decide between producing food and generating clean energy in its territory, it is possible to make double use of the land through agrovoltáic systems, however, this requires proper planning so that it becomes a competitive advantage and not a problem. Food production is one of the main activities in the Huetar Norte (HN) region, in many cases led by small producers and women heads of household. In order for small farmers to be able to compete with the large food traders inside and outside the country, the development of innovation is required through the use of cutting-edge technology that generates competitiveness and empowers small producers and women entrepreneurs. The use of agro-productive systems together with the generation of electricity from the sun would offer great benefits and

advantages. The emergence of bifacial PV modules that take advantage of the radiation incident on both sides of the module, represent an opportunity to maximise the area of electrical coverage in marginal areas, soil protection by preventing soil erosion, improving the distribution of temperatures that affect crops, as well as harnessing the energy generated for multiple uses, i.e.: electrification of fences, installation of surveillance systems, access to remote recharging devices such as drones, sensors, machinery, as well as milking equipment, refrigeration, crop conservation, among many others. However, there are no studies in the country on the performance of agrovoltaic systems in order to generate confidence among small producers to adopt the technology and innovate their processes. This project proposes the development of a technological platform for the analysis of agrovoltaic installations to promote innovation in the productive sector of the northern Huetar region through a case study of an experimental bifacial agrovoltaic installation. This will allow to start the process of assessing the feasibility of agrovoltaic systems in the HN region, systems that are being used in other countries in the world with even less favourable conditions. The process will be accompanied by the producer of the HN region and partners from other universities in the world,

with the aim of maximising the benefits of this technology and its transfer to the productive sector.

***Key words:*** *agrovoltaic, bifacial photovoltaic, crops, horticulture*



## PROYECTO 02. Atta-Bot STEM: Impulsando la educación pública mediante una plataforma robótica desarrollada por el TEC

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias sociales

**Sub-área:** Matemática, Computación y Ciencias de la Información, Otras Ingenierías y Tecnologías (Mecatrónica), Ciencias de la Educación

**Escuelas participantes:** Ingeniería en Mecatrónica, Escuela de Ciencias Naturales y Exactas

**Proponente:** Escuela de Matemática

**Investigador Coordinador:** Máster Cindy Calderón Arce

**Contacto:** ccalderon@tec.ac.cr

### Resumen

Dando continuidad a los denominados proyectos PROE1 y al proyecto Atta-Bot2, esta propuesta tiene como objetivo principal diseñar y desarrollar una plataforma robótica de bajo costo, compuesta por un robot educativo acompañado de una aplicación computacional interactiva y amigable, guías de trabajo llamadas unidades didácticas y manuales de usuario, con el propósito de fomentar y fortalecer la enseñanza de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en estudiantes de Educación General Básica (EGB).

La iniciativa se llevará a cabo a lo largo de un período de 36 meses y se fundamentará en una metodología estructurada y enfoque iterativo para garantizar la innovación y efectividad del proceso.

El robot educativo será un dispositivo versátil y programable que permitirá a los estudiantes explorar y experimentar conceptos clave de áreas STEM en un entorno lúdico y práctico. Además, se buscará reducir los costos de producción con el uso de componentes de fácil acceso y lo más económicos posible, será de uso libre con hardware y software de código abierto, para que el robot sea accesible para todos, particularmente para instituciones educativas con recursos limitados.

La aplicación computacional vendrá a ser un complemento al robot, diseñada para facilitar el control y programación de este. Docentes y estudiantes podrán utilizarla para desarrollar actividades STEM de manera sencilla, interactiva y didáctica, lo que promoverá la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

La elaboración de unidades didácticas se realizará en coordinación directa con autoridades del Ministerio de Educación Pública (MEP), iniciando con la definición los temas o contenidos a tratar, el nivel (I o II Ciclo de Simulación computacional para la planificación de rutas óptimas de acceso y/o evacuación por medio de un enjambre centralizado en escenarios estáticos, utilizando técnicas de mapeo, procesamiento de datos y optimización multiobjetivo e Implementación de un prototipo de enjambre de robots para la digitalización de escenarios estáticos y planificación de rutas óptimas Adaptaciones, comportamientos y funcionalidades en el marco de los proyectos PROE EGB) y los objetivos de las actividades, considerando aquellas asignaturas, contenidos y niveles que más se ajusten al diseño y las funcionalidades disponibles tanto en el robot como en la aplicación computacional.

El proceso de desarrollo del robot educativo y la aplicación computacional se distinguirá por su enfoque iterativo, lo cual garantizará una mejora continua y una adaptabilidad a lo largo del proyecto. Se realizarán pruebas piloto con docentes y estudiantes para recopilar retroalimentación y datos sobre su usabilidad y eficacia, lo que permitirá ajustes y mejoras en el diseño y funcionalidad del producto. Los manuales de usuario y las unidades didácticas facilitarán la integración del robot educativo y la aplicación computacional en el aula.

La validación del robot educativo y de la aplicación computacional se realizará por medio de grupos focales en instituciones educativas públicas de diferentes regiones geográficas del país. Para evaluar el impacto del proyecto, se realizará un análisis de los datos recopilados durante las pruebas y actividades, utilizando técnicas estadísticas y cualitativas.

En conclusión, el proyecto busca promover la innovación en la educación STEM a través del desarrollo de una plataforma computacional de bajo costo, accesible y adaptada a las necesidades de la Educación General Básica. La metodología propuesta garantizará la mejora continua del producto y su efectividad en el contexto educativo, con el objetivo de

fortalecer las habilidades y competencias de los estudiantes en áreas clave para su desarrollo académico y profesional.

**Palabras clave:** Plataforma Robótica, Robot Educativo, Aplicación Computacional, Educación STEM, Innovación Educativa

### **Abstract**

Continuing with the so-called PROE1 projects and the Atta-Bot2 project, the main objective of this proposal is to design and develop an affordable robotic platform. This platform consists of an educational robot accompanied by an interactive and user-friendly computer application, instructional guides called didactic units, and user manuals. The purpose of this initiative is to promote and strengthen the teaching of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) to students in Basic General Education (EGB). The initiative will span a period of 36 months and will be based on a structured methodology and an iterative approach to ensure innovation and process effectiveness.

The educational robot will be a versatile and programmable device that will allow students to explore and experiment with

key concepts in STEM areas in a playful and practical environment. Additionally, the aim is to reduce production costs by using easily accessible and cost-effective components. It will be open source with both hardware and software, making the robot accessible to everyone, especially educational institutions with limited resources.

The computer application will complement the robot, designed to facilitate its control and programming. Teachers and students will be able to use it to develop STEM activities in a simple, interactive, and didactic manner, promoting creativity, problem-solving, and collaborative work.

The creation of didactic units will be done in direct coordination with authorities from the Ministry of Public Education (MEP). It will begin with defining the topics or content to be addressed, the grade level (I or II Cycle of EGB), and the objectives of the activities. This will consider subjects, content, and levels that align with the design and functionalities available in both the robot and the computer application.

The development process of the educational robot and the computer application will be characterized by an iterative approach, ensuring continuous improvement and adaptability throughout the project. Pilot tests will be conducted with teachers and students to gather feedback and data on usability

and effectiveness. This will enable adjustments and improvements in the design and functionality of the product. User manuals and didactic units will facilitate the integration of the educational robot and the computer application in the classroom. Validation of the educational robot and the computer application will be carried out through focus groups in public educational institutions from different geographical regions of the country. To assess the project's impact, an analysis of the data collected during tests and activities will be performed, using statistical and qualitative techniques. In conclusion, the project aims to promote innovation in STEM education through the development of a low-cost computer platform that is accessible and adapted to the needs of Basic General Education. The structured methodology will ensure continuous improvement of the product and its effectiveness in the educational context. The goal is to enhance students' skills and competencies in key areas for their academic and professional development.

**Key words:** Robotic Platform, Educational Robot, Computer Application, STEM Education, Educational Innovation

## PROYECTO 03. Aula Inteligente impulsada por Inteligencia Artificial y consciente de las emociones

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales

**Sub-área:** Computación y Ciencias de la Información

**Proponente:** Escuela de Ingeniería en Computación San Carlos

**Investigador Coordinador:** Dr. Abel Méndez Porras

**Contacto:** amendez@tec.ac.cr

### Resumen

El modelo educativo costarricense debe aspirar a cumplir con los estándares globales, garantizando una educación inclusiva, equitativa y de calidad. Para lograrlo, es fundamental que los educadores adquieran competencias digitales que les permitan integrar de manera eficaz las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza y el aprendizaje. Asimismo, se debe asegurar una adecuada formación en áreas STEM y promover programas educativos que fomenten la educación para el desarrollo sostenible, la ciudadanía global y la comprensión intercultural. Estas acciones son clave para mejorar la calidad y equidad educativa a nivel mundial. Es esencial realizar un análisis proactivo de la percepción y desempeño de los actores en el proceso educativo, lo que propiciará una mejora continua en el sistema. Para potenciar la educación de manera integral, proponemos la integración de estudiantes, profesores y sociedad, aprovechando las tecnologías de la Industria 4.0. Nuestro objetivo es mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de un Aula Inteligente impulsada por IA y consciente de las emociones. El aula inteligente analizará las emociones en tiempo real tanto de los estudiantes como de los profesores utilizando datos de imágenes de videos. Además, el sistema proporcionará a los

profesores sugerencias en tiempo real, mejorando la calidad de sus actividades docentes y la retroalimentación durante las distintas etapas del proceso de enseñanza. Estas sugerencias se basarán en factores tales como señales no verbales, incluidos gestos con las manos, expresiones faciales y lenguaje corporal.

**Palabras clave:** aprendizaje activo, STEM, expresión facial, reconocimiento de emociones, reconocimiento facial

### **Abstract**

The Costa Rican educational model must aspire to comply with global standards, guaranteeing an inclusive, equitable and quality education. To achieve this, it is essential that educators acquire digital skills that allow them to effectively integrate information and communication technologies in teaching and learning. Likewise, adequate training in STEM areas must be ensured and educational programs that promote education for sustainable development, global citizenship and intercultural understanding must be promoted. These actions are key to improving educational quality and equity globally. It is essential to carry out a proactive analysis of the perception and

performance of the actors in the educational process, which will promote continuous improvement in the system. To promote education in a comprehensive way, we propose the integration of students, teachers, and society, taking advantage of Industry 4.0 technologies. Our goal is to improve teaching-learning processes through an AI-powered Smart Classroom and awareness of emotions. The smart classroom will analyze the emotions in real time of both students and teachers using image data from videos. In addition, the system will provide teachers with real-time suggestions, improving the quality of their teaching activities and feedback during the different stages of the teaching process. These suggestions will be based on factors such as non-verbal cues, including hand gestures, facial expressions, and body language.

**Key words:** active learning, STEM, facial expression, emotion recognition, face recognition

# PROYECTO 04. Calidad de la Madera de Dos Especies de Alto Valor Comercial en Costa Rica

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Ingeniería de los Materiales, Agricultura, forestería y pesca

**Escuelas participantes:** Escuela de Diseño Industrial

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Roger Moya Roque

**Contacto:** [rmoya@tec.ac.cr](mailto:rmoya@tec.ac.cr)

## Resumen

En la reforestación comercial en Costa Rica con especies nativas se han utilizado especies comerciales de mediana densidad, entre las que destaca cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*), jaúl (*Alnus acuminata*), cebo (*Vochysia guatemalensis*) y botarrama (*Vochysia ferruginea*), y especies cuya madera es considerada como de muy alto valor comercial, como caoba (*Swietenia macrophylla*), cocobolo (*Dalbergia retusa*), ron ron (*Astronium graveolens*) y cristóbal (*Platymiscium curuense*). Sin embargo, a pesar de su importancia comercial, a excepción de caoba, la calidad y las propiedades de la madera de las especies consideradas como de alto valor comercial son poco conocidas cuando provienen de plantaciones forestales, a diferencia de las especies de mediana densidad mencionadas, las cuales han sido ampliamente estudiadas. La carencia de información sobre las propiedades y la calidad de la madera de especies de alto valor comercial es un problema para su comercialización ya que el consumidor asocia la calidad de madera de árboles plantados con la calidad de la madera proveniente de árboles creciendo en bosque natural, cuando la realidad es que existen algunas diferencias, especialmente en cuanto al color de la madera y en algunas de sus propiedades físicas y mecánicas. Debido a lo

anterior la presente propuesta de investigación tiene como objetivo determinar las propiedades (físicas, mecánicas, químicas y energéticas), la calidad y el potencial comercial de la madera de cocobolo (*Dalbergia retusa*) y cristóbal (*Platymiscium curuense*) proveniente de plantaciones forestales con edades entre 25-28 años. Este proyecto de investigación permitirá contar con información sobre las propiedades y la calidad de madera de estas dos especies de alto valor comercial, lo cual servirá de insumo para establecer una estrategia de comercialización y así orientar su uso y nicho de mercado. Lo cual será de gran valor no solo para las empresas reforestadoras y pequeños productores, sino también para pequeñas organizaciones que se dedican a la producción de artesanías a nivel nacional.

**Palabras clave:** maderas preciosas, cocobolo, cristóbal, propiedades, comercialización.

### **Abstract**

In commercial reforestation in Costa Rica with native species, medium-density wood commercial species have been used,

among which cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*), jaúl (*Alnus acuminata*), cebo (*Vochysia guatemalensis*) and botarrama (*Vochysia ferruginea*) stand out. *ferruginea*), and species whose wood has very high commercial value, such as mahogany (*Swietenia macrophylla*), cocobolo (*Dalbergia retusa*), ron ron (*Astronium graveolens*) and cristóbal (*Platymiscium curuense*). However, despite their commercial importance, except for mahogany, the quality and properties of the wood of the species considered to be of high commercial value are little known when they come from forest plantations, unlike the medium-density species mentioned, which have been extensively studied. The lack of information on the properties and quality of the wood of species of high commercial value is a problem for their commercialization, since the consumer associates the quality of wood from planted trees with the quality of wood from trees growing in natural forests, when the reality is that there are some differences, especially in terms of the color of the wood and in some of its physical and mechanical properties. So, the present research proposal aims to determine the properties (physical, mechanical, chemical, and energetic), the quality and the commercial potential of cocobolo (*Dalbergia retusa*) and cristóbal (*Platymiscium curuense*) wood from forest plantations with an aged between 25-28 years. This research



project will provide information on the properties and quality of wood of these two species of high commercial value, which will serve as input to establish a marketing strategy and thus guide its use and market niche. Which will be of great value not only for reforestation companies and small producers, but also for small organizations that are dedicated to the production of handicrafts at the national level.

**Key words:** precious woods, cocobolo, cristóbal, properties, commercialization

## PROYECTO 05. Caracterización de la deuda morosa en Costa Rica: Perfil de los deudores críticos del sector no regulado.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2022 al 31 de diciembre del 2023

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub-área:** Economía y negocios

**Escuelas participantes:** Departamento de Orientación y Psicología, Oficina de Planificación Institucional

**Proponente:** Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** Gustavo Cubillo-Salas

**Contacto:** gcubillo@tec.ac.cr

### Resumen

El crédito es clave para el crecimiento económico, ya que facilita la movilización de recursos entre ahorrantes e inversionistas. Además, el acceso a crédito les permite a las familias incrementar su consumo y acceder a bienes y servicios que no serían posibles con su ingreso o ahorros, tales como educación y vivienda (García, Jiménez y Durán, 2016). Si bien es cierto que el crédito es una herramienta que podría traer bienestar a quienes tienen acceso a éste, el sobreendeudamiento podría provocar una disminución considerable de la liquidez de las personas, aumentar la morosidad y limitar su capacidad de consumo e inversión. Esto podría motivar una reacción en cadena; que finalmente afectaría su calidad de vida y estabilidad económica (Cubillo y Valerín, 2019). En la actualidad la democratización del crédito y las facilidades tecnológicas alrededor del sistema financiero han incrementado la accesibilidad al crédito (Bird, Hagstrom y Wild, 1997; Kohn y Dynan, 2007; Dick y Lehnert, 2010; Dynan, Mian y Pence, 2012). Adicionalmente, los consumidores presentan mayor disposición al crédito, lo que provoca un debilitamiento del ahorro y un incremento en el uso del crédito para financiar los gastos de consumo (Pavláková y Rozbořil, 2014). Debido a lo anterior, existe interés por parte de los investigadores en

indagar sobre las dificultades financieras en función al incumplimiento de pago de las deudas. Un aspecto de particular importancia, es conocer las variables socioeconómicas que se asocian con este fenómeno, especialmente en el ámbito costarricense donde el estudio del tema ha sido poco abordado. A pesar de que la literatura presenta avances en perfilar las variables que influyen en la dificultad financiera, generalmente ésta se basa en estudios empíricos con muestras relativamente pequeñas y no han tenido acceso a la realidad financiera de los consumidores. En el año 2019 el TEC y Equifax firmaron un convenio de cooperación para la generación de información crediticia actualizada y confiable. Es así, como en el 2020 nace el primer “Informe Nacional de Deuda Morosa del Sector Crediticio no Regulado”. En su momento, el informe incluyó el análisis de la deuda desde el 2018 hasta el primer semestre de 2020, no obstante, el alcance de los resultados fue básicamente descriptivo. Por lo tanto, en esta investigación nos hemos propuesto como objetivo continuar con el estudio de manera longitudinal, además, de elevar el nivel de análisis del informe, pasando de un estudio descriptivo a un estudio explicativo-correlacional. Específicamente, para los informes del 2022 y 2023 se pretende ahondar en las características socioeconómicas y la influencia de éstas en la deuda en mora

de los costarricenses, así como en ahondar en la comprensión del comportamiento de la persona morosa desde las teorías psico-sociales del consumidor nacional. Para el desarrollo de esta investigación se contará con una robusta base de datos de más de un millón de cuentas morosas del sector crediticio no regulado en Costa Rica. Dicha muestra será provista por el buró crediticio Equifax-Costa Rica.

**Palabras clave:** Finanzas personales, crédito, sector crediticio, endeudamiento, deuda morosa.

### **Abstract**

Credit is key to economic growth since it facilitates the mobilization of resources between savers and investors. In addition, access to credit allows families to increase their consumption and access goods and services that would not be possible with their income or savings, such as education and housing (García, Jiménez and Durán, 2016). While it is true that credit is a tool that could bring well-being to those who have access to it, overindebtedness could cause a considerable

decrease in people's liquidity, increase defaulting, and limit their ability to consume and invest. This could trigger a chain reaction; that would ultimately affect their quality of life and economic stability (Cubillo and Valerín, 2019). Currently, the democratization of credit and technological facilities around the financial system have increased accessibility to credit (Bird, Hagstrom and Wild, 1997; Kohn and Dynan, 2007; Dick and Lehnert, 2010; Dynan, Mian and Pence, 2012). Additionally, consumers are more willing to credit, which causes a weakening of savings and an increase in the use of credit to finance consumer spending (Pavláková and Rozbořil, 2014). Due to the above, there is great interest on the part of researchers in investigating financial difficulties due to non-payment of debts. An aspect of particular importance is to know the variables that are associated with this phenomenon, especially in the Costa Rican environment where the study of the subject has been little addressed. Although the literature presents advances in profiling the variables that influence financial difficulty, it is generally based on empirical studies with relatively small samples, and they have not had access to the financial reality of consumers. In 2019, TEC and Equifax signed a cooperation agreement for the generation of updated and reliable credit information. This is how in 2020 the first National Report on Bad

Debt was born. At the time, the report included the analysis of the debt from 2018 to the first half of 2020, however, the scope of the results was basically descriptive. Therefore, in this research we have set ourselves the objective of continuing the study longitudinally, in addition to raising the level of analysis of the report, moving from a descriptive study to an explanatory correlational study. Specifically, for the 2022 and 2023 reports, it is intended to delve into the socioeconomic characteristics and their influence on the defaulting debtors of Costa Ricans as well as delving into the understanding of debtor's behaviour from the scope of socio-psychological theories. For the development of this research, there will be a robust sample of more than one million defaulting accounts from the unregulated credit sector in Costa Rica. Said sample will be provided by the Equifax Costa Rica credit bureau.

