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
Saul Enrique Silva Moncada	1005257194	senriquesilva@uts.edu.co

Proyecto

1. Título del proyecto: Guía práctica de enseñanza con módulos XBee pro S2C para fortalecimiento de competencias relacionadas a redes de sensores en la asignatura de Antenas del programa de Telecomunicaciones de las UTS	MODALIDAD DEL PROYECTO **			
	PA	PI	TI	Otra. ¿Cuál?
			x	
	Fecha de creación del proyecto:			6/08/2025

2. Resumen del trabajo:

El presente trabajo propone el diseño e implementación de guías prácticas de laboratorio basadas en módulos XBee Pro S2C, con el fin de fortalecer las competencias en redes de sensores inalámbricos (WSN) de los estudiantes de la asignatura de Antenas del programa de Gestión de Sistemas de Telecomunicaciones de las UTS. Actualmente, aunque

el laboratorio de radiocomunicaciones dispone de equipos especializados, existe una carencia de material didáctico y prácticas orientadas al uso de tecnologías WSN, lo que limita el aprovechamiento de los módulos XBee disponibles. Esta propuesta busca integrar contenidos teóricos de antenas, radiocomunicaciones y protocolos inalámbricos con experiencias prácticas que permitan la configuración, calibración y evaluación del desempeño de los XBee Pro S2C en escenarios aplicados. La metodología contempla el análisis técnico de los módulos, el desarrollo de guías estructuradas con ejercicios basados en necesidades reales del sector industrial y la validación con estudiantes para evaluar su efectividad pedagógica. Como resultado, se espera generar un conjunto de guías funcionales que potencien el aprendizaje práctico, optimicen los recursos del laboratorio y contribuyan al fortalecimiento de competencias en tecnologías emergentes como IoT, ZigBee y redes de sensores. Este proyecto aporta al desarrollo académico del programa y abre oportunidades para futuras líneas de investigación en aplicaciones inalámbricas de bajo consumo y alto alcance.

3. Planteamiento de la problemática:

En la asignatura de antenas los estudiantes del programa de Gestión de sistemas de telecomunicaciones utilizan el laboratorio de radiocomunicaciones que cuenta con equipos como analizador de espectro, radioenlace y analizador vectorial de redes (VNA), este laboratorio tiene guías de laboratorio existentes, sin embargo se observa una problemática debido a la ausencia de Guías de aprendizaje en redes de sensores (WSN), esta limitación se evidencia con los módulos XBee Pro S2C que se encuentran almacenados en el laboratorio, sin embargo presenta la problemática de que carecen de accesorios para su funcionamiento como el configurador XBee Explorer, antenas necesarias para la transmisión de datos.

A pesar de que sus características son ideales para realizar estos laboratorios no existen manuales ni ejercicios prácticos que expliquen el paso a paso para configurarlos, realizar mediciones de parámetros e interpretar resultados y aplicarlos en el entorno practico, como señalan Kumar (Kumar, 2019) y (García-Sánchez, García-Sánchez, & García-Haro, 2020), la falta de material pedagógico adecuado y recursos complementarios limita significativamente el aprovechamiento educativo de equipos especializados, afectando la adquisición de competencias prácticas en redes de sensores inalámbricos con base en ello nos plantemos la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar e implementar guías de laboratorio para módulos XBee Pro S2C para fortalecer las competencias de los estudiantes de la asignatura antenas en temas de redes de sensores inalámbricos?.

4. Antecedentes:

En la actualidad los módulos XBee Pro S2C han ganado importancia en el campo de las telecomunicaciones por su capacidad de ofrecer enlaces inalámbricos confiables a distintas topologías incluyendo punto a punto, multipunto y estrella en el cual estos dispositivos permiten configuraciones adaptable y una actualización de firmware de manera remota, así como la posibilidad de migrar a protocolos como ZigBee o DigiMesh lo que amplía su aplicabilidad en escenarios industriales y académicos (Digi International, 2023) Entre sus especificaciones destacadas se encuentra un alcance de hasta 3,2 kilómetros en condiciones de línea de vista y una potencia de transmisión de +18 dBm en modo de refuerzo además de opciones de conexión mediante UART o SPI y la compatibilidad con diversos tipos de antena como PCB, whip, dipolo, u.FL y RPSMA (DigiKey, s.f.)

