Información General del Semillero de Investigación		
Facultad: **Ciencias Naturales e Ingeniería FCNI**		
Programa académico: **Tecnología en Gestión de Sistemas de Telecomunicaciones**	Grupo(s) de Investigación: **GNET**	
Nombre del semillero – Siglas **Semillero de investigación en Sistemas de Telecomunicaciones - SISTEL**		
Líneas de Investigación: **Sistemas de transmisión y recepción**		

Áreas del saber *			
	1. Agronomía veterinaria y afines		5. Ciencias sociales y humanas
	2. Bellas artes		6. Economía, administración, contaduría y afines
	3. Ciencias de la educación		7. Matemáticas y ciencias naturales
	4. Ciencias de la salud	x	8. Ingenierías, arquitectura, urbanismo y afines

Al diligenciar este documento autorizo a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, ubicada en Calle de los Estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas y con teléfono de contacto 6076917700, para que recolecte, almacene, use, circule y/o suprima mis datos personales. Lo anterior para dar cumplimiento a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información disponible en www.uts.edu.co, la cual declaro conocer y saber que en esta se especifican cuáles datos son sensibles. Así mismo, conozco que como titular me asisten los derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir mis datos y revocar la autorización. Igualmente declaro que poseo autorización, de los otros titulares de datos que suministro, para que UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER les dé tratamiento conforme a las finalidades consignadas en la Política.

Información del Docente Líder

Nombre	Documento	Correo electrónico
Johan Leandro Téllez Garzón	1101753049	jtellez@correo.uts.edu.co

Información de los Autores

Nombre	Documento	Correo electrónico
Dany Fabián Jurado	1102373373	danyjurado@uts.edu.co

Proyecto

1. Título del proyecto: Interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting para accionamiento de lámparas y ventilación en el laboratorio de radiocomunicaciones de las Unidades Tecnológicas de Santander	MODALIDAD DEL PROYECTO **			
	PA	PI	TI	Otra. ¿Cuál?
			x	
	Fecha de creación del proyecto:			17/02/2025

2. Resumen del trabajo:

El proyecto propone el diseño e implementación de un interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting para controlar lámparas y sistemas de ventilación en el laboratorio de radiocomunicaciones de las Unidades Tecnológicas de Santander. Surge como respuesta al exceso de cableado, el cual genera desorden, limita la flexibilidad del espacio, incrementa el consumo energético y dificulta el mantenimiento de los sistemas convencionales. A partir de problemáticas identificadas

en el laboratorio, se plantea una solución sustentada en la captación de energía mecánica y el uso de módulos RF de 433 MHz, con el fin de accionar dispositivos sin necesidad de baterías ni alimentación externa, mejorando la eficiencia, sostenibilidad y modernización del entorno académico. El proyecto busca implementar un interruptor autónomo capaz de recolectar energía a través de un motor DC, almacenarla en condensadores y transmitir señales inalámbricas a sensores con relés encargados de controlar luces y ventilación. Para ello se formulan tres objetivos específicos: identificar requisitos técnicos, diseñar e integrar los componentes del sistema, y evaluar su desempeño mediante pruebas de eficiencia, almacenamiento energético y estabilidad de la señal RF. La metodología se centra en la integración práctica de la unidad de captación, el almacenamiento energético y la transmisión inalámbrica, acompañada de pruebas experimentales en laboratorio. Hasta el momento se cuenta con un prototipo funcional que opera a 10 metros, con diseño estructural impreso en 3D y que ya ha sido presentado a nivel departamental y nacional en RedColsi. Como resultados esperados se contemplan: un prototipo completamente funcional, un informe técnico detallado, una evaluación experimental, un manual de uso e instalación y un aporte documentado al semillero SISTEL. Finalmente, se establece un cronograma de 14 semanas que abarca desde la revisión bibliográfica y simulaciones hasta la construcción, validación, entrega y sustentación del proyecto.

