



A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Básica		Aplicada	X
--------	--	----------	---

2. UNIDAD EJECUTORA (*Departamento, Instituto o Estructura de Investigación*):

1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI)

3. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Propagación y Antenas (DETRI-A1-L3)

4. TÍTULO DEL PROYECTO (*mínimo 10 palabras*):

Implementación en tecnología impresa de un elemento radiante con polarización elíptica que será utilizado para telemetría en la banda de UHF.

5. RESUMEN (*máximo 200 palabras*)

En proyectos desarrollados en la EPN, se ha visto la necesidad de buscar la forma de solucionar inconvenientes que se presentan en el desarrollo de los mismos; claramente se ha podido evidenciar la falta de acceso a elementos radiantes que presenten características específicas y que no son fáciles de conseguir. En el presente proyecto se plantea implementar una antena en la banda de UHF con polarización elíptica, dado que comercialmente en esta banda de frecuencia resulta un poco complicado adquirirla con este tipo de polarización. La antena que se implementará será utilizada en un proyecto que se encuentra en desarrollo en la Facultad de Ingeniería Mecánica; ellos requieren de un elemento radiante que presente un tamaño reducido como para ser colocado en una estación en tierra para el envío y recepción de las señales de telemetría que ayudan a controlar un vehículo aéreo no tripulado. La antena deberá presentar un ancho de banda de acoplamiento al menos 20 MHz dentro de la banda de UHF con una frecuencia central situada a 910 MHz.

6. PALABRAS CLAVE (4-6)

UHF, telemetría, tecnología impresa, polarización elíptica, UAV, estación en tierra.

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un elemento radiante en la banda de UHF con polarización elíptica que permita el envío y recepción de señales de telemetría.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar el tipo de sustrato a utilizarse en el diseño del elemento radiante utilizando tecnología impresa.



- b. Seleccionar a partir de simulaciones el tipo de elemento radiante que permita conseguir un ancho de banda adecuado, en primer lugar, con polarización lineal.
- c. Ajustar el diseño que presenta polarización lineal para que este lo haga con polarización elíptica.
- d. Fabricar el prototipo seleccionado y con las respectivas mediciones verificar los resultados de las simulaciones.

8. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS *(con relación a los objetivos)*

- a. De experiencias anteriores relacionadas con la utilización de tecnología impresa para la implementación de elementos radiantes, se deberán considerar las características dieléctricas y físicas de diferentes tipos de sustratos, a partir de lo cual se seleccionará aquel que permita el funcionamiento de la antena con el ancho de banda y polarización deseados.
- b. Se diseñarán y simularán a la frecuencia deseada diversos modelos de antenas con polarización lineal; a partir de las simulaciones realizadas se escogerá aquella que presente los mejores resultados en términos de ancho de banda y acoplamiento.
- c. Del modelo anteriormente seleccionado, se aplicarán técnicas de modelamiento para conseguir que cambie su polarización lineal a elíptica.
- d. Posterior a los procesos de simulación y optimización, se espera tener el prototipo de la antena que cumpla con las especificaciones planteadas, lo cual se comprobará en base a las mediciones realizadas.

9. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN *(científico, social, económico u otros (máximo una carilla))*

El presente proyecto espera brindar soluciones alternativas al proyecto desarrollado en la Facultad de Ingeniería Mecánica con el diseño e implementación de un elemento radiante que opere en la banda de UHF que radie con polarización elíptica. Comercialmente, en esta banda de frecuencia es bastante complicado conseguir una antena que presente la polarización indicada, es por esto que en este proyecto se espera obtener un prototipo con este tipo de polarización para conseguir una posible disminución de las pérdidas por desacoplo de polarización las cuales se presentan en los enlaces de comunicaciones. Esto permitiría tener un mejor manejo en el consumo de potencia y con ello alargar el tiempo que las baterías proporcionan la energía a los equipos que se utilizan tanto en la estación en tierra como en los vehículos aéreos no tripulados.

La implementación de este proyecto permitirá ampliar el campo de trabajo de los investigadores que desarrollamos diseños y estudios dentro del área de antenas y propagación, empleando la colaboración mutua y brindando alternativas y posibles soluciones relacionados con el manejo de elementos de radiofrecuencia como en este caso las antenas.

10. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO *(máximo tres carillas)*

El campo de aplicación de la tecnología inalámbrica ha evidenciado un importante crecimiento en los últimos años. Las así llamadas *next-generation applications* utilizarán millones de usuarios y equipos conectados a una red para el desarrollo, por ejemplo, de sensores de datos que predigan fallas en equipamiento, patrones climáticos, entre otros. Asimismo, la infraestructura de tecnología de información (IT) a incrementado la demanda del uso de automatización aproximadamente un 47% en el año 2016 (Cisco, 2020).