El uso de estos módulos en el ámbito de laboratorio en especial en prácticas relacionadas con la asignatura de antenas ofrece una oportunidad para realizar mediciones y experimentos que conecten la teoría con la práctica sin embargo su implementación requiere considerar aspectos muy importantes los cuales son regulatorios y de seguridad además de como el uso exclusivo de antenas homologadas y el respeto de las distancias mínimas de seguridad el cual generalmente es 20 cm con respecto a personas en cumplimiento con normativas internacionales como las establecidas por la FCC (Electronics Stack Exchange, 2018) asimismo la elección del tipo de antena influye de manera directa en el patrón de radiación y el alcance efectivo de la señal por ejemplo las antenas de alta ganancia concentran la energía en direcciones específicas lo que puede ampliar la cobertura en esas zonas pero reducirla en otras siendo esto un factor importante al diseñar estas prácticas de laboratorio que incluyan mediciones de cobertura y propagación (Mouser, s.f.)

Investigaciones recientes han demostrado el desempeño del XBee Pro S2C en condiciones experimentales reales, evaluando métricas como latencia, relación de entrega de paquetes (PDR), consumo de energía y throughput, tanto en interiores como exteriores, con y sin cifrado AES. Dichos resultados son relevantes para planificar prácticas de laboratorio que equilibren rendimiento y seguridad (Ali, Mahmood, & Khan, 2022)

De igual forma, se han reportado aplicaciones exitosas de los módulos en sistemas de monitoreo agrícola, específicamente en redes de sensores inalámbricos para el control de riego, donde se comprobó su eficiencia en entornos

rurales abiertos y su integración con microcontroladores como Arduino, validando su potencial en escenarios prácticos aplicables a la industria (García, López, & Torres, 2020)

Un estudio experimental midió la intensidad de la señal y pérdida de paquetes en entornos variados usando módulos XBee Pro y Arduino, logrando comunicaciones de hasta 500 metros en condiciones rurales con línea de vista, lo cual respalda la capacidad de los módulos para prácticas reales de propagación y cobertura en laboratorios de antenas (Cama Pinto, y otros, 2017).

5. Justificación:

Esta propuesta se justifica por la necesidad de fortalecer en la asignatura de antenas mediante la implementación de guías prácticas para los módulos XBee Pro S2C actualmente los estudiantes del programa de gestión de sistemas de telecomunicaciones cuentan con prácticas en el laboratorio de radiocomunicaciones en las cuales se cuentas con equipos como analizador de espectro, analizador vectorial de redes (VNA) y radioenlace, sin embargo no se disponen de prácticas orientadas al uso de redes de sensores inalámbricos (WSN), esta ausencia limita aprovechar los módulos XBee Pro S2C que se encuentran en el laboratorio y restringe la posibilidad de que los estudiantes fortalezcan sus conocimientos y habilidades, al resolver esta problemática se busca aprovechar los recursos ya existentes en el laboratorio, sino también generar nuevas experiencias que permitan comprender los conceptos teóricos y llevarlos a la práctica con un enfoque en el cual se utiliza en el sector industrial,

Para la UTS esta propuesta es una oportunidad para mejorar los procesos en investigación aplicada a sistemas que utilizan módulos XBee como IoT, robótica, domótica y automatización; además el proyecto es viable gracias a la disponibilidad de equipo necesario y a los docentes capacitados en el cual se pueda asesorar del tema.