3. Planteamiento de la problemática:

En el laboratorio de radiocomunicaciones de las Unidades Tecnológicas de Santander, el excesivo cableado utilizado para el accionamiento de lámparas y dispositivos genera no solo un problema de organización y espacio, sino también un consumo innecesario de energía eléctrica. Esta situación limita la eficiencia energética y dificulta la reconfiguración del espacio, afectando la funcionalidad y flexibilidad del laboratorio. Además, el cableado tradicional representa un desafío en términos de mantenimiento y escalabilidad, especialmente en un entorno donde la innovación tecnológica es fundamental (Bernal, 2024).

Esta problemática surge debido a la dependencia de sistemas convencionales de control, que no aprovechan las tecnologías inalámbricas ni métodos de Energy Harvesting para reducir el consumo energético y simplificar la infraestructura. La falta de soluciones basadas en energías alternativas y sistemas autónomos limita la modernización del laboratorio, lo cual es crucial en un campo como las telecomunicaciones, donde la eficiencia y la sostenibilidad son prioritarias (Flores y otros, 2022).

La pregunta que guía esta investigación es: ¿Cómo diseñar e implementar un interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting que permita reducir el cableado y el consumo de energía eléctrica en el laboratorio de radiocomunicaciones, manteniendo la funcionalidad y eficiencia del sistema de iluminación y ventilación? Esta pregunta busca explorar la relación entre el uso de tecnologías inalámbricas, la captación de energía mecánica y la optimización de recursos en un entorno académico y técnico.

4. Antecedentes:

Internacionales

En un trabajo reciente realizado en China, (Zhang y otros, 2024) recopilaron y analizaron de manera sistemática las principales técnicas de Energy Harvesting aplicadas a redes de sensores inalámbricos. Su investigación muestra cómo los métodos piezoeléctrico, termoeléctrico y electromagnético han evolucionado hacia configuraciones híbridas que permiten mejorar tanto la densidad de potencia como la estabilidad del suministro energético en ambientes con variaciones constantes. El estudio resalta que la combinación de múltiples fuentes, junto con circuitos de adaptación inteligentes, es esencial para extender la autonomía de los nodos de red, especialmente en escenarios de monitoreo remoto ubicados en zonas rurales chinas, donde reemplazar o mantener baterías representa un alto costo y dificultad logística.

Por su parte, (Nguyen & Kim, 2023) realizaron un análisis en Vietnam sobre cómo la gestión energética y las estrategias de enrutamiento influyen en la eficiencia de sensores IoT. Sus resultados evidencian que, al priorizar las rutas de transmisión basadas en la disponibilidad de energía recolectada, la vida útil de la red puede prolongarse hasta en un 40 % respecto a métodos tradicionales. El trabajo, probado en entornos urbanos de Hanói, plantea que la clave está en mantener un balance dinámico entre la energía generada y la consumida, usando algoritmos diseñados para redes que deben operar sin intervención frecuente del usuario.

En Singapur, (Tan y otros, 2021) revisaron las técnicas actuales de captación de energía, resaltando la importancia de integrar distintos métodos —como el piezoeléctrico, el fotovoltaico y el térmico— en un mismo sistema. Su investigación enfatiza que estas configuraciones híbridas no solo mejoran la cantidad total de energía captada, sino que también reducen la inestabilidad propia de depender de una sola fuente. Las pruebas, desarrolladas en laboratorios del área metropolitana de Singapur, evidencian que el uso de convertidores multientrada y algoritmos de gestión adaptativa resultan determinantes para mantener un suministro estable en aplicaciones de sensores distribuidos en ciudades inteligentes.