**Key words:** Personal finance, credit, credit sector, indebtedness, default.

## PROYECTO 06. Caracterización del sentido espacial de docentes de Matemática del cantón central de Cartago (GEOSEN)

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias sociales

**Sub-área:** Ciencias de la Educación

**Escuelas participantes:** Escuela de Ciencias Naturales y Exactas

**Proponente:** Escuela de Matemática

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Zuleyka Suárez Valdés Ayala

**Contacto:** zsuarez@tec.ac.cr

### Resumen

Diversos autores recalcan la importancia de que los estudiantes tengan adecuadas competencias y habilidades geométricas que les permitan ubicarse en su medio y resolver problemas de su entorno como futuros ciudadanos de una sociedad compleja. En el caso de Costa Rica, los programas de estudio de matemáticas, aprobados por el Consejo Superior de Educación en el 2012, hacen alusión a un aprendizaje geométrico considerando al sentido espacial como una de sus finalidades. Según distintos estudios, un nivel alto de habilidades visuales y espaciales (consideradas dentro del concepto de sentido espacial) está asociado con un mayor éxito al enfrentarse a tareas vinculadas con las matemáticas o las ciencias y son relevantes para un buen desempeño en carreras relacionadas con áreas STEM o ingenierías. El sentido espacial y las habilidades que este involucra se pueden desarrollar en las personas, y los docentes de matemática tienen la responsabilidad de fortalecer estas destrezas para garantizar el éxito en los aprendizajes. Sin embargo, los estudiantes costarricenses de secundaria han presentado bajos rendimientos en pruebas de matemáticas internacionales (PISA) o nacionales (Pruebas Nacionales de Bachillerato o exámenes de diagnóstico de matemáticas de universidades

públicas), situación que también se refleja en los ítems relacionados con el área de geometría o del espacio y forma. Las condiciones no han mejorado producto de las huelgas educativas del 2018/2019 y la pandemia por COVID-19. A raíz de lo expuesto anteriormente, cabe preguntarse: ¿cuáles son las características de las dimensiones del sentido espacial de los docentes de matemática del cantón central de Cartago al enfrentarse a un grupo de tareas geométricas? Por tanto, se propone un estudio de tipo observacional y descriptivo, con una metodología cualitativa, basada en un estudio de caso. Inicialmente se identificarán las dimensiones del sentido espacial presentes en las habilidades y contenidos de los programas de matemáticas de secundaria del MEP con la finalidad de diseñar una guía de tareas geométricas que serán aplicadas a un grupo de docentes de matemáticas del cantón central de Cartago. Se diseñará y validará un instrumento que contiene categorías y conductas que permitan identificar las dimensiones del sentido espacial que ponen en juego los docentes al resolver las tareas geométricas planteadas. Finalmente se llevará a cabo el proceso de análisis de los datos recopilados mediante la técnica de análisis de contenido, considerando como unidades de análisis a las transcripciones de las entrevistas realizadas a los docentes participantes en

donde resolvían las actividades geométricas. Lo anterior con la intención de caracterizar y describir el desarrollo del sentido espacial de docentes de Matemática del cantón central de Cartago.

**Palabras clave:** Educación Matemática, Didáctica de la Geometría, Sentido Espacial, Razonamiento Geométrico.

### **Abstract**

Many different authors emphasize the importance of students having adequate competency and geometric abilities that allow them to place themselves in their own means and solve problems around them as future citizens of a complex city. In Costa Rica's case the math study programs that were approved by the Consejo Superior de Educación in the year 2012 refers to a geometric learning that considers the spatial sense as one of its finalities. According to different studies a high level of visual and space abilities (considered within the concept of spatial sense) is associated with a higher success rate when facing tasks linked with math or science and are relevant for a good performance in careers that are related with STEM areas

or engineering. Spatial sense and the skills that it involves can be developed, and mathematics teachers have the responsibility to strengthen these skills to ensure successful learning. However, Costa Rican high school students have presented low performance in international mathematics tests (PISA) or national ones (Pruebas Nacionales de Bachillerato or diagnostic mathematics exams of public universities), a situation that has also been reflected in the items related to the area of geometry or of space and form. Conditions have not improved because of the 2018/2019 educational strikes and the COVID-19 pandemic. As a result of the above, it is worth asking what the characteristics of the dimensions of the spatial sense of mathematics teachers in the central canton of Cartago are when faced with a group of tasks. Therefore, an observational and descriptive study is proposed, with a qualitative methodology, based on a case study. Initially, the dimensions of the spatial sense present in the skills and contents of the secondary mathematics programs of the MEP will be identified, which will allow the design of a geometric task guide that will be applied to a group of mathematics teachers in the central canton of Cartago. An instrument will be designed and validated that contains categories and behaviors that allow identifying the dimensions of the spatial sense that teachers put into play when

solving the geometric tasks proposed. Finally, the process of analyzing the data collected through the content analysis technique will be carried out, considering as units of analysis the transcripts of the interviews conducted with the participating teachers where they solved the geometric activities. The foregoing with the intention of characterizing the development of the spatial sense of Mathematics teachers in the central canton of Cartago.

**Key words:** Mathematics Education, Didactics of Geometry, Spatial sense, Geometric reasoning

## PROYECTO 07. CompGen-Inc: Identificación del papel de los lncRNAs en procesos de compensación de dosis génica mediados por miRNAs

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias médicas y de la salud

**Sub-área:** Matemática, Ciencias Biológicas, Computación y Ciencias de la Información, Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información, Otras Ingenierías y Tecnologías, Biotecnología de la Salud, Medicina Clínica.

**Escuelas participantes:** Escuela de Ingeniería Mecatrónica

**Proponente:** Escuela de Matemática

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Cindy Calderón Arce

**Contacto:** ccalderon@tec.ac.cr

### Resumen

Ante el creciente número de pacientes diagnosticados con cáncer y la presencia de casos con diferentes antecedentes y cada vez de mayor complejidad, resulta imperativo explorar soluciones no solo en términos de tratamiento, sino también en el ámbito de la detección temprana de esta enfermedad que va en aumento en todo el mundo. Particularmente, la aneuploidía, caracterizada por desequilibrios cromosómicos, se relaciona con diversos tipos de cáncer. Así, este estudio se enfoca en entender cómo los lncRNAs interactúan con los miRNAs para influenciar la regulación génica en células aneuploides, particularmente en el contexto de la compensación de dosis génica del gen MYC, fundamental para el crecimiento tumoral. En ese sentido, el proyecto "CompGen-Inc" tiene como objetivo principal determinar el rol de los ácidos ribonucleicos largos no codificantes (lncRNAs) en los procesos de compensación de dosis génica que son mediados por microARNs (miRNAs). La investigación se destaca por la creación de una base de datos de interacciones miRNA-lncRNA con información estructural y el desarrollo de una herramienta bioinformática para análisis y predicciones de dichas interacciones. Este análisis promete avanzar en la comprensión de la regulación génica en el cáncer aneuploide, lo que podría desencadenar nuevas estrategias



terapéuticas y enfoques de medicina personalizada. Además, el proyecto se alinea con los ejes estratégicos del ITCR denominados Industria y Salud y contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS3 y ODS9). Con esta iniciativa el Instituto se posicionará positivamente, en la comunidad científica internacional, por sus aportes en la investigación de regulación génica.

**Palabras clave:** compensación de dosis génica, miRNA, lncRNA, interacciones, información estructural, redes de regulación, predicción de interacciones, cáncer, aneuploidía, MYC, bioinformática

### **Abstract**

Given the increasing number of diagnosed cancer patients and the presence of cases with diverse backgrounds and growing complexity, it becomes imperative to explore solutions not only in terms of treatment but also in the field of early disease detection, which is on the rise worldwide. Particularly, aneuploidy, characterized by chromosomal imbalances, is associated with various types of cancer. Thus, this study

focuses on understanding how long non-coding RNAs (lncRNAs) interact with microRNAs (miRNAs) to influence gene regulation in aneuploid cells, particularly in the context of gene dosage compensation of the MYC gene, pivotal for tumor growth. In this context, the "CompGen-lnc" project aims to determine the role of lncRNAs in gene dosage compensation processes mediated by miRNAs. The research stands out for creating a database of miRNA-lncRNA interactions with structural information and developing a bioinformatics tool for analysis and predictions of these interactions. This analysis holds the promise of advancing the understanding of gene regulation in aneuploid cancer, potentially triggering novel therapeutic strategies and personalized medicine approaches. Furthermore, the project aligns with the strategic axes of the ITCR, known as Industry and Health, and contributes to the Sustainable Development Goals (SDG3 and SDG9). With this initiative, the Institute will garner positive recognition within the international scientific community for its contributions to gene regulation research.

**Key words:** gene dose compensation, miRNA, lncRNA, interactions, structural information, regulatory networks, interaction prediction, cancer, aneuploidy, MYC, bioinformatic

## PROYECTO 08. Contribución de los visitantes florales como polinizadores a lo largo de un gradiente de perturbación

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias Naturales, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Ciencias Biológicas; Agricultura, forestería y pesca

**Proponente:** Escuela de Agronomía

**Investigador Coordinador:** María Alejandra Maglianesi

**Contacto:** mmaglianesi@tec.ac.cr

### Resumen

La investigación sobre los sistemas de polinización se basa generalmente en el número de visitas que un polinizador realiza a una planta, ignorando la eficacia polinizadora que define la calidad de estas visitas. Descubrir los factores responsables de la variación interespecífica de la eficacia polinizadora en taxones de polinizadores ecológicamente distintos es crucial para predecir su papel en los procesos ecológicos y evolutivos. Este conocimiento es especialmente relevante para los hábitats modificados por el hombre que albergan una abundancia y composición alteradas de polinizadores. El empobrecimiento de los conjuntos de polinizadores en bosques alterados puede resultar en la pérdida de servicios de polinización, lo que afecta negativamente a la reproducción de las plantas y puede conducir a la ruptura de las relaciones mutualistas. Nuestro objetivo es evaluar la contribución relativa de los distintos grupos funcionales de visitantes florales al éxito reproductivo de las plantas e identificar los mecanismos que subyacen a la eficacia de la polinización a lo largo de un gradiente de perturbación. Específicamente, (1) analizaremos los patrones de interacción entre plantas y dos grupos funcionales de polinizadores (colibríes y murciélagos) en bosques con diferentes niveles de perturbación, (2) compararemos la

efectividad polinizadora de estos dos grupos de polinizadores distantemente relacionados, (3) evaluaremos cómo la especialización ecológica de las especies interactuantes se relaciona con la reproducción de las plantas, y (4) investigaremos la relación entre los rasgos morfológicos de los socios interactuantes y el conjunto de semillas. Al abordar estos objetivos, (i) recopilaremos un conjunto de datos único sobre las interacciones entre plantas y polinizadores, incluidos los visitantes diurnos y nocturnos de las flores, llenando así un vacío importante y persistente en los estudios sobre polinización, que tienden a centrarse en grupos de polinizadores individuales; (ii) desarrollaremos un entorno experimental para cuantificar la eficacia de la polinización, lo que permitirá estimar el papel real de los polinizadores en las comunidades ecológicas; (iii) documentar hasta qué punto las visitas de los polinizadores a las plantas representan interacciones que contribuyen al éxito reproductivo de las plantas y, por tanto, proporcionan una visión más refinada de la teoría de redes; (iv) evaluar los mecanismos subyacentes que pueden influir en la variación de la eficacia de la polinización para una mejor comprensión de cómo los procesos ecológicos y basados en rasgos dan forma a las redes mutualistas. La investigación propuesta, que evalúa los efectos de las

perturbaciones del hábitat sobre la reproducción de las plantas a través de cambios en la eficacia de la polinización, aportará conocimientos esenciales para determinar cómo la pérdida de determinadas especies o grupos funcionales de polinizadores puede afectar a la aptitud de las plantas y, en consecuencia, a la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas tropicales. Nuestra investigación se basará en métodos probados sobre el terreno y en lugares de estudio conocidos, lo que garantiza la calidad de los datos y la viabilidad del proyecto. Además, esta propuesta se beneficiará de estudios recientes sobre interacciones planta-polinizador realizados en el área del proyecto y de la colaboración previa en investigación entre científicos costarricenses y alemanes.

**Palabras clave:** colibríes, interacciones mutualistas, murciélagos nectarívoros, polinización, gradiente de perturbación

### **Abstract**

Research on pollination systems is generally based on the number of visits a pollinator makes to a plant, ignoring pollinator

effectiveness that defines the quality of these visits. Uncovering the factors responsible for interspecific variation in pollinator effectiveness in ecologically distinct pollinator taxa is crucial for predicting their role in ecological and evolutionary processes. This knowledge is particularly relevant for human modified habitats which host an altered abundance and composition of pollinators. Impoverished pollinator assemblages in disturbed forests may result in the loss of pollination services, which negatively affects plant reproduction and can lead to the breakdown of mutualistic relationships. Our goal is to evaluate the relative contribution of distinct functional groups of flower visitors to plant reproductive success and identify the mechanisms behind pollination effectiveness along a disturbance gradient. Specifically, we will (1) analyse interaction patterns between plants and two pollinators functional groups (hummingbirds and bats) in forests with different levels of disturbance, (2) compare pollinator effectiveness of these two distantly related pollinator groups, (3) assess how ecological specialization of interacting species relate to plant reproduction, and (4) investigate the relationship between morphological traits of interacting partners and seed set. By addressing these aims, we will (i) gather a unique dataset on plant-pollinator interactions including diurnal and nocturnal flower visitors, thereby filling a

persistent major gap in pollination studies which tend to focus on single pollinator groups; (ii) develop an experimental setting to quantify pollination effectiveness allowing for an estimate of the genuine role of pollinators in ecological communities; (iii) document the extent to which pollinator visits to plants depict interactions that contribute to plant reproductive success and thus, provide a more refined insight into network theory; (iv) evaluate the underlying mechanisms that may influence variation in pollination effectiveness for a better understanding of how ecological and trait-based processes shape mutualistic networks. The proposed research evaluating habitat disturbance effects on plant reproduction through shifts in pollination effectiveness will yield knowledge essential for determining how a loss of particular pollinator species or functional groups may affect plant fitness and consequently the structure and functioning of tropical ecosystems. Our research will be based on methods that have been tested in the field and known study sites, ensuring the quality of data and feasibility of the project. Furthermore, this proposal will benefit from recent studies on plant-pollinator interactions conducted in the project area and previous research collaboration between Costa Rican and German scientists.

**Keywords:** bats, disturbance gradient, hummingbirds, mutualistic interactions, pollination

# PROYECTO 09. Desarrollo de Sistemas IoT Inteligentes para Monitorización de Variables Ambientales en Aplicaciones Agrícolas y de Manejo del Recurso Hídrico en Costa Rica (SmartIoT)

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Computación y ciencias de la información; Ciencias biológicas; Ciencias físicas; Ing Eléctrica, Electrónica e Ing de la información; Ingeniería mecánica; Ingeniería Química; Ingeniería de los Materiales; Ingeniería ambiental; Agricultura, forestería y pesca.

**Proponente:** Ingeniería Electrónica

**Investigador Coordinador:** Renato Rimolo Donadio

**Contacto:** rrimolo@tec.ac.cr

## Resumen

El proyecto "SmartIoT" surge como una respuesta innovadora a la creciente necesidad de abordar los desafíos ambientales y de recursos que enfrentamos en la actualidad. En un mundo caracterizado por el aumento de la población y la urbanización, la gestión eficiente de los recursos naturales, como el recurso hídrico y la agricultura, se han convertido en una prioridad crucial. Sin embargo, la complejidad de los ecosistemas y la dinámica ambiental exigen enfoques más avanzados y tecnológicos para lograr una gestión efectiva y sostenible. El propósito fundamental de "SmartIoT" como investigación es utilizar tecnologías de vanguardia para abordar esta problemática de manera integral. Para ello, se planea implementar una arquitectura de red con sensores remotos y sistemas de Internet de las Cosas (IoT) bidireccionales. Estos dispositivos se desplegarán estratégicamente para monitorizar de manera continua variables ambientales de relevancia crítica, como la calidad del agua, la humedad del suelo y las condiciones climáticas. Mediante la recolección de datos en tiempo real, la creación de un ecosistema de intercambio de información, la comunicación entre los dispositivos de campo y una infraestructura centralizada que actúe como un centro de control y análisis se busca el que el procesamiento de los datos

generados por los sensores genere conocimientos valiosos para aplicar algoritmos de control, análisis de datos y modelos predictivos o intervención de variables que potencian las cosechas de agua y potencien la agricultura sostenible. La automatización constituye otro pilar fundamental del proyecto. Los datos recopilados serán utilizados para detectar y analizar patrones y tendencias en las condiciones ambientales, empleando técnicas de inteligencia artificial. En función de estos análisis, se desarrollarán respuestas automatizadas para hacer frente a situaciones ambientales cambiantes. Estas respuestas pueden incluir ajustes en sistemas de riego o de uso común del agua, alertas tempranas para evitar sequías o inundaciones, recomendaciones para la gestión de recursos hídricos y pronósticos para los cosechadores de agua. Un aspecto destacado de esta investigación es su enfoque en la conservación de recursos y la promoción de prácticas responsables. Las soluciones generadas a partir de los datos recopilados no solo contribuirán a la optimización de la gestión del agua y de la agricultura, sino que también fomentarán la adopción de prácticas más sostenibles y conscientes por parte de la comunidad. La combinación de tecnología avanzada y conciencia ambiental forma el núcleo de "SmartIoT", lo que lo convierte en un proyecto esencial para enfrentar los desafíos

del siglo XXI. En resumen, la investigación "SmartIoT" propone abordar los retos de gestión de recursos y conservación ambiental mediante el uso estratégico de tecnologías avanzadas de IoT y sensores remotos. El proyecto aspira a recolectar datos en tiempo real, facilitar el intercambio de información, automatizar respuestas y generar soluciones efectivas mediante modelos predictivos para la gestión del agua y la promoción de prácticas responsables en la agricultura. La contribución del proyecto es optimizar la generación del recurso hídrico con cosechadores y mejorar prácticas agrícolas a través de monitorización IoT inteligente, con el fin de reducir el costo del recurso y ponerlo a disposición de más personas, empleando la experiencia desarrollada en el tema con proyectos y experiencias de investigación anteriores.

**Palabras clave:** agricultura, conservación natural, cosecha de agua, recursos del suelo, sensores remotos, sistemas IoT

### **Abstract**

The "SmartIoT" project emerges as an innovative response to the growing need to address the environmental and resource challenges we face today. In a world characterized by increasing

population and urbanization, the efficient management of natural resources, such as water resources and agriculture, has become a crucial priority. However, the complexity of ecosystems and environmental dynamics demand more advanced and technological approaches to achieve effective and sustainable management. The fundamental purpose of "SmartIoT" as research is to use cutting-edge technologies to address this issue in a comprehensive manner. To this end, it is planned to implement a network of remote sensors and bidirectional Internet of Things (IoT) systems. These devices will be strategically deployed to continuously monitor critical environmental variables such as water quality, soil moisture and climatic conditions. Through real-time data collection, creating an ecosystem of information exchange, communication between field devices and a centralized infrastructure that acts as a control and analysis center, the processing of data generated by the sensors is intended to generate valuable knowledge to apply control algorithms, data analysis and predictive models or intervention of variables that enhance water yields and boost sustainable agriculture. Automation is another key pillar of the project. The data collected will be used to detect and analyze patterns and trends in environmental conditions. Based on these analyses, automated responses will

be developed to address changing environmental situations. These responses may include adjustments to irrigation or common water use systems, early warnings to avoid droughts or floods, recommendations for water resource management, and forecasts for water harvesters. A highlight of this research is its focus on resource conservation and the promotion of responsible practices. The solutions generated from the data collected will not only contribute to the optimization of water and agricultural management but will also encourage the adoption of more sustainable and conscious practices by the community. The combination of advanced technology and environmental awareness forms the core of "SmartIoT", making it an essential project to meet the challenges of the 21st century. In summary, the "SmartIoT" research proposes to address resource management and environmental conservation challenges through the strategic use of advanced IoT and remote sensing technologies. The project aims to collect real-time data, facilitate information sharing, automate responses, and generate effective solutions through predictive models for water management and the promotion of responsible practices in agriculture. The project's contribution is to optimize water resource generation with harvesters and agricultural practices



through intelligent IoT monitoring, to reduce the cost of the resource and make it available to more people.

**Keywords:** agriculture, natural conservation, water harvesting, soil resources, remote sensing, IoT systems

# PROYECTO 10. Determinación del caudal ambiental para el mejoramiento de la gestión integrada del recurso hídrico en el río Sarapiquí mediante una metodología holística

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias sociales

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Biotecnología Ambiental, Otras Ingenierías y Tecnologías, Otras ciencias sociales

**Escuelas participantes:** Escuela de Biología

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Agrícola

**Investigador Coordinador:** PhD. Isabel Guzmán Arias

**Contacto:** [iguzman@tec.ac.cr](mailto:iguzman@tec.ac.cr)

## Resumen

El agua es un recurso imprescindible para la vida, sin embargo, los ecosistemas acuáticos han sufrido un proceso de degradación y sobreexplotación que ha provocado, entre otros problemas, la reducción del caudal necesario para mantener la biodiversidad y los servicios que benefician a las comunidades. El país no cuenta con una estrategia apropiada para otorgar las concesiones a pesar de la gran diversidad de cuerpos de agua que existen. Es necesario atender las solicitudes de concesión desde un punto de vista de gestión integrada del recurso hídrico, esta propuesta de investigación responde precisamente a la necesidad que tiene el país de contar con una o varias metodologías de cálculo caudal ambiental en sus ríos, especialmente cuando los conflictos por el uso del agua se han incrementado entre comunidades, empresas y grupos ambientalistas. En este caso se validará una metodología holística incorporando la variable de calidad de agua en el río Sarapiquí; esta cuenca representa una opción ideal para este estudio, tanto por sus condiciones climáticas como por la gran cantidad de aprovechamientos de agua a lo largo de su cauce (turismo, conservación, agricultura, recreación, entre otros). Al finalizar esta investigación se espera obtener resultados para un escenario complejo y de alto impacto socioeconómico que

se podrían aplicar a otros ríos del país, y se podrían comparar con los resultados obtenidos de los proyectos realizados anteriormente. En esta ocasión, la propuesta pretende avanzar en la ruta de investigación al elevar el nivel de complejidad, incorporando la estimación de la calidad del agua, para integrarla con los componentes hidrológico, biológico y sociocultural. El principal resultado esperado de este proyecto es una metodología validada para la determinación de caudal ambiental que sirva de aporte a la gestión que actualmente opera el Ministerio del Ambiente de Costa Rica.