6. Marcos referenciales:

Los temas teóricos relacionados al trabajo son los siguientes:

1. Antenas

2. Radiocomunicaciones

3. Redes de sensores inalámbricos

4. Protocolo Zigbee

5. Banda ISM

6. IoT.

7. Objetivo general y objetivos específicos:

Diseñar e implementar guías de laboratorio para módulos XBee Pro S2C que integren conceptos prácticos de la asignatura de antenas con el fin de fortalecer las competencias de los estudiantes en redes de sensores inalámbricos.

- Analizar la capacidad técnica de los módulos XBee Pro S2C mediante la revisión de sus características, documentación técnica y pruebas de laboratorio, con el fin de identificar su aplicabilidad en el desarrollo de prácticas de la asignatura de antenas
- Desarrollar guías prácticas estructuradas que incluyan el paso a paso para la configuración, calibración y uso de los módulos XBee Pro S2C, empleando ejemplos aplicados a escenarios reales del sector industrial, con el propósito de fortalecer las competencias técnicas y prácticas de los estudiantes en redes de sensores inalámbricos.
- Validar la efectividad de la metodología de enseñanza mediante pruebas con al menos dos estudiantes con el fin de evaluar el aprendizaje de temas relacionados a WSN y módulos XBee.

8. Metodología:

El desarrollo del proyecto se estructura en seis fases, organizadas según el cronograma semanal establecido:

Fase 1. Adquisición de materiales

Se realiza la compra y verificación de los elementos necesarios para las prácticas (XBee Explorer, sensores, antenas y microcontroladores). Esta fase garantiza la disponibilidad de los recursos para las etapas posteriores.

Fase 2. Análisis técnico del módulo XBee Pro S2C

Se revisan las especificaciones técnicas, documentación oficial y protocolos de comunicación. Paralelamente, se ejecutan pruebas iniciales en laboratorio para determinar capacidades, alcance, modos de operación y compatibilidad con antenas disponibles. Esta fase fundamenta el diseño de las guías.

Fase 3. Diseño de guías y ejercicios prácticos

Con base en el análisis previo, se elaboran guías estructuradas que incluyen:

- Configuración paso a paso en XCTU
- Pruebas de comunicación y mediciones
- Integración con sensores y microcontroladores
- Actividades de análisis de propagación y cobertura
- Las guías se orientan a escenarios reales del sector industrial.

Fase 4. Desarrollo y adecuación del espacio de laboratorio

Se configuran los puestos de trabajo, se organizan los módulos y accesorios y se ajusta el entorno necesario para que las prácticas puedan realizarse de manera segura y eficiente. Se documenta la disposición física y los requisitos técnicos

Fase 5. Pruebas piloto con estudiantes

Se selecciona un mínimo de dos estudiantes para ejecutar las guías diseñadas. Se evalúa su claridad, funcionalidad y aporte al aprendizaje mediante observación directa y retroalimentación. Esta fase permite identificar oportunidades de mejora.

Fase 6. Ajuste final, verificación y entrega

Se realizan correcciones según los resultados de las pruebas piloto. Finalmente, se consolida la versión definitiva de las guías y se elabora el documento final para evaluación, seguido de la sustentación y entrega formal del trabajo.

9. **Avances realizados**:

Hasta la fase 3 del proyecto se ha logrado un avance significativo. Inicialmente, se completó la adquisición de los materiales necesarios, incluyendo los módulos XBee Pro S2C, los adaptadores XBee Explorer, antenas y sensores complementarios, garantizando así la disponibilidad de los recursos para el desarrollo de las prácticas. Posteriormente, se realizó el análisis técnico de los módulos, revisando documentación oficial, características de operación, protocolos compatibles y efectuando pruebas preliminares en el laboratorio para validar su funcionamiento y alcance, lo cual permitió identificar sus capacidades y limitaciones en contextos académicos. Con esta información, se avanzó en la fase 3, donde se diseñaron las primeras versiones de las guías prácticas, estructuradas con procedimientos paso a paso para la configuración en XCTU, ejercicios de comunicación básica, integración con sensores y actividades orientadas a la medición de parámetros de propagación, sentando las bases para las pruebas piloto con estudiantes.