Nacionales

En el contexto colombiano, (Henao Bravo, 2023) diseñó un algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) adaptativo para sistemas híbridos, inicialmente aplicado en paneles fotovoltaicos. El autor probó su propuesta en Medellín, demostrando que, al ajustar el tamaño del paso de perturbación según las variaciones de la irradiancia, se logra hasta un 12 % más de energía extraída bajo condiciones climáticas variables. Este tipo de aporte se convierte en una alternativa eficiente para microrredes en el país, especialmente en regiones con alta variabilidad en radiación solar.

De manera complementaria, (Arango-Oliva & Gómez-Sánchez, 2023) evaluaron sistemas híbridos en entornos domésticos, integrando nano generadores piezoeléctricos, triboeléctricos y paneles solares a pequeña escala. El montaje experimental, desarrollado en Bogotá, incluyó un circuito multiplexor que distribuye la energía recolectada de manera óptima. Bajo condiciones típicas de luz interior y excitación mecánica moderada, alcanzaron una densidad de potencia de 150 μW/cm², lo que demuestra la viabilidad de este tipo de soluciones para hogares inteligentes en zonas urbanas colombianas.

Finalmente, en un estudio adelantado en la Universidad del Valle, (Vallarino-Peña, 2023) construyó una plataforma sensorial libre de baterías destinada a aplicaciones de IoT. Su propuesta se basa en la captación de vibraciones mecánicas ambientales, las cuales se convierten en electricidad mediante un convertidor elevador y se almacenan en supercondensadores. Durante las pruebas de laboratorio en Cali, el sistema logró alimentar hasta 15 ciclos de transmisión inalámbrica por hora en frecuencias de entre 50 y 100 Hz, mostrando un gran potencial para entornos rurales colombianos donde no es posible garantizar mantenimiento regular de baterías.

Locales

En Bucaramanga, un estudio publicado en la Revista Ingeniería y Ciencias documenta el desarrollo de un prototipo de captación de energía basado en radiofrecuencia. El sistema utiliza antenas sintonizadas y un arreglo de diodos y condensadores para recolectar microvatios de la densa red de telecomunicaciones existente en la ciudad. Los investigadores mapearon 71 antenas distribuidas en 10 comunas, demostrando que la infraestructura urbana puede aprovecharse como una fuente renovable para alimentar sensores de bajo consumo sin recurrir a baterías convencionales (Sanchez Medina y otros, 2021).

De manera paralela, (Vázquez-Valdés, 2021) diseñaron un rectificador CMOS especialmente adaptado para trabajar con las bajas tensiones generadas por materiales piezoeléctricos. Aunque el dispositivo es internacional, su publicación en la Revista UIS Ingenierías ha tenido gran repercusión local. Este rectificador, del orden de micrómetros, aprovecha casi la totalidad de la energía captada y mantiene hasta dos tercios de ella disponible para su uso, superando la eficiencia de rectificadores convencionales. Su impacto es relevante para proyectos desarrollados en Santander, al ofrecer un modelo aplicable a dispositivos portables de bajo consumo.

En un trabajo más cercano a la realidad local, (Forero-García, 2019) exploraron en la Universidad Industrial de Santander el uso de materiales piezoeléctricos integrados en el suelo de canchas deportivas. Su objetivo fue convertir la presión generada por los deportistas en energía eléctrica. Tras 27 ensayos experimentales variando el grosor del material y sus constantes piezoeléctricas, encontraron que era posible generar hasta 5 mW por pisada en condiciones óptimas. Este proyecto, desarrollado en Bucaramanga, plantea la posibilidad de implementar redes de captación energética para alimentar sistemas de iluminación LED en escenarios deportivos públicos, reduciendo el consumo eléctrico convencional.