**Palabras clave:** Caudal Ambiental, Calidad de Agua, Concesión, Recurso Hídrico.

### **Abstract**

Water is an essential resource for life, however, aquatic ecosystems have suffered degradation and overexploitation that provokes environmental flow reduction which is necessary to maintain the ecological services for communities and organisms. Our country does not possess a proper strategy to grant water concessions, despite the great diversity of aquatic

ecosystems that we own. It is necessary to adjudge concession requests from an integrated water resource management point of view, this research proposal responds precisely to the country's need to have one or more methodologies for estimation of the environmental flow in its rivers, especially when conflicts over water use have increased between communities, companies, and environmental groups. In this research proposal a holistic methodology but incorporating water quality variable will be validated in the Sarapiquí River, this basin represents an ideal option for this study, because of its climatic conditions, and for the large amount of water uses along its riverbed (tourism, conservation, agricultural, recreation, among others). We aim to obtain results for a complex and high-impact socio-economic scenario that could be applied to other rivers in the country, and also could be compare with the results obtained from previous projects. On this occasion, the proposal aims to advance the research route increasing the level of complexity by incorporating water quality variables, to integrating to the hydrological, biological, and sociocultural components. The main expected result of this project is a validated methodology for the determination of environmental flow that serves as a contribution to the

management currently operated by the government of Costa Rica.

**Key words:** Environmental discharge, water quality, concession, water resource.

## PROYECTO 11. Determinación del perfil fitoquímico de hoja y fruto de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica (Fase I)

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias médicas y de la salud

**Sub-área:** Biotecnología de la Salud

**Escuelas participantes:** Escuela de Química

**Proponente:** Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Dr. Fabian Villalta Romero

**Contacto:** fvillalta@tec.ac.cr

### Resumen

En las últimas décadas, el cultivo de la planta *Jatropha curcas* (conocida como tempate) a nivel internacional ha aumentado debido a la producción de biodiesel a partir del aceite de su semilla. La hoja y fruto del tempate también se utilizan con fines medicinales, y se ha demostrado que la planta presenta gran potencial para el desarrollo de productos cosméticos y farmacológicos. Sin embargo, el uso medicinal de *J. curcas* se ha visto limitado debido a que algunos de sus fitoquímicos (especialmente los ésteres de forbol) son tóxicos para humanos y animales, y es difícil diferenciar las variedades tóxicas a simple vista. Antecedentes. Estudios previos realizados en el Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) han caracterizado la distribución geográfica y el cultivo de tempate en Costa Rica, así como la diversidad genética y el contenido de ésteres de forbol en la semilla de las variedades de *J. curcas* en el país. Además, en el proyecto VIE “Caracterización de la actividad biológica in vitro de tres especies vegetales de interés científico nativas de Costa Rica” (2012-2014) se realizó una evaluación preliminar de los efectos biológicos de un extracto de hoja de tempate, el cual presentó fuerte actividad anticancerígena contra células humanas de cinco tipos de cáncer. Descripción

del problema. A pesar de su gran potencial bioactivo y diversidad genética, no se ha realizado un estudio comparativo completo de los fitoquímicos bioactivos (excepto los ésteres de forbol) presentes en las variedades de tempate tóxicas y no tóxicas en Costa Rica. Esta caracterización permitiría seleccionar las variedades de plantas con mayor potencial bioactivo, a partir de la identificación de las fracciones químicas y el método de extracción más eficientes, para obtener extractos con mayor potencial para el desarrollo de eventuales productos cosméticos y farmacológicos. Metodología. Se generarán extractos de las fracciones hidrofóbicas e hidrofílicas de hoja y fruto de dos variedades tóxicas y dos variedades no tóxicas de *J. curcas* cultivadas en Costa Rica. En estos extractos, se caracterizará el contenido total de polifenoles, flavonoides, carotenoides, clorofilas, azúcares, y grados brix, presencia de saponinas, alcaloides, terpenos y esteroides, así como capacidad antioxidante (ORAC, DPPH), y composición proximal; se cuantificarán los ésteres de forbol, los polifenoles más abundantes, y contenido de vitamina E, y se realizará una caracterización fitoquímica completa mediante HPLC-MS de los dos mejores extractos obtenidos. Resultados esperados. La información será publicada en al menos un artículo científico, y será utilizada para el planteamiento de una segunda fase del

proyecto para estudiar los efectos bioactivos de los extractos seleccionados en pruebas preclínicas. Se espera llegar a una tercera fase para el desarrollo de posibles productos cosméticos y farmacéuticos.

**Palabras clave:** *Jatropha curcas*, tempate, fitoquímicos, HPLC-MS.

### **Abstract**

In recent decades, the cultivation of *Jatropha curcas* (known as physic nut tree) has increased due to the production of biodiesel from its seed oil. *J. curcas* leaf and fruit are also used for medicinal purposes, and the plant has been shown to have great potential for the development of cosmetic and pharmacological products. However, the medicinal use of *J. curcas* has been limited because some of its phytochemicals (especially the phorbol esters) are toxic to humans and animals, and it is difficult to differentiate the toxic varieties with the naked eye. Background. Previous studies carried out at the Biotechnology Research Center (CIB) of Costa Rica Institute of Technology (ITCR) have characterized the geographic distribution and

cultivation of *J. curcas* in Costa Rica, as well as the genetic diversity and phorbol esters content in the seed of *J. curcas* varieties in the country. In addition, in the VIE project "Characterization of the in vitro biological activity of three native Costa Rican plant species of scientific interest" (2012-2014), a preliminary evaluation of the biological effects of a *J. curcas* leaf extract was carried out, which exhibited strong anticancer activity against human cells of five types of cancer. Problem. Despite its great bioactive potential and genetic diversity, a complete comparative study of bioactive phytochemicals (except phorbol esters) present in toxic and non-toxic tempate varieties in Costa Rica has not been conducted. This characterization would allow selecting the varieties of plants with the greatest bioactive potential, based on the identification of the most efficient chemical fractions and extraction methods, to obtain extracts with the greatest potential for the development of eventual cosmetic and pharmacological products. Methodology. Extracts of the hydrophobic and hydrophilic fractions of leaf and fruit of two toxic varieties and two non-toxic varieties of *J. curcas* cultivated in Costa Rica will be generated. In these extracts, we will determine the total content of polyphenols, flavonoids, carotenoids, chlorophylls, sugars, and brix degrees; the presence of saponins, alkaloids, terpenes, and

steroids; as well as antioxidant capacity (ORAC, DPPH), and proximal composition. Phorbol esters, the most abundant polyphenols, and vitamin E content will also be quantified, and a complete phytochemical characterization of the two best extracts obtained will be carried out using HPLC-MS. Expected results. The information will be published in at least one scientific article and will be used to postulate a second phase of the project to study the bioactive effects of the selected extracts in preclinical tests. It is expected to reach a third phase for the development of possible cosmetic and pharmaceutical products.

**Key words:** *Jatropha curcas*, physic nut tree, phytochemicals, HPLC-MS

## PROYECTO 12: Elaboración y caracterización de un fungo-compuesto fabricado con dos tipos de madera y tres especies de hongos para la elaboración productos comerciales

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología,

**Sub-área:** Ciencias de la tierra y del ambiente, Biotecnología industrial

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** Roger Moya Roque

**Contacto:** [rmoya@tec.ac.cr](mailto:rmoya@tec.ac.cr)

### Resumen

Con el aumento de la población, se ha incrementado la demanda de los productos de las diferentes industrias; la mayoría de estos productos son a base de polímeros, plástico, nylon, silicona, entre otros. Si bien, su producción es más barata, otros implican una alta demanda energética y el uso de materia prima contaminante. Esto causa un impacto importante para el medio ambiente, debido a que, su proceso de fabricación es altamente contaminante y los materiales utilizados para su elaboración en muy pocas veces tienen la posibilidad de ser reutilizados o reciclados, quedando acumulados en vertederos, terrenos y hasta ríos. Por esta razón, surge una tendencia mundial a buscar y elaborar materiales que sean provenientes de fuentes sostenibles. Algunos de estos materiales de carácter renovable, toman como base materias lignocelulósicas provenientes de cultivos forestales y agrícolas, en combinación otros microorganismos como ciertos tipos de hongos para formar nuevos biomateriales. A su vez en Costa Rica, la generación de residuos lignocelulósicos dentro de ellos la madera, se ha convertido en un problema importante. La Industria forestal costarricense produce cerca de 500.000 m<sup>3</sup> de residuos. Además, en el caso de Costa Rica y otros países, el uso de estos residuos resulta



innovador como fuentes de energía o fuentes de elaboración de productos más sostenibles. Dado este contexto y el aumento industrial, surge la necesidad de incorporar nuevos materiales alternativos que provengan de fuentes naturales y ecológicas amigables con el medio ambiente, para así reducir el impacto ambiental provocado en la industria y contribuir al medio ambiente con la utilización de los residuos orgánicos. Es por esta razón que el presente estudio tiene como objetivo de determinar las propiedades de un biocompuesto madera-hongo utilizando 2 especies de madera y 3 especies de hongos, para la fabricación de productos biodegradables. Obteniendo las condiciones óptimas del sustrato, tiempo de inoculación y tiempo de colonización de los hongos para producir un producto comercial y, así la culminación del proyecto propone la elaboración de 2 prototipos de productos en los cuales se puede utilizar el material.

**Palabras clave:** bioproductos, hongos productivos, biomasa, fuentes renovables, productos biodegradables

## **Abstract**

With the increase in population, the demand for the products of different industries has increased; Most of these products are based on polymers, plastic, nylon, silicone, among others. Although the production of some of these products is cheaper, others involve high energy demand and the use of polluting raw materials. This causes a significant impact on the environment, because its manufacturing process is highly polluting and the materials used for its production rarely have the possibility of being reused or recycled, remaining accumulated in landfills, land and even rivers. For this reason, there is a global trend to search for and produce materials that come from sustainable sources. Some of these renewable materials are based on lignocellulosic materials from forestry and agricultural crops, in combination with other microorganisms such as certain types of fungi to form new biomaterials. At the same time, in Costa Rica, the generation of lignocellulosic waste, including wood, has become a significant problem. The Costa Rican forestry industry produces nearly 500,000 m<sup>3</sup> of waste. Furthermore, in the case of Costa Rica and other countries, the use of these wastes is innovative as sources of energy or sources for the production of more sustainable products. Given this context and the industrial

increase, the need arises to incorporate new alternative materials that come from natural and ecological sources that are friendly to the environment, in order to reduce the environmental impact caused in the industry and contribute to the environment with the use of waste. organic. It is for this reason that the present study aims to determine the properties of a wood-fungus biocomposite using 2 species of wood and 3 species of fungi, for the manufacture of biodegradable products. Obtaining the optimal substrate conditions, inoculation time and fungal colonization time to produce a commercial product and, thus, the culmination of the project proposes the development of 2 product prototypes in which the material can be used.

**Keywords:** bioproducts, productive fungi, biomass, renewable sources, biodegradable products

## PROYECTO 13. Espectrometría de masas de alta resolución en la evaluación de la presencia de plaguicidas carbamatos y sus derivados metabólicos en matrices ambientales acuosas mediante metodologías de análisis no dirigido y dirigido

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ciencias de la tierra y del ambiente, Ciencias químicas, Ingeniería ambiental

**Proponente:** Escuela de Química

**Investigador Coordinador:** Andrés Sánchez Kopper

**Contacto:** ansanchez@tec.ac.cr

### Resumen

Los carbamatos son una familia de agroquímicos con acción insecticida utilizados ampliamente en los cultivos agrícolas de la zona norte de Cartago donde se produce más del 70% de las hortalizas que se consumen en Costa Rica. Su disponibilidad en el mercado y utilización no está regulada con base en principios científicos que consideren el destino en el ambiente luego de ser aplicados en los cultivos, ni su persistencia o la generación de productos de degradación metabólica. El reglamento para la calidad de agua potable No 38924-S de Costa Rica establece un máximo de 0.1 microgramos/litro para las moléculas madre, pero no regula la presencia de metabolitos. Como otras moléculas orgánicas los carbamatos presentan una degradación ambiental limitada entre otras causas por su tiempo de vida media, solubilidad, coeficiente de partición y actividad microbiológica en suelo y agua. Es conocido que la degradación de carbamatos puede llegar a producir metabolitos que podrían presentar una mayor toxicidad que las moléculas precursoras por lo que es necesario evaluar mediante técnicas no convencionales la presencia de moléculas madre y metabolitos de carbamatos en matrices ambientales. En el presente proyecto se evaluará la presencia

de carbamatos utilizando la tecnología de espectrometría de masas de alta resolución para constatar la presencia de este tipo de compuestos y sus metabolitos presentes en matrices acuosas ambientales implementando metodologías de análisis no dirigido y análisis dirigido en muestras de agua de nacientes cercanas a zonas agrícolas del país, con el fin de generar información de relevancia para el control y monitoreo ambiental de estas sustancias a nivel nacional.

**Palabras clave:** carbamatos, metabolitos, agroquímicos, análisis no dirigido

### **Abstract**

Carbamates are a family of agrochemicals with insecticidal action widely used in crops in the northern area of Cartago, where more than 70% of the vegetables consumed in Costa Rica are produced. Their availability in the market and use is not regulated based on scientific principles that consider their fate in the environment after being applied to crops, nor their persistence or the generation of metabolic degradation products. Costa Rica's drinking water quality regulation No. 38924-S establishes a maximum of 0.1 micrograms/liter for

mother molecules but does not regulate the presence of metabolites. Like other organic molecules, carbamate's environmental depletion is limited, among other causes, due to their half-life, solubility, partition coefficient, and microbiological activity in soil and water. It is known that the degradation of carbamates can produce metabolites that could have higher toxicity than precursor molecules, so it is necessary to evaluate the presence of carbamates and their metabolites in environmental matrices using unconventional techniques. In this project, the presence of carbamates will be evaluated using high-resolution mass spectrometry technology to identify carbamates and their metabolites present in environmental aqueous matrices, implementing methodologies of non-targeted analysis and targeted analysis in groundwater samples from springs near agricultural areas of the country, in order to generate relevant information for the control and environmental monitoring of these substances at the national level.

**Keywords:** carbamates, metabolites, agrochemicals, non-targeted analysis.

# PROYECTO 14. Estimación de Incertidumbre para modelos de transcripción de audio

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Computación y Ciencias de la Información, Ciencias Físicas, Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información.

**Escuelas participantes:** Escuela de Administración de Empresas, Escuela de Física

**Proponente:** Escuela de Ingeniería en Computación Alajuela

**Investigador Coordinador:** Dr. Saúl Calderón Ramírez

**Contacto:** sacalderon@tec.ac.cr

## Resumen

En el actual contexto de avances tecnológicos, los modelos de aprendizaje profundo han alcanzado un impacto significativo al impulsar aplicaciones en el mundo real. Estas aplicaciones abarcan una amplia gama de áreas, desde la visión artificial y el procesamiento del lenguaje natural hasta las finanzas, robótica y reconocimiento de voz, redefiniendo cómo abordamos tareas complejas. Los modelos de Aprendizaje Profundo, con sus redes neuronales profundas, aprenden autónomamente a partir de vastos conjuntos de datos, independientemente del dominio de aplicación. Sin embargo, emerge un desafío esencial: la confiabilidad y precisión de las predicciones generadas por estos modelos en aplicaciones cotidianas. La efectividad de estas predicciones se encuentra influenciada por múltiples factores, entre ellos la calidad intrínseca de los datos de entrenamiento y evaluación, así como la complejidad inherente de la arquitectura del modelo. En este panorama, la evaluación cuantitativa de la calidad de los datos se alza como una necesidad apremiante. Esta necesidad se intensifica aún más en el caso de datos no estructurados, que prevalecen en aplicaciones como el reconocimiento automático del habla (ASR), donde señales de audio, al ser datos no

estructurados, se transforman en transcripciones precisas mediante la inferencia del modelo. En este contexto, es crucial explorar cómo medir rigurosamente la calidad de los datos, particularmente en términos técnicos y computacionales. Además, se plantea el interrogante crucial sobre cómo estimar la pérdida de confiabilidad inherente en las predicciones del modelo, ya sea debido a la variabilidad en la adquisición de datos de entrada o las características intrínsecas de la arquitectura del modelo. Como respuesta a estas inquietudes, esta investigación se propone realizar una evaluación del desempeño del modelo de reconocimiento de voz Whisper, desarrollado por OpenAI. Esta evaluación busca cuantificar tanto la influencia del modelo en sí como también la calidad de los datos en el rendimiento del sistema ASR. Tal análisis no solo adquiere relevancia por la necesidad de entender y mejorar la confiabilidad de sistemas de reconocimiento de voz en un entorno tecnológico en constante evolución, sino que también se apoya en la elección estratégica de Whisper como objeto de estudio. Whisper, nacido de una compañía de renombre en el ámbito de la inteligencia artificial, representa una innovación reciente con potencial industrial. La aplicación de técnicas avanzadas, como Montecarlo Dropout y la evaluación de entropía, permite una comprensión profunda del desempeño de

Whisper y su adaptación a diferentes condiciones acústicas y contextos de uso. De manera que se propone abordar la esencial cuestión de la confiabilidad y desempeño de sistemas de reconocimiento de voz basados en modelos de aprendizaje profundo. Ello Mediante la cuantificación de la calidad de los datos y la aplicación de técnicas de evaluación avanzada de incertidumbres.

En el presente proyecto se pretende entonces explorar y proponer una o más técnicas novedosas de estimación de incertidumbre, basada en los datos de entrenamiento. El análisis de la efectividad de la o las técnicas propuestas se realizará con audios en español, dada la sub-representación de esta lengua en estudios del campo.

**Palabras clave:** Aprendizaje Profundo, Inteligencia Artificial, Reconocimiento de voz, Whisper .

### **Abstract**

In the current context of technological advances, deep learning models have achieved a significant impact by driving real-world applications. These applications span a wide range of areas,

from computer vision and natural language processing to finance, robotics, and speech recognition, redefining how we approach complex tasks. Deep Learning models, with their deep neural networks, autonomously learn from vast datasets, regardless of the application domain. However, an essential challenge arises: the reliability and accuracy of predictions generated by these models in everyday applications. The effectiveness of these predictions is influenced by multiple factors, including the intrinsic quality of training and evaluation data, as well as the inherent complexity of the model architecture. In this landscape, the quantitative evaluation of data quality emerges as a pressing need. This need is further intensified in the case of unstructured data, which prevails in applications such as Automatic Speech Recognition (ASR), where audio signals, being unstructured data, are transformed into accurate transcriptions through model inference. In this context, it is crucial to explore how to rigorously measure data quality, particularly in technical and computational terms. Additionally, the crucial question arises of how to estimate the inherent reliability loss in model predictions, whether due to variability in input data acquisition or intrinsic characteristics of the model architecture. In response to these concerns, this research aims to conduct a comprehensive evaluation of the

performance of the Whisper speech recognition model, developed by OpenAI. This evaluation seeks to quantify both the influence of the model itself and the data quality on the ASR system's performance. This analysis is relevant not only due to the need to understand and enhance the reliability of speech recognition systems in an ever-evolving technological environment but also based on the strategic choice of Whisper as the subject of study. Whisper, born from a renowned company in the field of artificial intelligence, represents a recent innovation with industry potential. The application of advanced techniques, such as Monte Carlo Dropout and entropy evaluation, allows for a deep and nuanced understanding of Whisper's performance and its adaptation to different acoustic conditions and usage contexts. Thus, it aims to address the essential question of the reliability and performance of deep learning-based speech recognition systems. Through the rigorous quantification of data quality and the application of advanced uncertainty assessment techniques. This project aims to explore and propose one or more novel uncertainty estimation techniques, based on training data. The analysis of the effectiveness of the proposed technique(s) will be carried out with audios in Spanish, given the under-representation of this language in the current state of the art in the field.

**Key words:** Deep Learning, Artificial Intelligence, ASR,  
Whisper



## PROYECTO 15. Estudio de aleaciones de magnesio-calcio procesadas por torsión de alta presión para su uso en implantes bio-absorbibles.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ing. de los Materiales

**Proponente:** Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Jorge Mauricio Cubero Sesín

**Contacto:** [jcubero@tec.ac.cr](mailto:jcubero@tec.ac.cr)

### Resumen

En esta propuesta se plantean una serie de análisis avanzados para caracterizar la nanoestructura de aleaciones magnesio-calcio (Mg-Ca) procesadas mediante torsión a alta presión (HPT, por sus siglas en inglés) para utilizarse en implantes bio-absorbibles. Específicamente, se plantea estudiar la influencia del refinamiento de grano producto de la deformación plástica severa por HPT en las propiedades mecánicas y electroquímicas de las muestras. Seguidamente, se propone incorporar un tercer elemento tal como zinc (Zn), manganeso (Mn), estroncio (Sr), estaño (Sn) o plata (Ag), a la aleación Mg-Ca procesada por HPT con el propósito de estudiar el efecto en la resistencia mecánica y a la degradación (corrosión) en fluidos corporales simulados. Para ambos casos, es necesario caracterizar las aleaciones mediante ensayos mecánicos, microscopía electrónica de barrido (SEM), espectrometría de energía dispersada de rayos-X (EDX), difracción de rayos-X (XRD), pruebas de resistencia a la corrosión y microscopía de transmisión electrónica (TEM). Las actividades serán realizadas en el Centro de investigación y Extensión en Materiales (CIEMTEC) y el Laboratorio Institucional de Microscopía, además se colaborará con el Centro de Investigación de Magnesio en la Universidad de Kumamoto, Japón. Finalmente,

a través de las actividades planteadas, el desarrollo de una nanoestructura en las aleaciones, sumado a la optimización en la composición química, es la estrategia clave de la propuesta para reducir la tasa de degradación de estas aleaciones, la cual es el principal obstáculo para su implementación masiva en implantes biomédicos.