En este contexto está enfocada también la tecnología de telemetría la cual ha sido utilizada principalmente en investigación y monitoreo médico y psicológico, así como en sistemas de



telemetría satelital (Rodgers, 2001). Uno de los sistemas más conocidos que encajan dentro del concepto de telemetría satelital es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) el cual demanda polarización circular de sus antenas con el fin de que la eficiencia de acoplamiento de polarización con los receptores sea de al menos el 50% (Balanis, 2015).

Diversas discusiones de sistemas han sido reportadas para telemetría. Una estructura radiante tridimensional tipo helicoidal (con polarización elíptica – no reportada) que opera en la banda MICS, 402-405 MHz, y MedRadio 401-406 MHz, es utilizada para telemetría biomédica, la cual puede ser implantable en músculo (Abadia, Merli, Zürcher, Mosig, & Skrivervik, 2009). En lugar de concebir una estructura tridimensional (para implantes) en biotelemetría, la estructura puede ser planar en aplicaciones (2,4 GHz) en las cuales se requiera el posicionamiento de la antena únicamente sobre el tejido humano (Pancera, Barba, Li, Jalilvand, & Zwick, 2011; Smida et al., 2020). Por otra parte, se ha reportado un estudio en transmisores de múltiples antenas para telemetría aeronáutica en el cual, más allá de la implementación del elemento radiante, se discute el uso de codificación para la provisión de comunicaciones robustas entre vehículos aéreos y receptores (Jensen, Rice, & Anderson, 2007).

Desde el punto de vista de la antena como parte del sistema de telemetría, es de interés que se presente una polarización tipo elíptica (en el mejor de los casos circular). Diferentes realizaciones han considerado implementaciones con estructuras *microstrip* en las cuales el elemento radiante (*patch*) tiene diferentes formas geométricas tal como una elipse para operación en 2,79 GHz (Shen, 1981) o rectangular ranurada reconfigurable en frecuencia por medio de diodos PIN para 3,40 y 3,21 GHz.

El presente proyecto plantea el diseño y construcción de una antena planar para la banda UHF con polarización elíptica con un ancho de banda de acoplamiento de al menos 20 MHz dentro de la banda de UHF con una frecuencia central situada a 910 MHz.

Los miembros del equipo que desarrollará este proyecto han participado en el diseño e implementación de soluciones prácticas y acorde a lo solicitado en proyectos como:

- Proyecto “Antena en la banda de milimétricas para aplicaciones inalámbricas de alta velocidad”.
- Proyecto ITEAM-GRE con la Empresa CALEARO Antenne S.p.A de Vicenza-Italia para el diseño de antenas para aplicaciones vehiculares.
- Proyecto “Diseño, simulación y fabricación de una antena tipo parche en la banda de ISM para ser utilizada en un sistema radar de apertura sintética”.
- Proyecto “Diseño e implementación del subsistema de RF y antenas de un Radar de Apertura Sintética (SAR), para aplicaciones de observación remota de la Tierra”.
- Proyecto “Real time volcano monitoring for early eruption prediction using unmanned aerial vehicles and image processing methods” con el diseño y construcción de un elemento radiante conformado a la superficie del vehículo aéreo no tripulado.
- Proyecto “Estudio comparativo de diferentes modelos de antenas planares para su utilización en un picosatélite de monitoreo remoto de UAVs”.
- Grupo de Radiación Electromagnética del Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia de la Universitat Politècnica de València
- Proyecto Externo PUCE-EPN “Evaluación de un prototipo de antenas reconfigurables controlado por software para redes celulares”

Bibliografía

Abadia, J., Merli, F., Zürcher, J., Mosig, J. R., & Skrivervik, A. K. (2009). 3D-spiral small antenna design and realization for biomedical telemetry in the MICS band. *Radioengineering*, 18(ARTICLE), 359–367.



- Balanis, C. A. (2015). *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley & sons.
- Bhatia, S., & Nair, M. D. (2020). Frequency Agile Slotted Diagonally Sliced Elliptically Polarized Square Patch Antenna. *International Conference on Intelligent Computing and Smart Communication 2019* (pp. 583–588). Springer.
- Cisco. (2020). Cisco Annual Internet Report (2018 - 2023) White paper. *Online* (accessed July 6, 2021) <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/whitepaper-c11-741490.html>.
- Jensen, M. A., Rice, M. D., & Anderson, A. L. (2007). Aeronautical telemetry using multiple-antenna transmitters. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 43(1), 262–272.
- Pancera, E., Barba, H., Li, X., Jalilvand, M., & Zwick, T. (2011). UWB antennas optimization for in-body radiation. *2011 German Microwave Conference* (pp. 1–4). IEEE.
- Rodgers, A. R. (2001). Recent telemetry technology. *Radio tracking and animal populations* (pp. 79–121). Elsevier.
- Shen, L. (1981). The elliptical microstrip antenna with circular polarization. *IEEE transactions on antennas and propagation*, 29(1), 90–94.
- Smida, A., Iqbal, A., Alazemi, A. J., Waly, M. I., Ghayoula, R., & Kim, S. (2020). Wideband wearable antenna for biomedical telemetry applications. *IEEE Access*, 8, 15687–15694.
- Zichner, R., & Baumann, R. R. (2014). Printed elliptically polarized transponder antenna for UHF-RFID metal item tagging. *2014 Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC)* (pp. 453–456). IEEE.

11. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas)

El proyecto propone la implementación de un elemento radiante en la banda de UHF con polarización elíptica que permita el envío y recepción de señales de telemetría. Para el efecto, se contemplan las siguientes fases de desarrollo:

Determinación del sustrato

En la primera fase del proyecto se revisará la disponibilidad de sustratos para aplicaciones de radiofrecuencia disponibles en el mercado nacional e internacional y la posibilidad de obtención por medio de donaciones, las cuales son de fácil acceso para la academia. No obstante, los sustratos que se puedan obtener en esta modalidad serán contrarrestados de dos maneras:



determinación de la disponibilidad en librerías del simulador electromagnético tridimensional y la capacidad de manejo por parte de entes tecnológicos nacionales con el fin de implementar la antena a partir del diseño realizado.

Análisis de simulaciones con herramienta de simulación electromagnética tridimensional

Una vez determinado el sustrato a utilizarse, se realizará el modelamiento de diversas estructuras de una antena *microstrip* con diferentes formas geométricas del elemento radiante (*patch*), como por ejemplo parche rectangular, cuadrado, circular, entre otras. Se realizará el análisis circuital de la antena para obtener un adecuado acoplamiento de la misma con una alimentación tipo coaxial de 50 Ω . Adicional, en este análisis se contemplará el ancho de banda de impedancia.

Optimización

Con las dimensiones obtenidas de la antena se probarán diferentes técnicas basadas en la modificación del punto de alimentación de la antena tales como desplazamiento del punto de alimentación, alimentación en la diagonal del elemento radiante y doble alimentación. Conjuntamente, se probarán técnicas basadas en el retoque del parche las cuales comprenden cambio de dimensiones, biselado de las esquinas, inserción de ranuras, entre otras. El proceso de optimización contemplará los requerimientos planteados de diseño, esto es, una impedancia de entrada de 50 Ω , un ancho de banda mínimo de 20 MHz @ -10 dB, polarización elíptica en la dirección de máxima radiación.

Prototipado

La estructura final modelada permitirá la generación de archivos de *layout* para el proceso de fabricación misma que se realizará con el equipamiento del Laboratorio de Investigación. Una vez implementada en el sustrato, se realizará la respectiva conectorización coaxial.

Verificación

Con el fin de verificar la validez del prototipo diseñado, se realizarán mediciones las cuales serán comparadas con los resultados obtenidos de las simulaciones.

12. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio de Investigación y Simulación para Telecomunicaciones	Analizador de Redes	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
	Fresadora	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
	Computador Core i7-7th Gen	Oficina QE-LI72, Departamento: DETRI
	Software Keysight® ADS	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
	Software para simulación electromagnética 3D	Oficina QE-LI72, Departamento: DETRI



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN
Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO



Título del Proyecto:

Implementación en tecnología impresa de un elemento radiante con polarización elíptica que será utilizado para telemetría en la banda de UHF

		AÑO 1																																															
Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Determinar el tipo de sustrato a utilizarse en el diseño del elemento radiante utilizando tecnología impresa.	■	■	■	■																																												
1.1	Revisar la disponibilidad de sustratos en el mercado nacional e internacional	■	■	■	■																																												
1.2	Determinar la disponibilidad del sustrato en las librerías del simulador electromagnético tridimensional					■	■	■	■																																								
1.3	Verificar la capacidad de manejo por parte de entes tecnológicos nacionales									■	■	■	■																																				
2	Seleccionar a partir de simulaciones el tipo de elemento radiante que permita conseguir un ancho de banda adecuado, en primer lugar, con													■	■	■	■																																
2.1	Realizar el modelado de diversas estructuras (formas geométricas) del elemento radiante.									■	■	■	■																																				
2.2	Realizar el análisis circuital de la antena para conseguir un buen nivel de acoplamiento a la la frecuencia de trabajo.									■	■	■	■																																				
3	Ajustar el diseño que presenta polarización lineal para que este lo haga con polarización elíptica.																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
3.1	Probar diferentes técnicas basadas en la modificación del punto de alimentación para conseguir que la antena radie con la polarización deseada.																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
3.2	Probar técnicas basadas en el retoque del parche para conseguir que la antena radie con la polarización deseada.																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
4	Fabricar el prototipo seleccionado y con las respectivas mediciones verificar los resultados de las simulaciones																																	■	■	■	■	■	■	■	■								
4.1	Generar los archivos de layout para el proceso de fabricación.																																	■	■	■	■												
4.2	Fabricar y conectorizar el prototipo.																																	■	■	■	■												
4.3	Relizar las mediciones las cuales serán comparadas con los resultados de las simulaciones.																																					■	■	■	■								