5. Justificación:

La propuesta se fundamenta en la imperiosa necesidad de optimizar el consumo energético y reducir la dependencia del cableado convencional en el laboratorio de radiocomunicaciones, puesto que el exceso de cables incrementa los costos operativos y de mantenimiento, a la vez que limita la incorporación de tecnologías emergentes. Se plantea implementar un interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting que aprovecha la energía mecánica, ofreciendo una solución sustentable y moderna para un entorno tradicionalmente ineficiente. Esta iniciativa contribuye a la disminución de la huella de carbono y al uso racional de la energía, facilitando la integración de nuevas tecnologías que modernicen el entorno educativo y de investigación. La transformación de la infraestructura del laboratorio permitirá optimizar su funcionamiento, reduciendo gastos operativos y promoviendo una cultura de eficiencia energética. Asimismo, el proyecto se alinea con la misión de las Unidades Tecnológicas de Santander y refuerza el compromiso del semillero de investigación en Telecomunicaciones SISTEL, impulsando la innovación y el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas. En este

sentido, la propuesta no solo aporta un valor teórico significativo, sino que también tiene un impacto práctico directo en la mejora de los procesos y en el fortalecimiento de la investigación en el campo de las telecomunicaciones y las energías renovables..

6. Marcos referenciales:

Principios de captación de energía mediante mecanismos de conversión.

Almacenamiento temporal de energía mediante componentes eléctricos pasivos.

Limitaciones en el alcance de transmisión según la capacidad de carga.

Integración de sistemas electrónicos para optimizar la eficiencia.

Aplicaciones potenciales en dispositivos de bajo consumo y corta distancia.

7. Objetivo general y objetivos específicos:

Implementar un prototipo de interruptor inalámbrico basado en *Energy Harvesting* con módulos de RF de 433 MHz alimentado por una unidad de captación de energía mecánica para accionamiento de una red inalámbrica de sensores que controlan las lámparas y la ventilación del laboratorio de radiocomunicaciones.

- Identificar las especificaciones técnicas y funcionales del prototipo de interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting, considerando la integración de módulos de RF de 433 MHz y una unidad de captación de energía mecánica para el accionamiento de lámparas y ventilación en el laboratorio de radiocomunicaciones.
- Diseñar el prototipo realizando la integración de sus componentes críticos, incluyendo el sistema de captación y almacenamiento de energía mediante condensadores, asegurando la correcta operatividad, eficiencia en el consumo y compatibilidad con los sistemas existentes.
- Evaluar y validar el desempeño técnico del prototipo mediante pruebas experimentales en condiciones controladas, enfocándose en medir la eficiencia de recolección y almacenamiento de energía a partir del motor DC y los condensadores, además de verificar la estabilidad y efectividad de la transmisión del sistema con módulos RF de 433 MHz.

8. Metodología:

En la imagen siguiente se definen las principales etapas de la investigación: Integrar un motor DC para captar energía mecánica, almacenarla en condensadores y alimentar un emisor de radiofrecuencia que controla una carga a distancia, realizando pruebas experimentales en laboratorio para validar la generación, almacenamiento de energía y la efectividad del control inalámbrico.



9. Avances realizados:

Se tiene un prototipo funcional que es capaz de accionar sensores con relés a una distancia de 10 metros sin inconvenientes, además el prototipo ha sido mejorado y se realizó una impresión 3D para soportar el interruptor con todos sus elementos inalámbricos y de captación de energía. Se han realizado presentaciones del prototipo ene el evento redcolsi departamental y nacional.

.

10. Resultados esperados:

Como resultado del desarrollo del presente proyecto, se espera obtener los siguientes productos verificables y medibles:

• Prototipo funcional de interruptor inalámbrico basado en Energy Harvesting: Capaz de accionar lámparas y los ventiladores en el laboratorio de radiocomunicaciones sin requerir fuentes de energía externas ni cableado, mediante la recolección de energía mecánica y transmisión vía RF de 433 MHz.

• Informe técnico de diseño e implementación: Documento detallado que contendrá el análisis de requerimientos, esquemas del prototipo, selección de componentes, procedimientos de ensamblaje, diagramas eléctricos y pruebas de funcionamiento.