**Palabras clave:** clave: aleaciones de magnesio, calcio, deformación plástica severa, torsión a alta presión, caracterización de materiales.

### **Abstract**

In this proposal, a series of advanced analyses are proposed to characterize the nanostructure of magnesium-calcium (Mg-Ca) alloys processed by high pressure torsion (HPT) for application in bio-absorbable implants. Specifically, we propose to study the influence of grain refinement resulting from severe plastic deformation by HPT processing on the mechanical and electrochemical properties of the samples. Following, we propose to incorporate a third element such as zinc (Zn), manganese (Mn), strontium (Sr), tin (Sn) or silver (Ag) to the

Mg-Ca alloy processed by HPT to study the effect on the strength and degradation (corrosion) in simulated bodily fluids. For both cases it is necessary to characterize the alloys by mechanical testing, scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectrometry (EDS), X-ray diffraction (XRD), corrosion resistance testing and transmission electron microscopy (TEM). The activities will be carried out at the Center for Materials Research and Extension (CIEMTEC) and the Institutional Microscopy Laboratory, and there will also be collaboration with the Magnesium Research Center in Kumamoto University, Japan. Finally, through the planned activities, the development of a nanostructure in the alloys, together with the optimization of the chemical composition, is the key strategy of the proposal to reduce the degradation rate of these alloys, which is the main obstacle for their massive implementation in biomedical implants..

**Key words:** magnesium alloys, calcium, severe plastic deformation, high pressure torsion, materials characterization

## PROYECTO 16. Estudio de la formación de anillos de crecimiento en árboles para la reconstrucción climática y de procesos hidrogeomorfológicos en Costa Rica

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Otras Ciencias Naturales, Agricultura, forestería y pesca

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Forestal

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Roger Moya Roque

**Contacto:** [rmoya@tec.ac.cr](mailto:rmoya@tec.ac.cr)

### Resumen

Las especies tropicales forman anillos de crecimiento con una estratificación anual impulsada por la sensibilidad de la especie a las variaciones climáticas, ecológicas o geodinámicas. Durante las últimas cuatro décadas, la investigación en dendrocronología tropical ha ido en aumento debido a su aplicación en climatología, ecología, geomorfología y arqueología. En Costa Rica habita aproximadamente el 6% de la biodiversidad mundial distribuida en la mayoría de los climas tropicales globales, tales como bosques nubosos, bosques húmedos siempre verdes, bosques estacionales, bosques secos, páramos de altura, ecosistemas costeros y de humedales. Además de esto, desde hace 50 años se han venido colectando una serie de muestras de madera de diferentes árboles creciendo en estos climas para su estudio anatómico. Se estima que más de 300 especies de árboles han sido estudiadas anatómicamente y han presentado información básica de la formación de los anillos de crecimiento. Así la amplia diversidad de especies y el número importante de especies estudiadas convierte al país en un laboratorio tropical ideal para desarrollar archivos dendrocronológicos aplicados a la reconstrucción del paleo clima y el paisaje (geomorfología). Entonces, la siguiente propuesta tiene como objetivo establecer

los diferentes tipos de anillos crecimiento, su distintividad y su potencial dendrocronológico (PD) en las especies de árboles creciendo en bosques y establecer su relación con familias, géneros, tipo de especie, condición de crecimiento, zonas altitudinales y de vida, y tipo de clima. La selección de especies se basará en un inventario de especies de Costa Rica que han sido previamente estudiadas en la literatura, luego se confirmará si hay formación de anillos utilizando las muestras de madera presente en el Xylarium de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TECw). Seguidamente, se realizará un estudio de reconstrucción climática o hidrogeomorfológica en dos regiones de Costa Rica (zona seca y humedad) usando como base una especie que presenta un tipo de anillo distintivo y alto potencial dendrocronológico. El desarrollo de este proyecto permitirá construir y desarrollar un espacio conjunto de investigación en este campo tan importante para el cambio climático y la reconstrucción de eventos hidrogeomorfológicos desastrosos y extremos y así con esta información es posible conocer a futuro, por medio de desarrollos de futuros modelos, los efectos del cambio climático en nuestro país en aspecto como la hidrogeomorfológica, cambio en el hábitat de las especies, amenazas de las mismas entre otros factores.

**Palabras clave:** especies tropicales; anillos en árboles; especie frondosas; dendroclimatología

### **Abstract**

Tropical species form growth rings with annual stratification driven by the sensitivity of the species to climatic, ecological, or geodynamic variations. During the last four decades, research in tropical dendrochronology has been increasing due to its applications in climatology, ecology, geomorphology and archaeology. Approximately 6% of the world's biodiversity lives in Costa Rica distributed in most global tropical climates, such as cloud forests, evergreen humid forests, seasonal forests, dry forests, high altitude paramo, coastal and wetland ecosystems. In addition to this, for 50 years a series of wood samples have been collected from the different trees growing in these climates for their anatomical study. It is estimated that approximately 320 tree species have been studied anatomically and have presented basic information on the formation of growth rings. Thus, the wide diversity of species and the significant number of species studied make the country an ideal tropical laboratory to develop dendrochronological files applied to the reconstruction of the paleoclimate and landscape

(geomorphology). So, in the following proposal, the objective is to establish the different types of growth rings of trees growing in forests, their distinctiveness, their dendrochronological potential (PD) of 320 tree species and to establish their relationship with families, genera, type of species, growth condition, altitudinal and life zones, and type of climate. The selected species were based on the inventory of species from Costa Rica that have been studied in the different literature and then the formation of the ring is confirmed with the samples of wood present in the Xylarium of the School of Forest Engineering of the Technological Institute of Costa Rica. (TECw). Subsequently, a single climatic or hydrogeomorphological reconstruction study will be carried out in two climatic conditions of Costa Rica (dry and humidity zone) using as a base a species that presents a distinctive ring type and high dendrochronological potential. The development of this project will allow the construction and development of a joint research space in this field, which is so important in climate change and the reconstruction of disastrous and extreme hydrogeomorphological events. And so, with this information it is possibly to know in the future, through model development, the effects of climate change in our country in aspects such as

hydrogeomorphology, change in the habitat of species, threats from them, among other factors

**Key words:** tropical species; tree rings; leafy species; dendroclimatology

# PROYECTO 17. Estudio del comportamiento biomecánico-osteointegración de implantes biomédicos procesados con tecnologías de manufactura avanzada

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias médicas y de la salud, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Ciencias Físicas, Ciencias Químicas, Ingeniería de los Materiales, Otras Ingenierías y Tecnologías, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Médica, Otras ciencias médicas, Ciencias Veterinarias.

**Escuelas participantes:** Escuela de Diseño Industrial, Escuela de Ingeniería Electromecánica

**Proponente:** Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Dr. Teodolito Guillén Girón

**Contacto:** tguillen@tec.ac.cr

## Resumen

En esta propuesta de investigación, el grupo de Investigación de materiales y procesos bioinspirados y el grupo de investigación de materiales nanoestructurados por deformación plástica severa, convergen en un esfuerzo integrado para validar in-vivo materiales y el diseño de estructuras destinados al desarrollo de implantes óseos. Previamente se han estudiado materiales como las aleaciones de titanio de la familia alfa+beta (por ejemplo, Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb y Ti-13Nb-13Zr), las aleaciones beta (por ejemplo, Ti-Nb, Ti-Nb-Zr-Ta-Hf) y las aleaciones reabsorbibles basadas en magnesio (por ejemplo, Mg-Ca), así como también materiales poliméricos biocompatibles como el hueso hiperelástico (a base de PCL (policaprolactona) con refuerzo de hidroxiapatita y bioglass), los cuales han sido objeto de estudio por parte de los dos grupos de investigación altamente experimentados. El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar estudios en áreas metalúrgicas, mecánicas, físicas, superficiales, estructurales, de biocompatibilidad, osteointegración y comportamiento biomecánico, abarcando etapas tanto pre como postquirúrgicas, centradas en los implantes óseos elaborados con técnicas de manufactura avanzada. Dentro de las actividades esenciales, se destaca el diseño y fabricación de

implantes con uso de software especializado para el diseño y manufactura avanzada y tecnologías como L-PBF (Laser Powder Bed Fusión), bioimpresión y HPT (High Pressure Torsion). Además, se realizarán análisis detallados de las propiedades de estos implantes, pruebas preclínicas en modelos animales y evaluaciones biomecánicas de los implantes una vez extraídos del hueso. Para la caracterización detallada de las aleaciones, se contará con el respaldo del Centro de Investigación en Magnesio de la Universidad de Kumamoto en Japón, el Instituto Tecnológico de Kyushu y el grupo de investigación Future Manufacturing Technologies de la Universidad de Oulu en Finlandia. Las implantaciones se llevarán a cabo siguiendo protocolos rigurosos, bajo la supervisión y participación de la Universidad Nacional de Costa Rica. Los ensayos preclínicos in-vivo serán gestionados por colaboradores externos de la Universidad Nacional de Costa Rica y el grupo de investigadores del TEC será el gestor central para el desarrollo de estructuras y materiales, así como en los estudios realizados antes y después de las implantaciones. Al concluir esta investigación, se dispondrá de un estudio meticuloso sobre la viabilidad funcional de diversas estructuras y materiales para su implementación en implantes de reemplazo óseo. Este estudio constituirá el cimiento esencial

para la determinación de las propiedades biomecánicas, funcionales y de biocompatibilidad, especialmente en términos de osteointegración, y sentará las bases para el desarrollo de implantes biomédicos personalizados, con características funcionales adaptadas a las necesidades específicas de cada paciente. Esta propuesta se establece como un paso esencial para asegurar que los implantes desarrollados sean viables y beneficien significativamente la salud humana. Su éxito enfatiza la importancia de la colaboración entre disciplinas y la unión de expertos de distintas áreas geográficas.

**Palabras clave:** manufactura aditiva, deformación plástica severa, bio-materiales, titanio, magnesio, implantes, ensayos animales

### **Abstract**

In this research proposal, the Bioinspired Materials and Processes Research Group and the Nanostructured Materials through Severe Plastic Deformation Research Group converge in an integrated effort to validate in-vivo materials and structural design aimed at the development of bone implants. Previously,

materials such as alpha+beta titanium alloys (e.g., Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, and Ti-13Nb-13Zr), beta alloys (e.g., Ti-Nb, Ti-Nb-Zr-Ta-Hf), and absorbable magnesium-based alloys (e.g., Mg-Ca), as well as biocompatible polymeric materials like hyperelastic bone (based on PCL (polycaprolactone) with hydroxyapatite and bioglass reinforcement), have been studied, which have been the subject of research by the two highly experienced research groups. The main objective of this proposal is to conduct studies in metallurgical, mechanical, physical, surface, structural, biocompatibility, osteointegration, and biomechanical behavior areas, covering both pre and post-surgical stages, focusing on bone implants fabricated through advanced manufacturing techniques. Among the essential activities, the design and fabrication of implants using specialized software for advanced design and manufacturing, as well as technologies such as L-PBF (Laser-Powder Bed Fusion), bio-printing, and HPT (High Pressure Torsion), stand out. Additionally, detailed analyses of the properties of these implants will be conducted, preclinical tests will be performed on animal models, and biomechanical evaluations of the implants will be carried out once removed from the bone. For the detailed characterization of the alloys, support will be provided by the Magnesium Research Center at Kumamoto University in Japan, the Kyushu

Institute of Technology, and the Future Manufacturing Technologies research group at the University of Oulu in Finland. Implantations will be carried out following rigorous protocols under the supervision and participation of the National University of Costa Rica. Preclinical in-vivo trials will be managed by external collaborators from the National University of Costa Rica, and the TEC research group will be the central driver for the development of structures and materials, as well as for the studies conducted before and after the implantations. Upon the conclusion of this research, a meticulous study on the functional viability of various structures and materials for implementation in bone replacement implants will be available. This study will serve as the essential foundation for determining biomechanical, functional, and biocompatibility properties, especially in terms of osteointegration, and will lay the groundwork for the development of personalized biomedical implants with functional characteristics tailored to the specific needs of each patient. This proposal is established as a crucial step to ensure that the developed implants are viable and significantly benefit human health. Its success underscores the importance of interdisciplinary collaboration and the integration of experts from different geographical areas.



**Key words:** additive manufacturing, severe plastic deformation, bio-materials, titanium, magnesium, implants, animal testing

## PROYECTO 18. Evaluación de los riesgos de la seguridad cibernética en las PYMES de CR

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y Tecnología, Ciencias Sociales,

**Sub-área:** Otras Ingenierías y Tecnologías, Economía y Negocios

**Escuelas participantes:** Escuela de Computación

**Proponente:** Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** José Martínez Villavicencio

**Contacto:** jomartinez@tec.ac.cr

### Resumen

El riesgo cibernético hace referencia a aquellos riesgos que se generan por el uso de las tecnologías de información y comunicación, sea por parte de las personas o de las organizaciones. La literatura muestra una brecha entre la exposición, la percepción y la preparación de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) para mitigar el riesgo cibernético. Situación agravada por la falta de personal calificado en ciberseguridad. Todo esto coloca a las Pymes en una situación vulnerable ante los ataques cibernéticos. Pero al desarrollar una postura activa y resiliente les permite gestionar adecuadamente estos riesgos, potenciando no solo el crecimiento sino la innovación dando lugar a organizaciones más valiosas. Por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo cibernético al que están expuestas las PYMES para recomendar estrategias de reducción del riesgo que les permita desarrollar una ventaja competitiva. Se realizará una primera etapa de investigación cuantitativa para establecer el nivel de madurez según las mejores prácticas de ciberseguridad y obtener el reporte de la evaluación para las PYMES de Costa Rica. En una segunda fase, se profundizará en las prácticas de ciberseguridad de las PYMES mediante la técnica de grupos focales y finalmente una tercera etapa en la

que se analizarán los riesgos de ciberseguridad mediante un enfoque mixto según los resultados de las primeras dos etapas de la investigación. El tema es relevante ya que mediante una metodología integral pretende evaluar los riesgos identificados y sugerir recomendaciones para que las pequeñas y medianas empresas puedan crear un plan para priorizar e implementar las mejoras más apropiadas para cada caso. Así como desarrollar y transferir un manual de buenas prácticas a las partes interesadas para promocionar una cultura de ciberseguridad, contextualizada en la realidad nacional. Esta es una propuesta novedosa ya que según indica la literatura sobre ciberseguridad de las pequeñas y medianas empresas, solamente el 5,0% de las investigaciones utilizan un enfoque mixto y no se encontró evidencia de estudios realizados en Costa Rica. Además, propone una iniciativa de trabajo conjunto entre la academia y el sector privado para la promoción de una cultura de ciberseguridad, cubriendo los vacíos detectados en la Revisión de la Estrategia Nacional de Ciberseguridad de Costa Rica. Finalmente, con respecto al producto académico los resultados serán publicados en revistas como *Computer and Education* o *Information Technology and People*, ambas indexadas en Scopus, o *International Journal of Information Management*, indexada en Web of Science. Así mismo, se considera la

participación con ponencias en los congresos internacionales del Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración (CLADEA) o la Asociación Latinoamericana de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración (ALAFEC) y congresos nacionales como el Encuentro de Investigación y Extensión de la Escuela de Administración de Empresas del TEC.

**Palabras clave:** ciberseguridad, riesgo cibernético, Pymes, madurez cibernética, resiliencia cibernética.

### **Abstract**

Cybernetic risk refers to risks generated using information and communication technologies caused by people or organizations. The literature shows a gap between the exposition, perception, and preparation of small and medium enterprises (SMEs) to mitigate cybernetic risk. This situation aggravates by the lack of cybersecurity-qualified personnel, which makes SMEs vulnerable to cyber-attacks. Developing an active and resilient posture allows them to manage these risks, maximizing their growth and innovation and creating more

valuable organizations. This research aims to evaluate the cybernetic risk to which SMEs are exposed to recommend riskreduction strategies that allow them to develop a competitive advantage. We will carry out a first quantitative research stage to establish the maturity level according to the best cybersecurity practices and obtain the evaluation report for the SMEs in Costa Rica. In the second stage, we will delve into the SMEs' cybersecurity practices through the focus groups technique, and finally, the third stage where we will analyze the cybersecurity risks through a mixed approach according to the results from the first two research stages. The topic is relevant because it pretends to evaluate the identified risks through an integral methodology and suggests recommendations so that small and medium enterprises can create a plan to prioritize and implement the most suitable improvements for each case. As well as to develop and transfer good practices manual to the stakeholders to promote a cybersecurity culture contextualized to the national reality. The proposal is new as it was reported in the literature regarding cybersecurity in SMEs, only 0.5% of the research applies a mixed approach, and there was no evidence found of studies in Costa Rica. Besides, it proposes a venture initiative between academia and the private sector on the promotion of a cybersecurity culture, filling the gaps identified in

the Costa Rican National Cybersecurity Strategy Review. Finally, regarding the academic product, the results will be published in journals such as Computer and Education or Information Technology and People, both indexed in Scopus, or International Journal of Information Management, indexed in Web of Science. In addition, we consider participation with paper presentations in international conferences like CLADEA or ALAFEC, and a national congress such as the Research and Extension Meeting from the Business Administration School at TEC

**Key words:** Cybersecurity, cyber risk, SMEs, cyber maturity, cybernetic resilience.

## PROYECTO 19. eWave 2.0: Validación experimental de una estrategia de control óptimo para un sistema de conversión de la energía de las olas para maximizar el aprovechamiento de la energía oceánica

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información, Ingeniería Mecánica

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Electromecánica

**Investigador Coordinador:** Ph. D. Cristopher Vega Sánchez

**Contacto:** cvega@tec.ac.cr

### Resumen

Los océanos albergan una gran cantidad de energía que aún no hemos aprovechado. La energía oceánica, presente en las olas, las mareas y las corrientes oceánicas, es limpia, renovable, densa y de gran abundancia en nuestro planeta. Su explotación podría ayudarnos a alcanzar objetivos de mucha importancia para la humanidad, como el “Neto cero para 2050” y el remplazo de fuentes de energía convencionales con fuentes limpias y renovables que ayuden a desacelerar el calentamiento del planeta. Sin embargo, el alto costo de extracción de la energía oceánica (cuatro veces mayor al de la energía eólica o solar) ha ocasionado la lenta adopción de esta tecnología a nivel mundial. Estudios recientes señalan que debe realizarse una mejora integral de los sistemas convertidores de energía oceánica, considerando aspectos como la optimización del control para maximizar de la energía aprovechable, la mejora en la toma de fuerza de estos sistemas y la reducción de los costos de construcción, instalación y mantenimiento. Varios modelos de control han sido propuestos para maximizar el aprovechamiento de estos sistemas; sin embargo, en su vasta mayoría han sido validados únicamente a través de simulaciones numéricas. Esto causa que muchos aspectos físicos reales, como fricción, no linealidad del sistema y/o

pérdidas viscosas, no se vean reflejados en los modelos, provocando una desviación entre lo simulado y lo que ocurre en el sistema físico real. Este proyecto de investigación atiende esta problemática, ya que busca validar experimentalmente la estrategia de control óptimo Real time iteration-nonlinear model predictive control (RTI-NMPC) para maximizar la eficiencia de un sistema olamotriz. Esta estrategia de control fue desarrollada por uno de los autores de esta propuesta (Prof. Juan Guerrero) y ha demostrado, en simulaciones numéricas, ser superior a otras estrategias de control utilizadas actualmente para sistemas olamotrices. De funcionar en la práctica, esta estrategia de control podría aumentar significativamente la eficiencia de los sistemas olamotrices y, por lo tanto, contribuir a la reducción del costo de extracción de la energía oceánica. Este proyecto será desarrollado en la Escuela de Ingeniería Electromecánica, la cual cuenta con una plataforma de experimentación para sistemas olamotrices con la capacidad de generar oleaje artificial en condiciones controladas, y contará con la colaboración del Centre for Ocean Energy Research (COER) de la Universidad Maynooth en Irlanda, y del laboratorio de Ingeniería Marítima de Ríos y Estuarios (IMARES) de la Universidad de Costa Rica. El proyecto se divide en cuatro etapas: 1) acondicionamiento de

plataformas de experimentación, 2) simulaciones de estrategias de control, 3) validación experimental del modelo de control óptimo RTI-NMPC, y 4) divulgación de resultados. Este proyecto es pertinente ya que responde a objetivos del Plan Estratégico del Tecnológico, el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 y a la Agenda 2030 de Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, es novedoso ya que los resultados de la validación experimental producidos aquí aún no se encuentran en la literatura científica. Por lo anterior, el potencial de esta investigación es de relevancia nacional e internacional.