10. Resultados esperados:

Como Resultado se prevé la entrega de guías de laboratorio para el uso de los módulos XBee Pro S2C el cual está diseñada para la asignatura de antenas en el programa de Gestión de sistemas de telecomunicaciones el cual estas guías

incluirán procedimientos explicado como la configuración, calibración y ejercicios prácticos enfocados en lo que se utiliza actualmente en el sector industrial.

11. Cronograma:

Actividad (Semanal)	Fase 1				Fase 2					Fase 3					Fase 4				Fase 5			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Adquisición de materiales																						
Análisis Técnico modulo Xbee Pro 2C																						
Diseño guías y ejercicios																						
Desarrollo y configuración de espacio en el laboratorio																						
Pruebas de las guías con estudiantes																						
Ajuste y verificación final de las guias																						
Entrega del documento Final para evaluación																						
Sustentación del trabajo de grado																						
Entrega final																						

12. Bibliografía:

Electronics Stack Exchange. (2018). *Electronics Stack Exchange*. Obtenido de XBee Pro S2C 2.4 GHz 10dBi antenna and its effect: https://electronics.stackexchange.com/questions/380132/xbee-pro-s2c-2-4-ghz-10dbi-antenna-and-its-effect

Ali, S., Mahmood, A., & Khan, Z. A. (2022). Comprehensive performance analysis of Zigbee communication: An experimental approach with XBee S2C module. *Sensors*. doi:https://doi.org/10.3390/s22093245

Cama Pinto, A., Piñeras Espitia , A., Caicedo Ortiz, J., Ramirez Cerpa, E., Betancur Agudelo, L., & Gomez Mula Francisco. (2017). Received strength signal intensity performance analysis in wireless sensor network using Arduino platform and XBee wireless modules. *International Journal of Distributed Sensor Networks, 13*(7), 1–9. doi:https://doi.org/10.1177/1550147717722691

Digi International. (2023). *XBee/XBee-PRO S2C 802.15.4 RF Module User Guide.* Digi International. Obtenido de https://docs.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90001500.pdf

DigiKey. (s.f.). *XBee S2C 802.15.4 RF Modules*. Obtenido de DigiKey: https://www.digikey.com/en/product-highlight/d/digi-intl/xbee-s2c-802-15-4-rf-modules

García, M., López, R., & Torres, J. (2020). Wireless sensor network for monitoring irrigation using XBee Pro S2C. *International Journal of Agricultural Technology and Innovation, 6*, 45–56. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/343870825_Wireless_sensor_network_for_monitoring_irrigation_using_XBee_Pro_S2C

García-Sánchez, A. J., García-Sánchez, F., & García-Haro, J. (2020). Teaching Wireless Sensor Networks: A Practical Guide Using Open Hardware Platforms. *Computer Applications in Engineering Education, 28*(4), 862-879. doi:10.1002/cae.22247

Kumar, A. (2019). Integrating Wireless Sensor Networks into Engineering Education: Challenges and Opportunities. *IEEE Transactions on Education, 62*(3), 204-212. doi:10.1109/TE.2019.2902505

Mouser. (s.f.). *Mouser*. Obtenido de XBee S2C 802.15.4 RF Module Datasheet: https://www.mouser.com/pdfdocs/ds_xbee-s2c-802-15-4.pdf

Parallax. (s.f.). *Parallax*. Obtenido de XBee-PRO S2C 802.15.4 (w/ Wire Antenna): https://www.parallax.com/product/xbee-pro-s2c-802-15-4-w-wire-antenna-xbp24cawit-001.

*** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)**

**** PA: Proyecto de Aula; PI: Proyecto Integrador; TI: Trabajo de Investigación**