• Evaluación experimental del prototipo: Resultados obtenidos mediante pruebas en condiciones controladas que evidencien la eficiencia energética del sistema, la estabilidad de la señal RF y la autonomía del interruptor.

• Manual de uso e instalación: Guía práctica para la operación del sistema inalámbrico, orientado a docentes y estudiantes del laboratorio de radiocomunicaciones.

• Aporte al semillero de investigación SISTEL: Documentación y base técnica que servirá como insumo para futuros desarrollos en el ámbito de las telecomunicaciones sostenibles y el aprovechamiento de energías alternativas.

10. Cronograma:

A seguir se detallan las actividades a realizar de carácter cuantitativo y experimental.

ACTIVIDAD	SEMANA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Revisión bibliográfica y normativa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Elaboración de requisitos técnicos		X	X	X										
Simulaciones preliminares			X	X	X									
Adquisición de componentes				X	X									
Montaje de la unidad de captación				X	X	X								
Integración de módulos RF y conexionado				X	X	X								
Ajuste mecánico y conexionado del motor					X	X	X							
Verificación de la captación bajo carga						X	X	X						
Puesta en marcha del prototipo							X	X	X					
Toma de mediciones de voltaje y corriente								X	X	X				
Registro y análisis de datos experimentales									X	X	X			
Refinamiento final del prototipo										X	X	X	X	
Redacción del informe de resultados											X	X	X	
Preparación de la exposición y defensa												X	X	
Entrega y sustentación del proyecto														X

11. Bibliografía:

Arango-Oliva, F.Gómez-Sánchez, L. (2023). Sistemas híbridos de Energy Harvesting en aplicaciones domésticas. *Revista Colombiana de Ingeniería, 44*(3), 205–217. https://doi.org/10.1016/j.rci.2023.03.002

Bernal, I. (18 de septiembre de 2024). *Mantenimiento del cableado estructurado en grandes infraestructuras.* Obtenido de https://datamercantil.com/mantenimiento-del-cableado-estructurado-en-grandes-infraestructuras/

Flores, A., Vargas, R., & Campos, R. (2022). *Alternativas de energía renovable y gastos operativos del suministro eléctrico para una antena de telefonía – Porcón Alto - Cajamarca.* Universidad César Vallejo. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/105063

Forero-García, E. (2019). Diseño de transductor piezoeléctrico para generación de potencia eléctrica. *Revista UIS Ingenierías, 18*(1), 119–126. https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019010

Henao Bravo, E. (2023). *Sistema de conversión de energía eléctrica para paneles solares híbridos.* Obtenido de https://inspenet.com/en/noticias/national-university-of-colombia-designs-an-innovative-electrical-energy-conversion-system/

Nguyen, T.Kim, S. (2023). A comprehensive review of energy harvesting and routing strategies in IoT sensors. *Journal of Network and Computer Applications, 204*, 103445. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2022.103445

Sanchez Medina, I.Cabrera Medina, J.Medina Rojas, F.Gordillo Ramos, S. (2021). Diseño de un sistema de captación energética. *Revista ION, 34*(2), 89–93. https://doi.org/10.18273/revion.v34n2-2021008

Tan, Y.Su, H.Liew, S. (2021). Review of contemporary energy harvesting techniques and their applications in wireless sensors. *Energy Reports, 7*, 1156–1172. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.079

Vallarino-Peña, D. (2023). *Plataforma sensorial con recolección energética sin batería para IoT.* Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87583

Vázquez-Valdés, S. (2021). Un nuevo rectificador reconfigurable CMOS para recolectores de energía piezoeléctrica en dispositivos portables. *Revista UIS Ingenierías, 21*(1), 103–112. https://doi.org/10.18273/revuin.v21n1-2022009

Zhang, Y.Li, X.Wang, H. (2024). Energy harvesting techniques for wireless sensor networks: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 182*, 113606. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113606.

*** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)**
**** PA: Proyecto de Aula; PI: Proyecto Integrador; TI: Trabajo de Investigación**