**Palabras clave:** energía oceánica, WEC, sistema de control

### **Abstract**

The oceans contain a large amount of energy that we have not yet harnessed. Ocean energy, present in waves, tides, and ocean currents, is clean, renewable, dense, and abundant on our planet. Its exploitation could help us achieve objectives of great importance for humanity, such as "Net zero by 2050" and the replacement of conventional energy sources with clean and renewable sources which could help us to slow down global

warming. However, the high cost of extracting ocean energy (four times that of wind or solar energy) has caused the slow adoption of this technology worldwide. Recent studies indicate that a comprehensive improvement of ocean energy converter systems must be carried out, considering aspects such as optimization of control to maximize usable energy, improvement in the power take-off of these systems and reduction of manufacturing, installation, and maintenance costs. Several control models have been proposed to maximize the efficiency of these systems; however, the vast majority have been validated only through numerical simulations. This causes that many real physical aspects, such as friction, system non-linearity and/or viscous losses, are not reflected in the models, causing a deviation between what is simulated and what occurs in the real physical system. This research project addresses this problem, because its main objective is the experimental validation the optimal control strategy Real time iteration-nonlinear model predictive control (RTI-NMPC) to maximize the efficiency of a wave energy converter system. This control strategy was developed by one of the authors of this proposal (Prof. Juan Guerrero) and has shown, in numerical simulations, to be superior to other control strategies currently used for wave systems. If it works in practice, this control strategy could

significantly increase the efficiency of wave systems and thus contribute to reducing the cost of harnessing ocean energy. This project will be developed at the School of Electromechanical Engineering, which has an experimentation platform for wave energy converter systems with the capacity to generate artificial waves under controlled conditions and will have the collaboration of the Center for Ocean Energy Research (COER) of the University of Maynooth in Ireland, and the Laboratory of Maritime Engineering of Rivers and Estuaries (IMARES) of the University of Costa Rica. The project is divided into four stages: 1) conditioning of experimental platforms, 2) simulations of control strategies, 3) experimental validation of the optimal control model RTI-NMPC, and 4) dissemination of results. This project is pertinent since it responds to the objectives of the Costa Rica Institute of Technology Strategic Plan, the VII Plan Nacional de Energy 2015-2030 and the 2030 Agenda for Sustainable Development. Furthermore, it is novel since the experimental validation results produced here are not yet found in the scientific literature. Therefore, the potential of this research is of national and international relevance.

**Key words:** ocean energy, WEC, control system

## PROYECTO 20. Factores que influyen en el desempeño de las empresas de reciente creación y su relación con el contexto en Latinoamérica

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2027

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub-área:** Economía y Negocios

**Proponente:** Administración de Empresas

**Investigador Coordinador:** Ronald Mora Esquivel

**Contacto:** rmora@tec.ac.cr

### Resumen

Las nuevas empresas contribuyen significativamente al progreso económico de los países porque constituyen la fuente de la mayoría de los nuevos empleos en una economía (Audretsch & Thurik, 2001). En la creación de nuevas empresas, son muchos los factores que pueden influir, no solo en su creación sino también en su desempeño. Dos de los factores relacionados con el desempeño de las empresas de reciente creación que se han identificado en la literatura son el apoyo de la familia a los emprendedores y las capacidades dinámicas de mercadeo de los nuevos empresarios. Adicionalmente, otro elemento fundamental cuando se crea una nueva empresa, es el papel que juega el contexto, más allá de los aspectos legales o políticas que apoyan el emprendimiento (Prieto y Merino, 2022). En forma específica, el contexto institucional puede influir tanto en el nivel como en el tipo de actividad empresarial (Bowen & De Clercq, 2008). Con respecto al apoyo familiar, Jovic et al., (2021) en su estudio demuestran que las dimensiones de la familia influyen en la orientación empresarial, lo que a su vez afecta una serie de resultados de innovación. La participación de la familia también puede estar relacionada con el desempeño de la innovación, ya que la relación entre innovación y desempeño demuestra que las



características específicas de las empresas y el compromiso del propietario con la empresa juegan un papel importante que se traduce en el impacto de la innovación sobre el rendimiento (Hatak et al., 2016). Otro de los factores relacionados con el desempeño, específicamente con el desempeño internacional, se refiere a la creación de las capacidades dinámicas de mercadeo, las cuales se consideran la forma definitiva de ventaja competitiva en mercados globales ya que permiten a las empresas mejorar sus capacidades operativas (Morgan, 2012). Estas capacidades se distinguen del mercadeo tradicional en el sentido de que se componen de elementos que plantean reconfiguraciones de recursos y mejora de capacidades, por eso, las nuevas empresas utilizan las capacidades dinámicas de mercadeo para formular estrategias efectivas para identificar y acceder a oportunidades internacionales (Buccieri et al, 2019). Partiendo de lo anterior, esta propuesta de investigación busca profundizar en la temática del desempeño de las nuevas empresas, analizando las relaciones entre el apoyo familiar y el desempeño innovador, por un lado, y entre las capacidades dinámicas de mercadeo y el desempeño internacional, por el otro, dentro del contexto. Para efectos de esta propuesta de investigación, el enfoque del contexto será en dos dimensiones: el contexto normativo y el cultural-cognitivo (Shane 1992;

Arabiyat et al., 2019). El análisis se pretende realizar a nivel de Latinoamérica porque se tiene acceso a la base de datos del Estudio Global sobre Espíritu Emprendedor Universitario (GUESSS por sus siglas en inglés) y a la del Proyecto Internacional de Competitividad Global (GCP por sus siglas en inglés). Esta propuesta generará información relevante para emprendedores y sus empresas, el ecosistema emprendedor universitario y nacional, así como los generadores de política pública.

**Palabras clave:** nuevas empresas, desempeño, apoyo familiar, desempeño innovador, capacidades dinámicas de mercadeo, desempeño internacional.

### **Abstract**

New ventures contribute significantly to countries' economic progress because they are the source of most new jobs in an economy (Audretsch & Thurik, 2001). In the creation of new ventures, many factors can influence their creation and performance. Two factors related to the performance of new ventures identified in the literature are family support for entrepreneurs and the dynamic marketing capabilities of new

entrepreneurs. Another fundamental element when creating a new company is the context's role beyond the legal aspects or policies that support the venture (Prieto & Merino, 2022). Specifically, the institutional context can influence the level and type of entrepreneurial activity (Bowen & De Clercq, 2008). Regarding family support, Jovic et al. (2021) in their study demonstrate that family dimensions influence entrepreneurial orientation, which in turn affects a series of innovation results. Family participation may also be related to innovation performance since the relationship between innovation and performance demonstrates that the specific characteristics of the companies and the owner's commitment to the company play an important role that translates into the impact of innovation on performance (Hatak et al., 2016). Another factor related to performance, specifically international performance, refers to creating dynamic marketing capabilities, which are considered the definitive form of competitive advantage in global markets since they allow companies to improve their operational capabilities. (Morgan, 2012). These capabilities are different from traditional marketing in that they are composed of elements that involve reconfigurations of resources and improvement of capabilities; therefore, new companies use dynamic marketing capabilities to formulate effective strategies to identify and

access international opportunities. (Buccieri et al, 2019). Based on the above, this research proposal seeks to delve deeper into the issue of the performance of new ventures, analyzing the relationships between family support and innovative performance on the one hand and between dynamic marketing capabilities and international performance on the other within the context. For this research proposal, the focus on context will be on two dimensions: the normative context and the cultural-cognitive context (Shane, 1992; Arabiyat et al., 2019). The analysis will be carried out at the Latin American level because there is access to the Global University Entrepreneurial Spirit Students' Survey (GUESSS) database and the Global Competitiveness Project (GCP) database. This proposal will generate relevant information for entrepreneurs, the university and national entrepreneurial ecosystem, and policymakers.

**Key words:** new ventures, performance, family support, innovative performance, dynamic marketing capabilities, international performance.

## PROYECTO 21. Generación y transferencia de fotoelectrones en la interfaz de proteínas fotosintéticas y semiconductores nanoestructurados en celdas solares biosensibilizadas

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2027

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ingeniería de los Materiales, Biotecnología Industrial

**Proponente:** Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Investigador Coordinador:** Claudia Chaves Villareal

**Contacto:** cchaves@tec.ac.cr

### Resumen

La elevada demanda energética y el acelerado progreso del cambio climático han impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías de aprovechamiento energético, destacándose la fotovoltaica en la energía solar. Los dispositivos actuales fotovoltaicos se fabrican con materiales metálicos como el silicio cristalino que durante su ciclo de vida generan contaminaciones que afectan el medio ambiente. Las celdas solares biosensibilizadas híbridas es una tecnología biofotovoltaica que se está desarrollando para mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, la eficiencia de transferencia de electrones en estos nuevos dispositivos es baja en comparación a los materiales tradicionales, por lo que se está investigando nuevas metodologías para mejorar la eficiencia. La bioelectrónica es la disciplina emergente entre la biología y la electrónica que busca el desarrollo de materiales biológicos activos eléctricamente, flexibles y biocompatibles, los cuales se pueden ensamblar en las celdas biosolares para intentar incrementar la eficiencia de conversión. En este trabajo se pretende mejorar la generación y transferencia electrónica entre proteínas fotosintéticas y semiconductores nanoestructurados en celdas solares biosensibilizadas por

medio de la modificación nanoestructural y la química interfacial de moléculas orgánicas y biológicas.

**Palabras clave:** Fotosistema I, Biofotovoltaica, celdas solares biosensibilizadas, peptidos, nanocables, acidos fosfonicos

### **Abstract**

The high energy demand and the accelerated progress of climate change have driven the development of new technologies for energy use, especially photovoltaics in solar energy. Current photovoltaic devices are manufactured with metallic materials such as crystalline silicon, which during their life cycle generate pollution that affects the environment. Hybrid biosensitized solar cells is a biophotovoltaic technology that is being developed to mitigate the effects of climate change. However, the electron transfer efficiency of these new devices is low compared to traditional materials, so new methodologies are being investigated to improve efficiency. Bioelectronics is the emerging discipline between biology and electronics that seeks the development of electrically active, flexible and biocompatible biological materials, which can be assembled in

biosolar cells to try to increase the conversion efficiency. In this work we aim to improve the generation and electronic transfer between photosynthetic proteins and nanostructured semiconductors in biosensitized solar cells by means of nanostructural modification and interfacial chemistry of organic and biological molecules.

**Keywords:** Photosystem I, Biophotovoltaics, biosensitized solar cells, peptides, nanowires, phosphonic acids

# PROYECTO 22. GLRTA: Extensión del problema generalizado de aproximación matricial de rango reducido a tensores tridimensionales con aplicaciones al procesamiento de imágenes y videos

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Matemática, Otras Ingenierías y Tecnologías:  
Ingeniería en  
Computadores

**Escuelas participantes:** Escuela de Ingeniería en  
Computadores

**Proponente:** Escuela de Matemática

**Investigador Coordinador:** PhD. Juan Pablo Soto  
Quirós

**Contacto:** [jusoto@tec.ac.cr](mailto:jusoto@tec.ac.cr)

## Resumen

El procesamiento de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información. Una imagen a escala de grises se puede representar como una matriz, donde cada entrada puede expresarse como un número que toma valores en el intervalo  $[0,1]$ . Una imagen a color, utilizando el modelo de color RGB, también se puede representar como un arreglo de números, donde cada entrada representa uno de los tres componentes de color: rojo, verde y azul. Por lo tanto, una imagen a color se puede expresar como un arreglo de tres dimensiones. Una opción para estudiar este arreglo tridimensional de números es utilizando el álgebra tensorial. Un tensor de orden 3 (o tensor tridimensional) es un arreglo multidimensional de números ordenados en tres dimensiones: filas, columnas y tubos. Una forma de realizar una modificación a una imagen de color es utilizar el álgebra tensorial y realizar operaciones tensoriales sobre dicha imagen, lo cual permite mejorarla y tener información sobre esta. En el caso de imágenes a escala de grises, el problema generalizado de aproximación matricial de rango reducido, también conocido como problema GLRMA (por sus siglas del inglés generalized

low-rank matrix approximation), permite eliminar el ruido de imágenes, utilizando bases de imágenes de entrenamiento para obtener una matriz que filtre el ruido. Sin embargo, en el estado del arte actual no se ha estudiado esta técnica en imágenes a color. Por ello, en este proyecto presentamos una propuesta para realizar una extensión al conjunto de tensores de orden tres del problema GLRMA, con la finalidad de poder comprimir y eliminar el ruido de imágenes a color y videos. Este nuevo problema se denomina el problema GLRTA (del inglés, generalized low-rank tensor approximation). Para obtener la solución del problema GLRTA, utilizaremos la técnica de transformación matricial. Dicha representación matricial utiliza las caras frontales de los tensores tridimensionales para crear una matriz por bloques. Después de obtener la solución teórica del problema GLRTA, se realizará una implementación computacional rápida en Octave, Python y C++, utilizando algoritmos que aceleren el cálculo de la  $t$ -pseudoinversa y de la  $t$ -SVD, que son generalizaciones a tensores de la pseudoinversa y la SVD matricial. Por último, aplicaremos el problema GRLTA en la compresión y eliminación de ruido en videos e imágenes a color, utilizando el problema GLRTA.

**Palabras clave:** Tensor, rango reducido, procesamiento de imágenes y videos, compresión y eliminación de ruido

### **Abstract**

Image processing is the set of techniques applied to digital images to improve quality or facilitate the search for information. A grayscale image can be represented as a matrix, where each entry can be expressed as a number that takes values in the interval  $[0,1]$ . A color image using the RGB color model can also be represented as an array of numbers, where each entry represents one of three color components: red, green, and blue. Therefore, a color image can be expressed as a three-dimensional array. One option to study this three-dimensional array of numbers is using tensor algebra. A tensor of order 3 (or three-dimensional tensor) is a multidimensional array of ordered numbers in three dimensions: rows, columns, and tubes. One way to modify a color image is to use tensor algebra and perform tensor operations on said image, improving it and having information about it. In the case of grayscale images, the generalized reduced rank matrix approximation problem, also known as the GLRMA (generalized low-rank matrix

approximation) problem, allows denoising images, using training image bases to obtain a matrix that filters the noise. However, this technique has not been studied in color images in the current state of the art. For this reason, in this project, we present a proposal to carry out an extension to the set of tensors of order three of the GLRMA problem to compress and eliminate noise from color images and videos. This new problem is called the GRLTA (generalized low-rank tensor approximation) problem. We will use the matrix transformation technique to solve the GLRMA problem. Such a matrix representation uses the front faces of the three-dimensional tensors to create a block matrix. After getting the theoretical solution of the GLRMA problem, fast computational implementation will be carried out in Octave, Python, and C++, using algorithms that speed up the calculation of the t-pseudoinverse and the t-SVD, which are generalizations to tensors of the pseudoinverse and the matrix SVD. Finally, we will apply the GRLTA problem in compression and denoising video and color images, using the GLRMA problem.

**Key words:** Tensor, reduced-rank, image and video processing, compression and denoising video and color images

## PROYECTO 23. Humedales productivos: pasos iniciales para un reúso seguro de agua residual tratada

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias agronómicas.

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Biotecnología Ambiental, Otras ciencias agronómicas.

**Proponente:** Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Mauricio Chicas Romero

**Contacto:** mchicas@tec.ac.cr

### Resumen

Los humedales artificiales o biojardineras son sistemas de tratamiento de aguas residuales muy efectivos para el manejo de las aguas ordinarias y se ha demostrado que la calidad del efluente es adecuada para la reutilización en riego de cultivos. Sin embargo, el uso de los humedales se ve limitado al uso de plantas no comestibles, ya que existe contacto entre las aguas residuales y las plantas, lo que conlleva a un riesgo para la salud. La propuesta investigará dos modalidades de humedal, en la primera habrá una barrera permeable entre las piedras y las plantas del humedal, en tanto que en la otra habrá una barrera impermeable y parte del agua del efluente se retornará por capilaridad a una cubierta de tierra sobre el humedal. Ambas modificaciones de la tecnología convencional podrían resolver el problema de seguridad para el aprovechamiento del humedal artificial para el cultivo de plantas comestibles. Por otro lado, esta estructura de humedal genera beneficios por la reutilización del agua y nutrientes, captura CO<sub>2</sub> por el uso de plantas de ciclo corto de cultivo, genera una fuente de alimento para autoconsumo, adecúa mejor el agua para su vertido en cuerpos receptores naturales con respecto a las tecnologías tradicionales utilizadas en Costa Rica y evita huellas



ambientales derivadas de los procesos de producción, transporte y comercialización de alimentos.

Metodológicamente, el proyecto tendrá una duración de dos años, en donde se harán ensayos de los dos tipos de barrera a pequeña escala durante el primer año y ensayos en campo el segundo año. Por el tipo de ensayo, se utilizará un espacio aledaño al sistema de tratamiento de aguas residuales del TEC para la ejecución.

Como productos, se espera generar dos TFG, uno en cada año, y la divulgación de esta modalidad de humedal en el sector constructivo, profesionales relacionados y académicos. Este proyecto pretende ser la primera fase de una investigación en colaboración con la UCR y la UNA en donde se tiene como objetivo la implementación de esta tecnología en pequeñas comunidades y centros educativos rurales, luego de haber analizado el tipo de plantas idóneas y la estimación de la captura de CO<sub>2</sub> y los impactos evitados.

**Palabras clave:** Humedal productivo, economía circular, captura de CO<sub>2</sub>, reutilización, tratamiento de aguas residuales

## **Abstract**

Artificial wetlands or “biojardineras” are highly effective wastewater treatment systems for managing domestic wastewater, and it has been demonstrated that the effluent quality is suitable for reuse in crop irrigation. However, the use of wetlands is limited to non-edible plants due to the contact between wastewater and plants, posing a health risk. This proposal will investigate two wetland modalities. In the first one, there will be a permeable barrier between the stones and plants of the wetland, while in the other, there will be an impermeable barrier, and part of the effluent water will be returned through capillarity to a

soil cover above the wetland. Both modifications to the conventional technology could address the safety issue for the use of artificial wetlands for growing edible plants.

Furthermore, this wetland structure provides benefits through water and nutrient reuse, CO<sub>2</sub> capture through the use of short-cycled crop plants, a source of self-consumption vegetables, better adaptation of water for discharge into natural receiving bodies compared to traditional technologies used in Costa Rica, and avoidance of environmental footprints derived from food production, transportation, and commercialization processes.

Methodologically, the project will have a duration of two years, where small-scale tests of the two types of barriers will be conducted in the first year, followed by field trials in the second year. The test area will be located adjacent to the TEC wastewater treatment system for execution. As outputs, two bachelor's theses are expected, one in each year, along with the dissemination of this wetland modality among the construction sector, related professionals, and academics. This project aims to be the first phase of a collaboration with UCR and UNA, where the goal is the implementation of this technology in small communities and rural educational centers after analyzing suitable plant types and estimating CO<sub>2</sub> capture and avoided impacts.

**Key words:** Productive wetland, circular economy, CO<sub>2</sub> capture, reuse, wastewater treatment

## PROYECTO 24. Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la actitud positiva hacia al aprendizaje del Derecho en estudiantes de Ingeniería

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2022 al 31 de diciembre del 2022

**Área:** Ciencias Sociales

**Sub-área:** Ciencias de la Educación

**Escuelas participantes:** Matemática

**Proponente:** Ciencias Sociales

**Investigador Coordinador:** Martha Calderón Ferrey

**Contacto:** micalderon@tec.ac.cr

### Resumen

La práctica docente en el curso Relaciones Laborales, vivenciada por dos de los investigadores proponentes, ha mostrado que la mayoría del estudiantado manifiesta apatía hacia el proceso de aprendizaje del derecho. Este hecho, detectado a lo largo de varios semestres, ha generado el interés de identificar metodologías de aprendizaje que puedan incidir en el incremento de la actitud hacia el aprendizaje del derecho en estudiantes de las carreras de ingeniería del TEC. Experiencias de investigación, como las desarrolladas por Morales (2009), Torres, Carlos y Rojas (2018) y Luy-Montejo (2019), han puesto de manifiesto que el aprendizaje basado en problemas (ABP) tiene la capacidad de incrementar actitudes en el estudiantado. Por ello surge el interés de estudiar científicamente, mediante una investigación cuantitativa de tipo cuasiexperimental, si esta metodología influencia el incremento de la actitud hacia el aprendizaje del derecho en el curso Relaciones Laborales. La investigación que se propone desarrolla dos cuasiexperimentos de manera paralela, con la intención de aislar el efecto de las características del docente. La investigación es concordante con las políticas generales 8 y 9 y con el acuerdo del IV Congreso Institucional que plantea la

conveniencia del desarrollo de la investigación educativa. Tiene, además, el potencial de vincular actividades de investigación con el fortalecimiento de la docencia.

**Palabras clave:** Actitud hacia el aprendizaje del derecho, aprendizaje basado en problemas

### **Abstract**

The teaching process in the employment relationship course, experienced by two of the proposing researchers, has shown that most of the student body shows apathy towards the process of learning Law. This fact, detected over several semesters, has generated interest in identifying learning methodologies that can influence and increase the willingness towards the learning of law on students coursing different engineering careers in the ITCR. Researchers' experiences, such as those acquired by Morales (2009), Torres, Carlos and Rojas (2018) and Luy-Montejo (2019), have shown that problem-based learning (PBL) has the ability to increase willingness on the students. For this reason, the interest arises to study scientifically, through a quasi-experimental quantitative investigation, if this

methodology influences the increase on the willingness towards the learning of law in the employment relationship course. The proposed research develops two quasi-experiments in parallel, with the intention of isolating the effect of the teacher's characteristics. The research is in accordance with general policies 8 and 9 and with the agreement of the IV Institutional Congress that raises the convenience of developing educational research. It also has the potential to link research activities with the strengthening of teaching.

