

## **Antena dipolo con tecnología microstrip para aplicaciones WiFi con el estándar IEEE 802.11xx**

### **Dipole antenna with microstrip technology for WiFi applications under the IEEE 802.11xx standard**

---

**Para citar este trabajo:**

Proaño, B, Yugcha, A., y Núñez, F., (2024) Antena dipolo con tecnología microstrip para aplicaciones WiFi con el estándar IEEE 802.11xx. *Reincisol*, 3(6), pp. 1432-1445.  
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)1432-1445](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)1432-1445)

---

#### **Autores:**

##### **Bryan Javier Proaño Bermeo**

Instituto Superior Tecnológico Tsachila  
Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador  
Correo Institucional: [bryanproanobermeo@tsachila.edu.ec](mailto:bryanproanobermeo@tsachila.edu.ec)  
Orcid <https://orcid.org/0009-0004-2120-6021>

##### **Alex Hernán Yugcha Masapanta**

Instituto Superior Tecnológico Tsachila  
Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador  
Correo Institucional: [alexuygchamasapanta@tsachila.edu.ec](mailto:alexuygchamasapanta@tsachila.edu.ec)  
Orcid <https://orcid.org/0009-0005-3841-6647>

##### **Freddy Patricio Núñez Núñez**

Instituto Superior Tecnológico Tsachila  
Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador  
Correo Institucional: [freddynunez@tsachila.edu.ec](mailto:freddynunez@tsachila.edu.ec)  
Orcid <https://orcid.org/0000-0001-8570-2471>

**RECIBIDO:** 17 junio 2024    **ACEPTADO:** 28 julio 2024    **PUBLICADO** 15 agosto 2024

## Resumen

El presente estudio se realizó con el objetivo de desarrollar una antena dipolo con tecnología microstrip para aplicaciones WiFi bajo el estándar 802.11xx, en respuesta a la creciente necesidad de mejorar la eficiencia de transmisión en redes inalámbricas. La investigación surgió debido a las limitaciones de las antenas tradicionales en términos de ancho de banda, alcance y fiabilidad de la señal. Se empleó una metodología que incluyó el análisis detallado de los estándares WiFi, la construcción de un modelo de antena microstrip mediante simulaciones 3D, y la evaluación de la antena en términos de parámetros S, ganancia, eficiencia y diagrama de radiación. Los resultados mostraron que la antena diseñada cumplió con los estándares de rendimiento requeridos, ofreciendo una ganancia máxima de 5.2 dBi y un ancho de banda de 300 MHz, lo que representa una mejora significativa en comparación con las antenas convencionales. Las conclusiones destacan que la antena microstrip desarrollada no solo cumple con los requisitos técnicos para aplicaciones WiFi, sino que también ofrece una solución más económica y eficiente en términos de espacio y fabricación, contribuyendo a una mejor conectividad en entornos diversos y subrayando la importancia de innovar en el diseño de antenas para satisfacer las demandas actuales de las redes inalámbricas.

**Palabras claves:** Antena dipolo; Tecnología microstrip; Aplicaciones WiFi; Estándar 802.11xx.

### Abstract

This study was conducted with the objective of developing a dipole antenna using microstrip technology for WiFi applications under the 802.11xx standard, in response to the growing need to enhance transmission efficiency in wireless networks. The research arose due to the limitations of traditional antennas in terms of bandwidth, range, and signal reliability. A methodology was employed that included a detailed analysis of WiFi standards, the construction of a microstrip antenna model through 3D simulations, and the evaluation of the antenna in terms of S-parameters, gain, efficiency, and radiation pattern. The results showed that the designed antenna met the required performance standards, offering a maximum gain of 5.2 dBi and a bandwidth of 300 MHz, representing a significant improvement compared to conventional antennas. The conclusions highlight that the developed microstrip antenna not only meets the technical requirements for WiFi applications but also provides a more cost-effective and space-efficient solution in terms of manufacturing, contributing to better connectivity in various environments and underscoring the importance of innovating antenna design to meet the current demands of wireless networks.

**Keywords:** Dipole antenna; Microstrip technology; WiFi applications; 802.11xx standard.

## INTRODUCCIÓN

En la era digital actual, la conectividad inalámbrica ha adquirido una importancia fundamental, siendo crucial para el funcionamiento eficiente de dispositivos en entornos domésticos, empresariales y públicos. Las redes WiFi, en particular, se han convertido en el pilar de esta conectividad, permitiendo la transmisión de datos a alta velocidad y facilitando la integración de dispositivos inteligentes (Capota et al., 2021). Sin embargo, la creciente demanda por una mayor fiabilidad, alcance y ancho de banda en las redes WiFi ha puesto de manifiesto las limitaciones de las antenas tradicionales, las cuales a menudo no logran satisfacer las necesidades modernas de rendimiento y eficiencia (Vardhini & Koteswaramma, 2016).

Este desafío ha llevado a un interés creciente en la investigación y desarrollo de antenas microstrip, que, gracias a su perfil delgado, peso ligero y capacidad para ser integradas en dispositivos compactos, representan una solución prometedora para mejorar la eficiencia de las redes WiFi (Vardhini & Koteswaramma, 2016). Las antenas microstrip, particularmente en configuraciones dipolo, son adecuadas para operar en las bandas de frecuencia de 2.4 y 5 GHz, que son las más utilizadas en las aplicaciones WiFi bajo el estándar 802.11xx. Este tipo de antenas ofrece una oportunidad única para optimizar las comunicaciones inalámbricas al proporcionar un mejor control sobre la directividad y la eficiencia de radiación (Karthik & Rao, 2014).