**Keywords:** Attitude towards law learning, problem-based learning

## PROYECTO 25. La incidencia del uso de la tierra de la Ciudad de Liberia como material constructivo en el desempeño higrotérmico de los espacios internos mediante técnicas de simulación.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología, Ciencias agronómicas, Humanidades

**Sub-área:** Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Ingeniería de los Materiales, Otras Ingenierías y Tecnologías, Otras ciencias agronómicas, Otras Humanidades

**Escuelas participantes:** Escuela de Agronomía, Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Proponente:** Escuela de Arquitectura y Urbanismo

**Investigador Coordinador:** Máster Dominique Chang Albizurez

**Contacto:** dchang@tec.ac.cr

### Resumen

La ciudad de Liberia, cabecera del cantón homónimo, ubicada en la provincia de Guanacaste, se caracteriza por su arquitectura en tierra. En esta ciudad existen más de 120 inmuebles con arquitectura en tierra, 9 de ellos tienen declaratoria de Patrimonio Histórico Arquitectónico. A la vez, Liberia se ubica en una de las regiones más impactadas por los efectos del cambio climático. Cada año, los eventos extremos provocan variaciones en su temperatura entre  $-0.9^{\circ}\text{C}$  y  $+0.9^{\circ}\text{C}$ , es la ciudad con el menor promedio de lluvias de la región y en eventos externos secos podría llegar a disminuir en un 26% la precipitación anual.

Las paredes de tierra tienen una alta inercia térmica, lo que redonda en una transmisión térmica al interior de los espacios más lenta. De esta forma, las casas se mantienen frescas durante el día. Además, las paredes de tierra transpiran, lo que ayuda a regular la humedad del aire.

A partir de los aspectos mencionados, correspondientes a la problemática detectada en la zona en estudio, y a la notoria presencia de arquitectura en tierra y sus características higrotérmicas, se propone este proyecto, que tiene como objetivo analizar la incidencia del uso de la tierra de la Ciudad

de Liberia como material constructivo en el desempeño higrotérmico de los espacios internos mediante técnicas de simulación. Con este fin, se conforma un equipo de investigación conformado por profesionales de las siguientes escuelas del TEC: Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Agronomía y Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

Este proyecto se plantea en tres fases, cada una corresponde a un objetivo específico y en su estrategia metodológica involucra a los profesionales de las distintas disciplinas que conforman el equipo de trabajo. El primer objetivo propone analizar las propiedades físicas, químicas y térmicas de la tierra de Liberia como material constructivo empleado en la fabricación de adobe y bahareque. Con este fin, se realizarán una serie de análisis de muestras de tierra de la zona, en el Laboratorio de Análisis Agronómicos del CTLSC, así como en el Centro de Investigación y Extensión de Ingeniería de los Materiales (CIEMTEC) adscrito a la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

El segundo objetivo tiene como fin determinar la caracterización climática de la ciudad de Liberia, para la obtención de factores que permitan la identificación de aspectos de confort en espacios internos de inmuebles. Para el desarrollo de esta fase,

además de la consulta de datos de las estaciones meteorológicas existentes, se realizará un monitoreo de las condiciones higrotérmicas dentro de la Casa de la Cultura de Liberia ubicada dentro del Centro Histórico, mediante dispositivos electrónicos para el registro de datos (datalogger). El tercer objetivo propone determinar el comportamiento higrotérmico mediante las simulaciones realizadas con software de análisis climático de los espacios internos de la Casa de la Cultura de Liberia. Con este fin, se elaborará un modelo tridimensional de la Casa de la Cultura, con detalle LOD 100, en base a la nube de puntos generada por escaneo tridimensional.

**Palabras clave:** Arquitectura en tierra, adobe, bahareque, comportamiento térmico, propiedades térmicas, monitoreo y simulación.

### **Abstract**

Liberia city, head of the homonymous canton, located in the Guanacaste province, is characterized by its earthen architecture. In this city there are more than 120 buildings with

earthen architecture, 9 of them were declared as Historical Architectural Heritage. At the same time, Liberia is in one of the most impacted regions by the effects of climate change. Every year, extreme events cause variations in its temperature between  $-0.9^{\circ}\text{C}$  and  $+0.9^{\circ}\text{C}$ , it is also the city with the lowest average of rainfall in the region and during dry external events, annual precipitation could decrease by 26%.

Earthen walls have a high thermal inertia, which results in a slower thermal transmission inside the spaces, so the houses remain cool during the day. In addition, earthen walls breathe, which helps regulate air humidity.

Based on these aspects, which are problems detected in the study area, and the notorious presence of earthen architecture and its hygrothermal characteristics, this project is proposed, which aims to analyze the incidence of soil use in Liberia City as a construction material and its hygrothermal performance in internal spaces through simulation techniques. To this end, a research team is made up of professionals from the following TEC schools: Architecture and Urban Planning, Agronomy and Materials Science and Engineering.

This project is planned in three phases, each one corresponds to a specific objective and its methodological strategy involves professionals from the different disciplines that formed the

teamwork. The first objective proposes to analyze the physical, chemical, and thermal properties of Liberian soil as a construction material used in the manufacture of adobe and bahareque. To this end, a series of analyzes of soil samples from the area will be conducted at the CTLSC Agronomic Analysis Laboratory, as well as at the Materials Engineering Research and Extension Center (CIEMTEC) attached to the Materials Science and Engineering School.

The second objective is to determine the climatic characterization of Liberia City, to obtain factors that allow the identification of comfort aspects in internal spaces of buildings. For the development of this phase, in addition to the consultation of data from the existing meteorological stations, a monitoring of the hygrothermal conditions will be conducted inside the Liberia's Cultural House located within the Historic Center, through electronic devices for data recording. (datalogger).

The third objective proposes to determine the hygrothermal behavior through simulations conducted with a climate analysis software in the internal spaces of the Liberia's Cultural House. To this end, a three-dimensional model of the House will be developed, with a level of detail (LOD) one hundred, based on the point cloud generated by three-dimensional scanning.

**Key words:** Earthen architecture, adobe, bahareque, thermal behavior, thermal properties, monitoring and simulation.



## PROYECTO 26. Mantenimiento predictivo: desarrollo de sistemas de diagnóstico y pronóstico

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología.

**Sub-área:** Matemática, Computación y Ciencias de la Información, Ciencias Físicas, Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información, Ingeniería Mecánica.

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Electromecánica

**Investigador Coordinador:** Dr. Juan Jose Montero Jiménez

**Contacto:** [juan.montero@tec.ac.cr](mailto:juan.montero@tec.ac.cr)

### Resumen

El uso de un sistema tecnológico moderno requiere un buen enfoque de ingeniería, operaciones optimizadas y un mantenimiento adecuado para mantener el sistema en un estado óptimo. En mantenimiento, existen múltiples estrategias para determinar el momento de activar acciones de mantenimiento. El mantenimiento predictivo es una de estas estrategias que ha ganado cada vez más atención de la industria y la academia en la última década. El mantenimiento predictivo se enfoca en la organización de las acciones de mantenimiento de acuerdo con el estado de salud real del sistema, con el objetivo de proporcionar una indicación precisa de cuándo será necesaria una intervención de mantenimiento. Normalmente, el mantenimiento predictivo se implementa mediante sistemas especializados que incorporan modelos para llevar a cabo tareas de diagnóstico y pronóstico. Sin embargo, todavía existen múltiples lagunas de conocimiento en este tema que ofrecen oportunidades para que los investigadores lleven a cabo nuevos proyectos de investigación. El diseño de sistemas de mantenimiento predictivo, la selección del modelo de diagnóstico o pronóstico óptimo, y la gestión de la incertidumbre de los datos son solo algunos ejemplos de las oportunidades de investigación que se

pueden abordar. En este proyecto, los participantes aprovechan sus experiencias previas sobre el tema y sus contactos internacionales para crear un equipo multidisciplinario que tiene como objetivo abordar algunas de las oportunidades de investigación mencionadas anteriormente y posicionar a TEC como un referente en este tema de investigación.

**Palabras clave:** Diagnósticos, pronósticos, mantenimiento predictivo, modelos

### **Abstract**

The use of a modern technological system requires a good engineering approach, optimized operations, and proper maintenance to keep the system in an optimal state. In maintenance, there are multiple strategies to determine the moment to trigger maintenance actions. Predictive maintenance is one of these strategies that have increasingly earned attention from industry and academy in the last decade. Predictive maintenance focuses on the organization of maintenance actions according to the actual health state of the system, aiming at giving a precise indication of when a maintenance

intervention will be necessary. Predictive maintenance is normally implemented by means of specialized systems that incorporate one of several models to fulfil diagnostics and prognostics tasks. However, there still multiple knowledge gaps in this topic that provides opportunities to researches to carry out new research projects. The design of predictive maintenance systems, the selection of the optimal diagnosis or prognosis model, data uncertainty management are just a few examples of the research opportunities that can be addressed. In this project, participants are taking advantage of their previous experiences on the topic and their international contacts to create a multidisciplinary team that aims to address some of the above-mentioned research opportunities and position TEC as a reference in this research subject.

**Key words:** Diagnostics, Prognostics, Predictive Maintenance, models

# PROYECTO 27. Mejora en la Flexibilidad de Control de Convertidores Modulares Multinivel utilizando Control Predictivo de Conjunto Continuo

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información

**Proponente:** Ingeniería Mecatrónica

**Investigador Coordinador:** Yeiner Arias Esquivel

**Contacto:** yarias@tec.ac.cr

## Resumen

El proyecto de investigación se centra en mejorar la eficiencia y el rendimiento de los Convertidores Modulares Multinivel en Cascada (MMCCs), fundamentales en sistemas de alta conversión de potencia. A través de la aplicación de algoritmos de Control Predictivo Continuo de Conjunto Continuo (CCS-MPC) a topologías de MMCCs, se busca abordar desafíos no resueltos en el control de estos sistemas. Los algoritmos propuestos buscan optimizar la respuesta dinámica, aumentar la eficiencia en la utilización de corriente y tensión, además de minimizar las corrientes circulantes y la tensión de modo común. El enfoque abarca aplicaciones que van desde el control de generadores eólicos hasta la transmisión de corriente alterna de baja frecuencia. El proyecto también incluirá validación a través de simulación de los algoritmos propuestos. Este proyecto representa un paso significativo hacia el diseño más eficiente y el control preciso de los MMCCs, superando las limitaciones actuales en esta tecnología.

**Palabras clave:** Conversión de Energía, Convertidores Modulares Multinivel, Control Predictivo.

## **Abstract**

The research project focuses on enhancing the efficiency and performance of Modular Multilevel Cascade Converters (MMCCs), crucial in high-power conversion systems. By implementing Continuous Set Model Predictive Control (CCS-MPC) algorithms across MMCCs topologies, the aim is to address unresolved challenges in controlling these systems. The proposed algorithms aim to optimize dynamic response, increase efficiency in current and voltage utilization, and minimize circulating currents and common-mode voltage. The scope of the project spans applications ranging from wind generator control to low-frequency alternating current transmission. The project will also include algorithm validation through simulation. This initiative represents a significant stride toward more efficient design and precise control of MMCCs, surpassing current limitations in this technology.

**Keywords:** Energy Conversion, Modular Multilevel Converters, Model Predictive Control.

## PROYECTO 28. Metabolómica de compuestos antimicrobianos obtenidos de actinobacterias aisladas de avispas sociales

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Biotecnología Ambiental

**Proponente:** Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** PhD. Laura Chavarría Pizarro

**Contacto:** [laura.chavarria@tec.ac.cr](mailto:laura.chavarria@tec.ac.cr)

### Resumen

La mayoría de los antibióticos que se utilizan para tratar infecciones en seres humanos actualmente no están siendo eficaces debido a la resistencia que muchos microorganismos están desarrollando contra estos medicamentos. Dichos mecanismos de resistencia son transferidos entre los microorganismos de forma acelerada, por lo que en la actualidad existen patógenos que provocan infecciones resistentes a todas las clases de antibióticos de uso clínico, y por lo tanto intratables. Por este motivo la Organización Mundial de la Salud desde el año 2014 ha llamado la atención sobre la necesidad de buscar nuevos tratamientos de fuentes que no han sido exploradas hasta el momento. En este contexto, los insectos sociales tienen algunas características que los hacen organismos ideales en la búsqueda de nuevos compuestos antibióticos para uso farmacéutico; por ejemplo, viven en colonias de muchos individuos en un ambiente relativamente estable y además acumulan desechos en sus nidos, condiciones que son ideales para el desarrollo de patógenos. Por este motivo, es posible que mantengan relaciones simbióticas con bacterias bioactivas contra patógenos, que no han sido exploradas. A pesar de que algunos insectos sociales

como las hormigas han sido estudiados, hasta el momento se conoce muy poco sobre los compuestos antibióticos producidos por los microorganismos asociados a las avispas sociales neotropicales (Epiponini). En este sentido, se realizaron dos proyectos de investigación VIE en los años 2017 y 2019, con el objetivo de aislar actinobacterias de colonias de avispas para identificarlas, y determinar su potencial antibiótico contra microorganismos patógenos. Como resultado de estos proyectos se aislaron actinobacterias de las celdas de cría y de los adultos. Este grupo de bacterias ha sido históricamente caracterizado como la mayor fuente de productos naturales. Un 75% de las cepas obtenidas inhibieron el crecimiento de diferentes patógenos, demostrando la capacidad que tiene este recurso como fuente promisoría para el descubrimiento de nuevas moléculas antibióticas. Por estos motivos, se está realizando otro proyecto VIE donde se están identificando algunos metabolitos que podrían estar siendo producidos por las cepas que inhibieron el crecimiento de patógenos, mediante el análisis del genoma por medio de herramientas bioinformáticas. En esta nueva etapa se pretende utilizar la información obtenida de los proyectos mencionados anteriormente, para realizar la identificación y caracterización química de algunos de los compuestos producidos por las

cepas que presentaron mayor actividad inhibitoria. Se utilizarán técnicas instrumentales como la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), y la Espectrometría de Masas de alta Resolución acoplada a cromatografía líquida (LC-HRMS) para caracterizar los perfiles de metabolitos de los extractos producidos a partir de cultivos de actinobacteria, esto con el fin de estudiar los compuestos químicos que puedan asociarse a la actividad biológica observada. Los resultados obtenidos serán muy importantes en el estudio de nuevos compuestos antibióticos, dando continuidad a los resultados sumamente prometedores obtenidos de los proyectos anteriores. Además, ayudarán a entender el establecimiento de las relaciones simbióticas entre microorganismos y avispas.

**Palabras clave:** avispas sociales, actinobacterias, antibióticos, metabolómica.

### **Abstract**

Antimicrobial resistance within a wide range of infectious agents is a public health threat of broad concern. Resistance mechanism are transfer within microorganism accelerated, for

this reason nowadays, some pathogens are resistant to all kind of clinical use treatments. As consequence common infections and minor injuries cannot be treated any more in some countries. Since 2014 World Health Organization warns about the urgency of detecting new treatments from new sources, mainly antibiotics. Social insects have some features in their social organization similar to human societies; making them key organisms to search for new antibiotics metabolites. For example: they live in colonies with thousand or millions of individuals jammed together, in a stable environment and accumulate waste. Despite some social insect as ants have been studied, Neotropical Social Wasps (Epiponini) are unknow, as consequence, knowledge about antibiotic metabolites produce by microorganisms associated to wasps is limited. For this reason, in 2017 and 2019 we executed two VIE research projects in order to isolated actinobacteria from social wasp colonies and tested their antimicrobial activity against different pathogens. As result of these research projects, we obtained actinobacteria from brood cell and workers. This group of microorganisms is characterized for producing antibiotic metabolites. Also, 75% of isolated strains suppress pathogen growth. After obtained the strains with antibiotic activity, the next stage is to identify the metabolites produced to determine their

potential to produce new medical treatments. For this reason, we proposed another research project, which is still running up, in order to identified antibiotic metabolites produce by strains that suppress pathogen growth, through genome analysis and bioinformatic tools. In this research proposal we are going to use the information obtained from the projects we mentioned before, to chemically characterized and identify the compounds produced by the strains with antibiotic activity. We will use instrumental techniques like Nuclear Magnetic Resonance (NMR) and Liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry (LC–HRMS) to characterize metabolites profile of actinobacteria extracts. Obtain results will be important for the study of novel antibiotics and will contribute to understand symbiotic relationships between microorganisms and social insects.

**Key words:** social wasps, actinobacteria, antibiotics, metabolomics.

## PROYECTO 29. Metodología de optimización de la capacidad instalada en los Servicios de Salud a través de Modelos de Simulación de Eventos Discretos.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Otras Ingenierías y Tecnologías

**Proponente:** Escuela de Ingeniería en producción Industrial

**Investigador Coordinador:** Dr. Félix Badilla Murillo

**Contacto:** fbadilla@tec.ac.cr

### Resumen

En los últimos años, la gestión efectiva de los servicios de salud se ha convertido en un desafío crítico para los sistemas de atención médica en todo el mundo. El aumento en la demanda de servicios, la complejidad creciente de los sistemas de salud y la necesidad de optimizar los recursos disponibles han generado una mayor atención en la evaluación y mejora de la capacidad instalada. La capacidad instalada se refiere a la habilidad de un sistema de salud para proporcionar servicios de atención médica de acuerdo con la demanda de manera eficiente y efectiva. La planificación y gestión adecuadas de la capacidad instalada son fundamentales para garantizar una atención médica de calidad, reducir los tiempos de espera y mejorar la satisfacción de los pacientes. En este contexto, el uso de enfoques analíticos y herramientas de simulación se ha vuelto esencial para comprender y optimizar la capacidad instalada de los servicios de salud. La simulación de eventos discretos es una técnica ampliamente utilizada en el campo de la gestión de operaciones y ha demostrado ser una herramienta poderosa para analizar y mejorar la capacidad instalada en los servicios de salud. Esta metodología permite modelar y simular el flujo de pacientes, el personal médico, los recursos y las



actividades dentro de un sistema de atención médica, capturando la complejidad y las interacciones dinámicas entre los diferentes componentes. El uso de la simulación de eventos discretos en el análisis de la capacidad instalada en servicios de salud presenta varias ventajas. En primer lugar, permite evaluar diferentes escenarios hipotéticos y examinar el impacto de políticas y decisiones de gestión en el desempeño del sistema. Esto facilita la identificación de cuellos de botella, la optimización de la asignación de recursos y la planificación de capacidades futuras. Además, la simulación de eventos discretos proporciona una representación detallada y realista del sistema de atención médica, lo que permite capturar la variabilidad inherente en la demanda y los procesos de atención. Esto ayuda a comprender mejor los factores que afectan el desempeño del sistema y permite la exploración de estrategias de mejora adaptativas y robustas.

Para respaldar y enriquecer nuestro análisis, se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura científica reciente sobre la capacidad instalada en servicios de salud y el uso de la simulación de eventos discretos. Se han seleccionado artículos publicados en revistas indexadas de categoría Q1 en los últimos 5 años, lo que garantiza la inclusión de investigaciones relevantes y actualizadas en el tema. En resumen, este

proyecto tiene como objetivo explorar el potencial de la simulación de eventos discretos en el análisis de la capacidad instalada en los servicios de salud. A través de una revisión de literatura y la presentación de resultados de simulación, buscamos proporcionar una visión integral de esta metodología y su aplicabilidad en el contexto de la gestión de servicios de salud. Los hallazgos y conclusiones derivados de este estudio pueden tener implicaciones significativas en la mejora de la eficiencia y la calidad de los servicios de salud, beneficiando tanto a los proveedores como a los pacientes.

**Palabras clave:** simulación de eventos discretos, modelos de simulación, ingeniería hospitalaria, ingeniería de procesos, mejora continua

### **Abstract**

In recent years, effective management of healthcare services has become a critical challenge for healthcare systems worldwide. The increase in service demand, the growing complexity of healthcare systems, and the need to optimize available resources have led to greater attention on evaluating

and improving installed capacity. Installed capacity refers to a healthcare system's ability to provide healthcare services efficiently and effectively in accordance with demand. Proper planning and management of installed capacity are essential to ensure quality healthcare, reduce waiting times, and enhance patient satisfaction. In this context, the use of analytical approaches and simulation tools has become essential to understand and optimize the installed capacity of healthcare services.

Discrete event simulation is a widely used technique in the field of operations management and has proven to be a powerful tool for analyzing and improving installed capacity in healthcare services. This methodology allows for modeling and simulating the flow of patients, medical personnel, resources, and activities within a healthcare system, capturing the complexity and dynamic interactions among different components. The use of discrete event simulation in analyzing installed capacity in healthcare services offers several advantages. Firstly, it enables the evaluation of different hypothetical scenarios and examines the impact of management policies and decisions on system performance. This facilitates the identification of bottlenecks, resource allocation optimization, and future capacity planning. Furthermore, discrete event simulation provides a detailed and

realistic representation of the healthcare system, allowing for the capture of inherent variability in demand and care processes. This aids in better understanding the factors affecting system performance and enables the exploration of adaptive and robust improvement strategies.

To support and enrich our analysis, we conducted a comprehensive review of recent scientific literature on installed capacity in healthcare services and the use of discrete event simulation. We selected articles published in Q1 indexed journals within the past 5 years, ensuring the inclusion of relevant and up-to-date research in the field. In summary, this project aims to explore the potential of discrete event simulation in analyzing installed capacity in healthcare services. Through literature review and presenting simulation results, we seek to provide a comprehensive understanding of this methodology and its applicability in the context of healthcare service management. The findings and conclusions derived from this study may have significant implications for improving the efficiency and quality of healthcare services, benefiting both providers and patients.

**Key words:** discrete events simulation, simulation models, hospital engineering, process engineering, continuous improvement.

## PROYECTO 30. Monitoreo participativo de aves silvestres en finca La Balsa para el análisis de su estado actual de conservación y su relación con la producción agropecuaria en la Región Huetar Norte

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Ciencias Biológicas, Agricultura, forestería y pesca

**Escuelas participantes:** Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales

**Proponente:** Escuela de Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dra. Maria Alejandra Maglianesi Sandoz

**Contacto:** mmaglianesi@tec.ac.cr

### Resumen

Las actividades agropecuarias han provocado cambios en el uso de la tierra resultando en paisajes fragmentados con una reducción en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta brinda. En el caso de las aves, las especies desempeñan funciones claves en los ecosistemas, entre ellas la polinización, la dispersión de semillas y la regulación de poblaciones de organismos. Por lo tanto, las aves contribuyen con la regeneración natural de la vegetación nativa y el control de especies potencialmente plagas en el sector agropecuario. A su vez, ciertas especies de aves han entrado en conflicto con los intereses humanos debido a los daños que provocan a algunos cultivos. Sin embargo, es necesario comprender mejor el papel que desempeñan las áreas agrícola-ganaderas en la conservación de las aves y cuáles son los impactos tanto positivos como negativos que provocan a la producción agropecuaria. Por otra parte, debido a las dificultades que viene sufriendo el sector agropecuario, la implementación del turismo sostenible en combinación con las actividades de producción se plantea como un complemento en la economía local mediante la diversificación de actividades que contribuyen con el manejo de los recursos naturales. En este proyecto se propone evaluar el estado actual de la avifauna en finca La Balsa; propiedad del

TEC, la cual está ubicada en las cercanías del Campus Tecnológico Local San Carlos. Los objetivos del proyecto se basan en (a) cuantificar las poblaciones de aves de la finca y analizar su estado de conservación, (b) identificar los impactos positivos y negativos de la avifauna a la producción agropecuaria, (c) promover la participación local en el manejo sostenible de los cultivos y los recursos naturales y (d) analizar el potencial de la finca para el desarrollo del turismo sostenible. Se propone implementar un monitoreo participativo de las especies de aves que permita generar información sobre la composición y diversidad de la avifauna en el área de estudio. Para ello, se realizarán muestreos mensuales durante un año completo en los diferentes hábitats de la finca donde se identificarán las especies de aves y se determinará su abundancia. El enfoque metodológico es participativo debido a que en cada muestreo se incluirán personas de las comunidades locales interesadas en participar del proyecto, además, el proyecto involucra a personas estudiantes de instituciones vecinas con la finca como la Escuela Técnica Agrícola e Industrial (ETA), quienes han manifestado su interés en participar del proyecto, mediante la participación de estudiantes de la carrera de Turismo Sostenible; así como de otras carreras de la ETAI, las cuales eventualmente podrían

interesarse en continuar sus estudios a nivel de bachillerato universitario en el TEC mediante el convenio de articulación vigente entre ambas instituciones. También se realizará un análisis del estado de conservación de las especies de aves y se describirán los posibles efectos causados por las aves en la producción agropecuaria con el fin de proponer estrategias de manejo en las que las comunidades sean participes. Para conocer el tipo de relación entre las comunidades y las aves, se aplicará una encuesta para conocer la percepción local de estudiantes, productores locales y la comunidad en general sobre la relación de las aves con el sector agropecuario. Finalmente, se evaluará el potencial turístico que posee finca La Balsa para el turismo basado en la metodología de Cárdenas (1991). Este proyecto facilitará un acercamiento entre personas investigadoras del TEC, principalmente de la Escuela de Agronomía y la carrera Bachillerato en Gestión del Turismo Rural Sostenible, Campus Tecnológico Local San Carlos, cabe señalar que con la apertura del Bachillerato en Sostenibilidad Turística en 2024 con su primer cohorte, el proyecto ofrece un espacio para el desarrollo de un laboratorio en el campo para la sostenibilidad enfocada en el manejo y conservación de la biodiversidad desde la interdisciplinariedad de carreras como turismo y agronomía para que los y las estudiantes tengan

mayor acercamiento al campo y las comunidades de la región mediante el aprovechamiento de los recursos institucionales como el caso de finca La Balsa.

**Palabras clave:** aves, conservación, biodiversidad, producción agropecuaria, turismo sostenible

### **Abstract**

Agricultural activities have caused changes in land use resulting in fragmented landscapes with a reduction in biodiversity and ecosystem services. In the case of birds, species perform key functions in ecosystems, including pollination, seed dispersal, and regulation of organism populations. Therefore, birds contribute to the natural regeneration of native vegetation and the control of potentially pest species in the agricultural sector. In turn, certain species of birds have come into conflict with human interests due to the damage they cause to some crops. However, it is necessary to better understand the role that agricultural-livestock areas play in the conservation of bird species and identify both the positive and negative impacts that they cause to agricultural production. On the other hand, due to

the difficulties that the agricultural sector has been suffering, the implementation of sustainable tourism in combination with production activities is considered as a highly relevant economic alternative that favors the diversification of activities and the sustainable management of natural resources. In this project, we proposed to evaluate the current state of the avifauna in the La Balsa farm located nearby the San Carlos Local Technological Campus and its relationship with sustainable agricultural production in the Huetar North Region. More specifically, we aim to: (a) quantify the bird populations on the farm and analyze their conservation status, (b) identify the positive and negative impacts of the avifauna on agricultural production, (c) promote local participation in the sustainable management of natural resources and (d) analyze the potential of the farm for the development of sustainable tourism. It is proposed to implement a participatory monitoring of bird species that allows generating information on the composition and diversity of the avifauna in the study area. For this, monthly samplings will be carried out for one year in the different habitats of the farm where the bird species will be identified and their abundance will be determined. The methodological approach is participatory because each sampling will include people from local communities interested in participating in the project. An

analysis of the conservation status of bird species will also be carried out and the damage to agricultural production caused by some of them will be described, in order to propose adequate management strategies. Surveys will be carried out to find out the perception of students and local producers about the relationship of birds with the agricultural sector. Finally, the tourist potential of Finca La Balsa will be evaluated based on the various attractions it has based on the methodology developed by Cárdenas (1991). This project will facilitate the communication between TEC researchers, mainly from the School of Agronomy and the Sustainable Rural Tourism Management Program of the San Carlos Local Technological Campus, and local communities, resulting in joint work aimed at improving the relationship between the avifauna and the agricultural sector.

**Key words:** agricultural production, biodiversity, birds, conservation, sustainable tourism

## PROYECTO 31. Observatorio de la construcción

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Computación y Ciencias de la Información, Ingeniería Civil

**Escuelas participantes:** Administración de Tecnologías de Información

**Proponente:** Ingeniería en Construcción

**Investigador Coordinador:** Giannina Ortiz Quesada

**Contacto:** gortiz@tec.ac.cr

### Resumen

Este proyecto tiene como objetivo conceptualizar e implementar un prototipo de un observatorio de investigación en el CIVCO que gestione la información más relevante para la toma de decisiones en las áreas de infraestructura vial, planificación urbana y ordenamiento territorial, recursos hídricos y ambiente y vivienda y edificaciones. En este proyecto, se definirá la estructura del observatorio, sus componentes, las principales fuentes de información, el tipo de información a compartir, los recursos tecnológicos a utilizar. Se pretende con este proyecto dar herramientas a los tomadores de decisiones tanto del sector público como privado, para que estas se tomen con conocimiento de calidad y se haga un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. También, será una guía para la gestión del conocimiento del sector construcción y un punto de encuentro para la generación de criterio técnico. Este proyecto también pretende promover y coordinar actividades de investigación, innovación y vinculación que contribuyan con el desarrollo social a nivel local y regional, relacionados con el sector construcción. Como ejemplo, en este observatorio, se podría dar seguimiento por medio de indicadores de desempeño a la infraestructura vial, al desarrollo del sector vivienda, planificación urbana y ordenamiento territorial.



**Palabras clave:** construcción, edificaciones, vivienda, infraestructura, planificación, indicadores, toma de decisiones

## **Abstract**

This project aims to conceptualize and implement a prototype of a research observatory at the CIVCO that manages the most relevant information for decision-making in the areas of road infrastructure, urban planning and territorial ordering, water resources and the environment, and housing and buildings. In this project, the structure of the observatory, its components, the main sources of information, the type of information to be shared, and the technological resources to be used will be defined. The aim of this project is to provide tools to decision makers in both the public and private sectors, so that they are made with quality knowledge and better use of available resources is made. Also, it will be a guide for knowledge management in the construction sector and a meeting point for the generation of technical criteria. This project also aims to promote and coordinate research, innovation and linkage activities that contribute to social development at the local and regional level, related to the construction sector. As an example,

in this observatory, road infrastructure, the development of the housing sector, urban planning and territorial planning could be monitored through performance indicators.

**Keywords:** construction, buildings, housing, infrastructure, planning, indicators, decision making

## PROYECTO 32: Optimización de la conservación y búsqueda de parámetros de la fertilidad en espermatozoides de animales de interés productivo

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales

**Sub-área:** Ciencias Biológicas

**Proponente:** Escuela de Agronomía

**Investigador Coordinador:** Dr. Anthony Valverde Abarca

**Contacto:** [anvalverde@tec.ac.cr](mailto:anvalverde@tec.ac.cr)

### Resumen

La evaluación de parámetros fisiológicos y el perfil proteómico de las células espermáticas podría potenciar la capacidad predictiva de la fertilidad de los reproductores/eyaculados, donde el estudio en conjunto tanto de parámetros fisiológicos (movilidad, viabilidad o polarización de la membrana mitocondrial) y moleculares (perfil proteico y metabólico) puede ayudar a comprender mejor qué está sucediendo durante la conservación de espermatozoides. También, el conocimiento generado a través del estudio permitirá optimizar la conservación de las células espermáticas y mantener por mayor tiempo la capacidad fecundante de las mismas. Lo anterior permite una mejoría considerable para el rendimiento reproductivo, la intensidad de selección, sostenibilidad y viabilidad económica en estos sistemas.

Por lo tanto, el objetivo general de este proyecto es el estudio de los parámetros relacionados con el metabolismo energético y el perfil proteico de los espermatozoides en análisis de semen fresco, refrigerado y criopreservado, en especies de interés productivo.

**Palabras clave:** Fertilidad, rumiantes, equinodermos, espermatozoides, criopreservación

## **Abstract**

The evaluation of physiological parameters and the proteomic profile of sperm could enhance the predictive capacity of fertility of reproducers/ejaculates. The study of both physiological (motility, viability or polarization of the mitochondrial membrane) and molecular (protein and metabolic profile) parameters, allowing understand what is happening during sperm conservation. Also, the knowledge generated through the study will optimize the conservation of sperm cells and maintain their fertilizing capacity for a longer time. This allows a considerable improvement for reproductive performance, selection intensity, sustainability and economic viability in these agricultural systems. Therefore, the aim of this project is the study of the parameters related to energy metabolism and the protein profile of spermatozoa in fresh, refrigerated and cryopreserved semen, in livestock species.

**Key words:** Fertility, ruminants, echinoderms, sperm, cryo-preservation

## PROYECTO 33. Producción de líneas mutantes de arroz tolerantes a suelos ácidos para contribuir con la productividad agrícola nacional

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias agronómicas

**Sub-área:** Biotecnología Agrícola

**Escuelas participantes:** Escuela de Física

**Proponente:** Escuela de Biología

**Investigador Coordinador:** Máster Jason Pérez Chaves

**Contacto:** [jasperez@tec.ac.cr](mailto:jasperez@tec.ac.cr)

### Resumen

El mejoramiento genético de arroz se enfoca en la búsqueda de variedades con tolerancia o resistencia a condiciones que limitan la producción. En Costa Rica la producción y el área sembrada disminuyeron desde 2013 un 5,8% y un 8,9% respectivamente. Al mismo tiempo, el consumo de arroz se ha mantenido en 48 kg al año per cápita, con aumento poblacional, implica mayores demandas y menor producción para suplirlas. Las políticas se han centrado en promover importaciones y no en apoyar a los productores, desincentivando y desestabilizando la seguridad alimentaria en el principal producto agrícola de consumo de los costarricenses. Ante este panorama, existe necesidad de incremento en productividad, para que la actividad arrocera vuelva a ser atractiva y rentable para los agricultores. Es imperativa la búsqueda de innovaciones dirigidas al sector. Las biotecnologías permiten generar variabilidad genética a partir de variedades de arroz que son utilizadas en la actualidad para aumentar su tolerancia a efectos del cambio climático, particularmente la acidificación de suelos, permitiendo mejorar el aprovechamiento de nutrientes en estas condiciones de estrés que son cada vez más frecuentes en los campos de cultivo.

Se plantea el desarrollo de líneas con tolerancia putativa a acidez. Esta condición es de alto impacto en el manejo agronómico de los cultivos, afecta la absorción de nutrientes y favorece la solubilidad de elementos tóxicos como aluminio que ocasionan disminución del desarrollo de la planta y la muerte, generando pérdidas significativas en cosechas. Para obtener este tipo de caracteres en el cultivo existe dependencia de dos procesos que tienen los programas de fitomejoramiento. Primero, introducción de variedades generadas en otros países y segundo el cruzamiento para obtener semillas híbridas. Esto genera dependencia hacia entes extranjeros que producen estas variedades en condiciones agroecológicas distintas al país. Consecuentemente, aumentan los tiempos de liberación por verificación de la adaptabilidad del comportamiento agronómico y la lentitud en obtención de semillas híbridas. Alternativamente, el TEC y las Universidades Públicas de Costa Rica poseen equipo técnico y profesionales únicos en el país para aumentar la diversidad genética de cultivos gracias al Laboratorio de irradiación Gamma, los laboratorios del CIB y de la Escuela de Biología de la UCR. Para colaborar con ello en el ODS 2.4, indicador 2.4.1 mediante una agricultura más productiva y sostenible. Con el desarrollo de este trabajo se busca al menos un mutante promisorio tolerante a pH ácido y

altas concentraciones de  $AlCl_3$ , mediante interacción de múltiples disciplinas, particularmente la implementación de física aplicada con la irradiación gamma que genera mutaciones de interés en las plantas que pueden identificarse y seleccionarse aplicando biotecnologías como el cultivo de tejidos.

El proyecto es innovador porque se utilizará una variedad ampliamente cultivada por los agricultores para mejorar una característica que aumente su productividad, impactando en el nivel de sofisticación productiva en zonas rurales, caracterizadas por presentar los menores Índices de Desarrollo Humano y pocas oportunidades de acceso a otras actividades productivas diferentes a la agricultura.

**Palabras clave:** suelos ácidos, mutagénesis radioinducida, productividad agrícola, embriogénesis somática, mejoramiento genético.

### **Abstract**

The genetic improvement of rice focuses on the search for varieties with tolerance or resistance to conditions that limit

production. In Costa Rica, production and the planted area have decreased by 5.8% and 8.9%, respectively, since 2013. At the same time, rice consumption has remained at 48 kg per year per capita, which, with population growth, implies greater demands and less production to supply them. Policies have focused on promoting imports rather than supporting producers, discouraging, and destabilizing food security in the main agricultural product consumed by Costa Ricans. Given this scenario, there is a need to increase productivity so that rice activity becomes attractive and profitable for farmers again. The search for innovations aimed at the sector is imperative. Biotechnologies make it possible to generate genetic variability from rice varieties that are currently used, to increase their tolerance to the effects of climate change, particularly soil acidification. This improves the use of nutrients in these stress conditions that are increasingly common in the fields.

The development of lines with putative tolerance to acidity is proposed. This condition has a high impact on the agronomic management of crops, affects nutrient absorption, and favors the solubility of toxic elements such as aluminum, which causes a decrease in plant development and death, generating significant losses in crops. To obtain these types of characteristics in the crop, there is a dependence on two

processes that plant breeding programs utilize. First, the introduction of varieties generated in other countries, and second, the crossing to obtain hybrid seeds. This generates dependence on foreign entities that produce these varieties in agroecological conditions different from Costa Rica. Consequently, the release times increase due to the verification of the adaptability of the agronomic behavior and the slowness in obtaining hybrid seeds.

Alternatively, TEC and the Public Universities of Costa Rica have unique technical equipment and professionals in the country to increase the genetic diversity of crops, thanks to the Gamma irradiation Laboratory, the laboratories of CIB, and the School of Biology of the UCR. To collaborate with this in SDG 2.4, indicator 2.4.1 through more productive and sustainable agriculture. With the development of this work, at least one promising mutant tolerant to acidic pH and high concentrations of AlCl<sub>3</sub> is sought, through the interaction of multiple disciplines, particularly the implementation of applied physics with gamma irradiation that generates mutations of interest in plants that can be identified and selected by applying biotechnologies such as tissue culture.

The project is innovative because a variety widely cultivated by farmers will be used to improve a characteristic that increases

their productivity, impacting the level of productive sophistication in rural areas. These areas are characterized by presenting the lowest Human Development Indices and few opportunities to access other productive activities other than agriculture.

**Key words:** acid soils, radiation-induced mutagenesis, agricultural productivity, somatic embryogenesis, genetic improvement.

# PROYECTO 34: Refrigeración magnética con un AMR magnetocalórico poroso

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2024

**Área:** Ciencias Naturales, Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Computación y ciencias de la información, Ingeniería de los Materiales

**Proponente:** Producción Industrial

**Investigador Coordinador:** Marcela Meneses Guzmán

**Contacto:** [mameneses@tec.ac.cr](mailto:mameneses@tec.ac.cr)

## Resumen

A pesar de los esfuerzos que se dan en Costa Rica y otros países para reducir la huella de carbono y alcanzar la carbono-neutralidad, el consumo de energía basada en combustibles fósiles sigue aumentando. En particular, la constante y creciente liberación de gases de efecto invernadero que se producen ha generado un conjunto de problemas ambientales que demandan una inmediata intervención. La comunidad científica ha buscado alternativas de producción de energía limpia que ayuden a revertir los efectos por calentamiento global, contaminación y agotamiento de la capa de ozono. Un dato importante es que las emisiones de gases por fluorocarburos y dióxidos de carbono de los elementos refrigerantes, utilizados en los sistemas de refrigeración actuales por vaporcompresión y aire acondicionado convencionales, son una de las más influyentes causas del deterioro que sufre el medio ambiente. Los sistemas de refrigeración magnética con intercambiadores de calor basados en materiales sólidos con propiedades magnetocalóricas, como el gadolinio o las aleaciones Heusler, se han convertido en una opción viable y efectiva para reducir el impacto ambiental de las tecnologías de refrigeración e intercambio térmico. En este proyecto se busca evaluar y optimizar el rendimiento de



materiales con estructuras porosas y propiedades magnetocalóricas como elemento intercambiador y regenerador de calor dentro de un sistema de refrigeración magnética. Para alcanzar este objetivo, se hace uso de dos métodos efectivos que buscan medir el desempeño del sistema: técnicas avanzadas de modelación y simulación computacionales, apoyadas en modernos enfoques de diseño de experimentos que involucran la optimización de parámetros y condiciones del sistema; así como trabajo experimental orientado a la validación del modelo computacional y la evaluación de la eficiencia térmica de un prototipo de sistema de refrigeración magnética. Para el desarrollo del modelo computacional se utilizan datos experimentales del comportamiento magnético y térmico de diversos materiales con propiedades magnetocalóricas, se plantea un diseño de experimentos moderno para evaluar diferentes configuraciones y condiciones de inicio, tales como la forma de la estructura porosa del regenerador, frecuencia de trabajo, volumen del fluido de trabajo desplazado, porosidad del material, entre otras. Dentro del trabajo experimental se evalúa el desempeño de una configuración de cama empaquetada de esferas fabricada con gadolinio, optimizando el circuito hidráulico y el sistema de control de este. Con estos resultados, se valida el

modelo computacional bajo las mismas condiciones de operación, buscando optimizar los parámetros y condiciones de trabajo para ambos métodos que permitan obtener el máximo rendimiento del sistema de refrigeración magnética.

**Palabras clave:** materiales magnetocalóricos, refrigeración magnética, modelación y simulación computacional, estructuras porosas, intercambiadores de calor.

## **Abstract**

Despite the efforts in Costa Rica and other countries around the world to reduce their carbon footprint and achieve carbon neutrality, generation and consumption of primary energy based on fossil fuels continues to increase. Particularly, the release to the atmosphere of greenhouse gases one of the biggest problems that has generated a set of environmental problems that demand immediate intervention. The scientific community has intensively searched for clean energy alternatives able to help reverse the effects of global warming, pollution, and depletion of the ozone layer. A fundamental aspect is that gas emissions from fluorocarbons and carbon dioxide from the refrigerant elements, used in current vapor-compression

refrigeration systems and conventional air conditioning, are one of the most influential causes of the deterioration suffered by the environment. Refrigeration systems using magnetic technology with heat exchangers based on solid magnetocaloric materials, such as gadolinium or Heusler alloys, have become a viable and effective solution to reduce the environmental impact of refrigeration and thermal exchange technologies. The aim of this project is to evaluate and optimize the performance of materials with porous structures and magnetocaloric properties as a heat exchanger and regenerator element within a magnetic refrigeration system. To achieve this objective, two effective methods are used to measure the system performance: advanced computational modeling and simulation techniques, supported by modern design of experiments approaches, involving the optimization of the system parameters and conditions; as well as experimental work, with the final purpose of validating the computational model and assess the thermal efficiency of a magnetic cooling system prototype. The computational model uses experimental data on the magnetic and thermal behavior of different materials with magnetocaloric properties. A modern design of experiments is then proposed to evaluate different configurations and working conditions, such as the structure shape of the porous heat regenerator, working

frequency, volume of the displaced working fluid, porosity of the material, among others. Within the experimental work, the thermal efficiency of a packed bed of spheres manufactured with gadolinium is evaluated, optimizing the hydraulic circuit and its control system. With these results, the computational model is validated under the same operating conditions, seeking to optimize the parameters, and working conditions for both approaches that allow the magnetic cooling system to achieve maximum performance.

**Keywords:** magnetocaloric materials, magnetic refrigeration, computational modeling and simulation, porous structures, heat exchangers

## PROYECTO 35. Síntesis de nanopartículas capaces de encapsular material bioactivo mediante la elaboración de un sistema de atomización electrohidrodinámica para aplicaciones en vacunas nasales.

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ingeniería de los materiales

**Proponente:** Química

**Investigador Coordinador:** Ricardo Starbird Pérez

**Contacto:** rstarbird@tec.ac.cr

### Resumen

Los sistemas de liberación controlada de fármacos son técnicas novedosas que presentan ventajas ante las técnicas convencionales, facilitan la localización de la carga bioactiva en regiones específicas y control de la concentración de fármaco en rangos terapéutico-establecidos por mayores plazos de tiempo. Se utilizan sistemas de administración a escalas microscópicas o nanométricas, de acuerdo con su aplicación y región de interés. Estos sistemas consisten en la encapsulación de un compuesto bioactivo (núcleo) en una matriz de biopolímero (vehículo) para facilitar la carga bioactiva se difunda. La técnica de electrospraying se utiliza para la elaboración de nanopartículas simples o encapsuladas a partir de alto campo eléctrico, las partículas generadas son depositadas electrostáticamente en un plato recolector para su recuperación. Los sistemas de estructuración con altos potenciales eléctricos se encuentran disponibles comercialmente en el mundo, estos poseen altos costos que limitan su adquisición y a su vez la implementación de esta tecnología. El Instituto Tecnológico de Costa Rica tiene la capacidad de diseñar y construir dicho sistema a partir de equipos anteriormente obtenidos y de fácil acceso y manipulación, con el objetivo de su uso en la para la elaboración

de nanopartículas de biopolímero con material bioactivo, así como par otras futuras investigaciones en donde se requiera generar nanopartículas. En esta propuesta de investigación, se fabricará un equipo de atomización electrohidrodinámica que permita la elaboración de sistemas de nanoparticulados a base de biopolímeros biocompatibles, los cuales puedan encapsular material bioactivo para su liberación controlada por medio de vacunas nasales. Esto podría contribuir a una mejor respuesta biológica y, por lo tanto, una mayor efectividad de tratamiento.

**Palabras clave:** Biopolímeros, electrospraying, nanopartículas, vacunas nasales, aplicaciones biomédicas

### **Abstract**

Controlled drug release systems are innovative techniques that offer advantages over conventional methods, enabling the localization of bioactive payloads in specific regions and the control of drug concentration within therapeutic ranges for extended periods. Administration systems are utilized at microscopic or nanometric scales, depending on their application and area of interest. These systems involve

encapsulating a bioactive compound (core) within a biopolymer matrix (shell) to facilitate the diffusion of the bioactive payload. The electrospraying technique is employed to produce simple or encapsulated nanoparticles, using a high electric field to electrostatically deposit the generated particles onto a collecting plate for recovery. Commercially available systems with high electric potential are present worldwide; however, their high costs limit the acquisition and implementation of this technology. The Technological Institute of Costa Rica has the capacity to design and construct a system using previously obtained, easily accessible, and manipulable equipment. This aims to be used to produce bioactive material incorporated biopolymer nanoparticles, as well as for other future investigations requiring nanoparticle generation. In this research proposal, an electrohydrodynamic atomization device will be manufactured, enabling the development of nanoparticulate systems based on biocompatible biopolymers, capable of encapsulating bioactive material for controlled release through nasal vaccines. This could contribute to an improved biological response and, consequently, a higher treatment effectiveness.

**Keywords:** Biopolymers, electrospraying, nanoparticles, nasal vaccine, biomedical applications

## PROYECTO 36. Sistema de enfriamiento pasivo para paneles fotovoltaicos mono-faciales

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales

**Sub-área:** Ing. Eléctrica, Electrónica e Ing. de la Información, Ingeniería Mecánica

**Escuelas participantes:** Escuela de Ingeniería Electrónica

**Proponente:** Escuela de Ingeniería Electromecánica

**Investigador Coordinador:** Dr. Luis Diego Murillo Soto

**Contacto:** [lmurillo@tec.ac.cr](mailto:lmurillo@tec.ac.cr)

### Resumen

La energía eléctrica producida por sistemas fotovoltaicos representa más del 50% de la energía renovable del mundo, sin embargo, los paneles fotovoltaicos disminuyen su productividad cuando estos se calientan. La temperatura es la variable de control para mejorar la productividad de dichas instalaciones. En el proceso de conversión energía solar a eléctrica, los fotones con poca energía vibracional que no logran saltar la zona de agotamiento incrementan el movimiento de las partículas y por ende se incrementa la temperatura. Nuestro planeta está experimentando una fase de calentamiento causado por los gases de efecto invernadero, que causan un incremento en la temperatura ambiental. Las altas temperaturas ambientales, olas de calor, etc., repercuten significativamente en el rendimiento de la producción eléctrica de los paneles fotovoltaicos (PF) instalados en todo el mundo. Considerando esto, con un intercambiador pasivo que logre disminuir la temperatura de los paneles fotovoltaicos en 15 °C, es posible incrementar la producción eléctrica en aproximadamente un 6%. Este proyecto plantea el desarrollo de un intercambiador de calor pasivo basado en micro-fluídica con el fin de evacuar calor sin fuentes de energía externa. Dicho intercambiador, de bajo costo, modular, portable y fácil instalación podría aplicarse

a los millones de paneles fotovoltaicos instalados en el mundo, para tecnologías mono y poli-cristalinos del tipo mono-facial. Esta solución permitiría incrementar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y por ende el de las granjas solares.

La investigación se divide en 4 fases: simulación computacional de geometrías y selección, construcción de prototipo, experimentación y medición del rendimiento, demostración de los resultados. Para la realización de cada fase se utilizarán estudiantes asistentes especiales con nivel avanzado. Como resultado de la investigación, se tendría un prototipo que logre incrementar la producción eléctrica del panel fotovoltaico con el mismo recurso solar y temperatura ambiental típicas del sitio. Este proyecto de Investigación aplicada esta alineado con la línea de investigación Sistemas Energéticos de la Escuela de Ingeniería Electromecánica.

**Palabras clave:** Intercambiador de calor pasivo, incremento de rendimiento en PF, simulación numérica

## **Abstract**

The electrical energy produced by photovoltaic systems represents more than 50% of the world's renewable energy. However, photovoltaic panels decrease their productivity when they heat up. Temperature is the control variable to improve productivity in such facilities. In the process of converting solar energy to electricity, photons with a low vibrational energy that fails to jump the depletion zone increase the movement of the particles, and therefore the temperature increases. Our planet is experiencing a warming phase caused by greenhouse gases, which cause an increase in environmental temperature. High ambient temperatures, heat waves, etc., significantly impact the performance of electricity production from photovoltaic (PV) panels installed around the world. Considering this, with a passive heat exchanger that can lower the temperature of the photovoltaic panels by 15 °C, it is possible to increase the production by approximately 6%. This project proposes the development of a passive heat exchanger based on micro-fluidics that allows evacuating heat without external energy sources. Said low-cost and easy-to-install exchanger could be applied to the millions of photovoltaic panels installed worldwide, for mono- and polycrystalline technologies of the

mono-facial type. This solution would increase the efficiency of photovoltaic panels and, therefore, of solar farms. The research is divided into 4 phases: computational simulation of geometries and selection, prototype construction, experimentation and performance measurement, demonstration of results. To carry out each phase, special student assistants with an advanced level will be used. As a result of the investigation, a prototype would increase the energy production of the photovoltaic panel with the same typical solar resource and ambient temperature. This applied research project is aligned with the Energy Systems research line of the School of Electromechanical Engineering.

**Key words:** Heat exchanger, performance increase in PV, numerical simulation

## PROYECTO 37. Sistemas basados en Inteligencia Artificial usando Machine Learning y Deep Learning para reconocimiento facial, categorización automática de casos y predicción de incidentes por ubicación

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2026

**Área:** Ciencias naturales

**Sub-área:** Computación y Ciencias de la Información

**Proponente:** Escuela de Ingeniería en Computación San Carlos

**Investigador Coordinador:** Dr. Abel Méndez Porras

**Contacto:** amendez@tec.ac.cr

### Resumen

El Organismo de Investigación Judicial de Costa Rica tiene el objetivo de crear una unidad dentro de la oficina de Plataforma de Información Policial que se especialice en temas de innovación, investigación y desarrollo referentes a ciencia de datos, inteligencia artificial y aprendizaje automático con el fin de desarrollar y desplegar proyectos que contribuyan en la lucha contra el crimen organizado. A continuación, se describen tres escenarios de trabajo prioritarios en los que se desea desarrollar sistemas de software basados en Inteligencia Artificial usando Machine Learning y Deep Learning para contribuir en la lucha contra el crimen organizado desde el Poder Judicial de Costa Rica.

1. Reconocimiento facial en álbumes criminales. El OIJ almacena una colección grande de imágenes de personas que han cometido algún delito y han sido “pasadas” por Archivo Criminal, cuando hay evento delictivo, el ofendido debe ir a hacer reconocimiento fotográfico sobre esta colección enorme de fotografías, algo que además de tedioso revictimiza al ofendido, se pretende agilizar este proceso por medio de reconocimiento automatizado de imágenes, al seleccionar imagen, el programa busque



las más similares. Además de extender este tipo de reconocimientos no solo a rostros de personas si no también tatuajes, objetos y hasta videos.

2. Categorización automática de denuncias por delito - Interpretación de lenguaje natural. Una vez que se toma una denuncia, se le debe asignar un delito para que dicha denuncia pase a una sección especializada, este proceso hoy en día es manual y se pretende automatizarlo.

3. Predicción de delitos por ubicación. Se requiere realizar una predicción de delitos por ubicación, donde se indique aquellos lugares del país donde es más probable que se presenten eventos criminales.

En esta propuesta se plantea desarrollar tres sistemas de software basados en Inteligencia Artificial usando Machine Learning y Deep Learning para contribuir en la lucha contra el crimen organizado desde el Poder Judicial de Costa Rica. El desarrollo de estos tres sistemas de software se realizará en forma conjunta por parte del Instituto Tecnológico de Costa Rica y Poder Judicial de Costa Rica.

**Palabras clave:** OIJ, Deep Learning, Machine Learning, IA, CNN, GPT, Time Series

## **Abstract**

The “Organismo de Investigación Judicial” aims to create a unit within the Police Information Platform office specialized in innovation, research, and development related to data science, artificial intelligence, and machine learning. The purpose is to develop and implement projects that contribute to the fight against organized crime. Below are three priority work scenarios in which they wish to develop AI-based software systems using Machine Learning and Deep Learning to combat organized crime from the “Organismo de Investigación Judicial” of Costa Rica.

4. ***Facial recognition in criminal databases*** - The OIJ (Organismo de Investigación Judicial) maintains a large collection of images of individuals who have committed crimes and have been part of the Criminal Archives. When a criminal event occurs, the victim must undergo a tedious process of identifying the perpetrator from this enormous collection of photographs. To streamline this process and avoid re-victimization, the aim is to implement automated image recognition, where the program searches for the most similar images upon selection, not only limited to facial recognition but also extending to tattoos, objects, and even videos.

**5. Automatic categorization of crime reports** - Natural language interpretation: Once a crime report is filed, it needs to be assigned a specific category of crime to be directed to a specialized section. Currently, this process is manual, but the intention is to automate it through AI.

**6. Crime prediction by location** - There is a need to predict potential crime occurrences in different locations across the country. The goal is to identify areas where criminal events are more likely to happen.

This proposal suggests developing three software systems based on Artificial Intelligence, using Machine Learning and Deep Learning, to aid in the fight against organized crime within the “Organismo de Investigación Judicial” of Costa Rica. The development of these three software systems will be a collaborative effort between the Technological Institute and the “Organismo de Investigación Judicial” of Costa Rica.

**Key words:** Deep Learning, Machine Learning, IA, CNN, GPT, Time Series

## PROYECTO 38. Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Sub-área:** Ingeniería de los Materiales, Otras Ingenierías y Tecnologías

**Escuelas participantes:** Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales

**Proponente:** Escuela de Arquitectura y Urbanismo

**Investigador Coordinador:** Ileana Hernández Salazar

**Contacto:** [ihernandez@tec.ac.cr](mailto:ihernandez@tec.ac.cr)

### Resumen

A lo largo del tiempo los seres humanos han habitado en edificaciones de tierra empleando este material en los diferentes sistemas estructurales de las construcciones, desde soporte hasta cerramientos y elementos ornamentales. En Costa Rica las técnicas del adobe y el bahareque fueron ampliamente difundidas, por lo que pueden encontrarse en zonas urbanas y rurales, llegando a convertirse en elementos representativos del paisaje. No obstante, a pesar de su desarrollo en épocas pasadas, estos sistemas constructivos han presentado problemas en cuanto a su respuesta ante condiciones de sismo. Desde el punto de vista estructural el adobe y el bahareque se han clasificado como sistemas frágiles, situación que limita su uso a intervenciones en inmuebles de valor histórico-patrimonial. A pesar de esta condición, los centros urbanos del Gran Área Metropolitana (GAM) aún conservan un número importante de edificaciones de tierra, no obstante, al tratarse de técnicas discontinuadas el oficio que permite dar mantenimiento a este tipo de construcciones se ha perdido, volviendo vulnerable a este recurso y agravando el riesgo de su desaparición. Por otra parte, en los últimos años la industria de la construcción se ha señalado como uno de los sectores más contaminantes para el

medioambiente, los estudios en materia de impacto ambiental reflejados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible señalan la necesidad de utilizar materiales alternativos que permitan ciudades y comunidades más sostenibles. Estos factores han posicionado a la tierra como una oportunidad para aminorar el impacto, reducir los costos, recuperar los saberes olvidados y conservar las edificaciones de existentes en estos sistemas constructivos. El presente proyecto pretende analizar los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia a partir de la caracterización física y mecánica del material que permita generar la base para proponer una adaptación sismorresistente de estas técnicas.

Se propone la generación de conocimiento alrededor de estos sistemas que apoye los procesos de conservación de las edificaciones existentes y posteriormente ofrezca una alternativa para la reutilización de estos sistemas constructivos.

**Palabras clave:** Arquitectura vernácula, adobe, bahareque, sismorresistente, Santo Domingo, Cartago.

### **Abstract**

Throughout time, human beings have lived in earthen buildings using this material in the different structural systems of the constructions, from support to enclosures and ornamental elements. In Costa Rica, adobe and wattle and daub techniques were widely used, and can be found in both urban and rural areas, becoming representative elements of the landscape. However, in spite of their development in the past, these construction systems have presented problems in terms of their response to seismic conditions. From the structural point of view, adobe and wattle and daub have been classified as fragile systems, a situation that limits their use to interventions in buildings of historical and heritage value. In spite of this condition, the urban centers of the Greater Metropolitan Area (GAM) still preserve a significant number of earthen buildings; however, since these techniques have been discontinued, the trade that allows the maintenance of this type of construction has been lost, making this resource vulnerable and aggravating the risk of its disappearance. On the other hand, in recent years the construction industry has been identified as one of the most environmentally polluting sectors, and studies on environmental impact reflected in the Sustainable Development Goals point to the need to use alternative materials that allow for more sustainable cities and communities. These factors have

positioned the earth as an opportunity to lessen the impact, reduce costs, recover forgotten knowledge and conserve existing buildings in these construction systems.

This project aims to analyze the adobe and bahareque construction systems of the historic centers of the cities of Cartago and Santo Domingo de Heredia based on the physical and mechanical characterization of the material that will allow generating the basis for proposing a seismic-resistant adaptation of these techniques. It is proposed the generation of knowledge about these systems to support the conservation processes of existing buildings and subsequently offer an alternative for the reuse of these construction systems.

**Key words:** Construction techniques, vernacular architecture, alternative materials, tangible heritage, intangible heritage.

## PROYECTO 39. Ventanas inteligentes: diseño de recubrimientos basados en Dióxido de Vanadio termocrómico sobre vidrio ajustados a necesidades del trópico

**Periodo de ejecución:** Del 1 de enero del 2024 al 31 de diciembre del 2025

**Área:** Ciencias naturales

**Sub-área:** Ingeniería de los Materiales

**Escuelas participantes:** Escuela de Química

**Proponente:** Escuela de Física

**Investigador Coordinador:** M.Sc. Natalia Murillo Quirós

**Contacto:** nmurillo@tec.ac.cr

### Resumen

Las ventanas inteligentes termocrómicas han sido ampliamente investigadas debido a sus ventajas: la primera, la comodidad de las personas en una habitación al evitar las altas temperaturas resultantes del calentamiento solar mientras permiten aprovechar la luz visible y la segunda, el ahorro de eficiencia energética que ofrecen dado que evitan el uso de calefacciones y luz artificial. El Dióxido de Vanadio (VO<sub>2</sub>) es uno de los materiales más utilizados en el desarrollo de dispositivos termocrómicos pues presenta una transición semiconductor-metal en la que aumenta la reflexión en el rango infrarrojo del espectro solar al alcanzar los 68 °C, con lo que se evita el calentamiento interno del edificio, y a la vez se deja prácticamente inalterado el paso de la parte visible del espectro solar. Se puede bajar esta temperatura de transición mediante un proceso de síntesis que incluya dopajes con Tungsteno (W). Los países ubicados en el trópico muestran poco uso de estas tecnologías, aunque los estudios indican que por sus características de iluminación solar y temperatura podrían verse muy beneficiados. Para optimizar y lograr el máximo beneficio, es necesario diseñar una ventana que se ajuste a las condiciones tropicales y al mismo tiempo se mantenga asequible para una implementación extensa. El uso de

partículas de VO<sub>2</sub> es una buena opción, pero estudios bibliográficos hechos por este equipo muestran que hay pocos esfuerzos de soluciones apoyadas en la ciencia de materiales dirigidas específicamente a las necesidades climáticas del trópico. El propósito de esta propuesta es aprovechar la experiencia desarrollada por este equipo de investigación durante el proyecto que actualmente se desarrolla (Ventanas inteligentes: Aplicaciones a la eficiencia energética en el diseño arquitectónico de fachadas) y en el que se han alcanzado resultados satisfactorios como la síntesis del VO<sub>2</sub> dopado con W que muestra una temperatura de transición cercana a la los 30°C, la fabricación de recubrimientos en matriz polimérica que mantienen las características termocrómicas del VO<sub>2</sub> y el recubrimiento de vidrios de hasta 10 x 15 cm<sup>2</sup> en laminado. Sin embargo, basados en nuestras mediciones sabemos que para que el recubrimiento diseñado tenga mayor estabilidad en el tiempo, mejor transparencia y eficiencia energética tomando en cuenta las condiciones de clima del Trópico debe investigarse de forma más amplia la formulación de la película termocrómica mediante el estudio de diferentes tamaños de partículas, dopantes, surfactantes y matrices poliméricas.

**Palabras clave:** ventanas inteligentes, termocromismo, dióxido de vanadio, matriz polimérica, surfactante, Trópico.

### **Abstract**

Thermochromic smart windows have been extensively investigated due to their advantages: first, the comfort of people in a room by avoiding high temperatures resulting from solar heating while allowing visible light to be used and second, the energy efficiency savings they offer since they avoid the use of heating and artificial light. Vanadium Dioxide (VO<sub>2</sub>) is one of the most widely used materials in the development of thermochromic devices as it presents a semiconductor-metal transition in which reflection increases in the infrared range of the solar spectrum when reaching 68 °C, thus Internal heating of the building is avoided, and at the same time the passage of the visible part of the solar spectrum is left practically unaltered. This transition temperature can be lowered through a synthesis process that includes doping with Tungsten (W). The countries located in the tropics show little use of these technologies, although studies indicate that due to their characteristics of solar illumination and temperature they could benefit greatly. To

optimize and achieve maximum benefit, it is necessary to design a window that is suitable for tropical conditions while remaining affordable for extensive deployment. The use of VO<sub>2</sub> particles is one option, but literature studies by this team show that there are few materials science-based solution efforts directed specifically at the climatic needs of the tropics. The purpose of this proposal is to take advantage of the experience developed by this research team during the project that is currently being developed (Smart Windows: Applications to energy efficiency in the architectural design of facades) and in which satisfactory results have been achieved, such as the synthesis of VO<sub>2</sub> doped with W that shows a transition temperature close to 30°C, the manufacture of coatings in polymeric matrix that maintain the thermochromic characteristics of VO<sub>2</sub> and the coating of glasses of up to 10 x 15 cm<sup>2</sup> in laminate. However, based on our tests, we know that for the designed coating to have greater stability over time, and improvements in transparency and energy efficiency, considering the climate conditions of the Tropics, the formulation of the thermochromic film should be further investigated by studying different particle sizes, dopants, surfactants and polymer matrices.

**Key words:** smart windows, thermochromism, vanadium dioxide, polymer matrix, surfactant, Tropics