El avance en el diseño de antenas microstrip para aplicaciones WiFi es crucial para responder a las exigencias actuales de conectividad inalámbrica. La elección adecuada del sustrato y la optimización de parámetros como la ganancia y la eficiencia no solo mejoran la calidad del servicio en redes WiFi, sino que también permiten una integración más sencilla en dispositivos modernos. Este estudio aporta soluciones tangibles que pueden ser aplicadas en diversos entornos, contribuyendo significativamente al desarrollo de tecnologías de comunicación más robustas y fiables en el futuro (Deshmukh et al., 2017; Vardhini & Koteswaramma, 2016).

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de desarrollar una antena dipolo con tecnología microstrip para aplicaciones WiFi conforme al estándar 802.11xx. La investigación se justifica por la necesidad de superar las limitaciones inherentes a las antenas convencionales, tales como el ancho de banda limitado y la baja

fiabilidad en la señal, que pueden comprometer la calidad de la conexión en entornos de alta densidad de dispositivos. A través de un enfoque metodológico riguroso que incluyó simulaciones electromagnéticas en 3D y la evaluación de parámetros clave como la ganancia y la eficiencia, se buscó diseñar una antena capaz de ofrecer un rendimiento superior en comparación con las soluciones tradicionales.

Se demostró que la antena microstrip implementada no solo cumplió con los estándares de rendimiento requeridos, sino que también presentó una ganancia máxima de 5.2 dBi y un ancho de banda de 300 MHz, lo que representa una mejora significativa frente a las antenas convencionales. Además, el uso del sustrato FR4, conocido por su bajo costo y adecuadas propiedades electromagnéticas, permitió una fabricación más económica y fácil de implementar, lo que refuerza la viabilidad práctica de la antena desarrollada.

### **MATERIALES Y METODOS**

En este estudio, se adoptó la metodología en cascada para guiar el desarrollo y diseño de la antena dipolo con tecnología microstrip para aplicaciones WiFi bajo el estándar 802.11xx. Este enfoque permitió una progresión estructurada y secuencial en cada fase del proyecto, comenzando con un análisis detallado de los requisitos y avanzando a través del diseño, simulación, implementación y evaluación. Para las simulaciones, se realizó un análisis técnico exhaustivo que condujo a la selección de un software especializado en simulaciones electromagnéticas en 3D, asegurando la precisión y fiabilidad en los resultados obtenidos. Se desarrollaron y analizaron varios modelos de antenas, lo que permitió comparar y verificar cuál ofrecía el mejor rendimiento en términos de ganancia, eficiencia y ancho de banda. De igual manera, la elección del sustrato para la fabricación de la antena fue el resultado de un análisis técnico que consideró factores como la disponibilidad, costo, y sus propiedades electromagnéticas, garantizando así un equilibrio óptimo entre rendimiento y viabilidad económica (Soily et al., 2016).

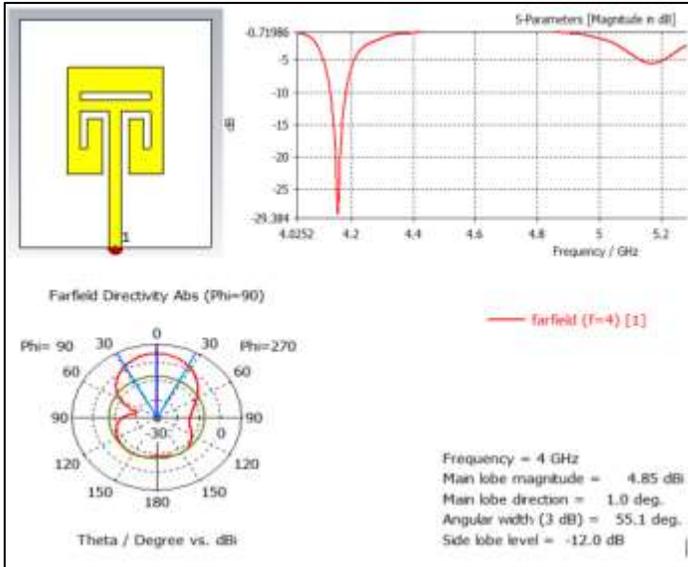
Al comparar FR4, Rogers RT/duroid y Taconic, se observa que aunque Rogers RT/duroid y Taconic ofrecen mejor estabilidad térmica y menor pérdida dieléctrica, el FR4 destaca por su bajo costo y fácil acceso en el mercado Ecuatoriano (Karthik & Rao, 2014). Por ello, para proyectos con limitaciones de presupuesto y necesidad de materiales disponibles rápidamente, el FR4 es una opción práctica y eficiente (Bahlaouane et al., 2024), como se muestra en la tabla 1 .

**Tabla 1:** Comparativa de Materiales para Sustratos de Antenas Microstrip

<b>Características</b>	<b>FR4</b>	<b>Rogers RT/duroid</b>	<b>Taconic</b>
<b>Constante</b>	4.4	2.2 - 10.2	2.2 - 10.2
<b>Dieléctrica (<math>\epsilon_r</math>)</b>			
<b>Pérdida</b>	0.02	0.0009 - 0.005	0.001 - 0.005
<b>Tangencial (<math>\tan\delta</math>)</b>			
<b>Frecuencia</b>	de UHF, SHF	SHF, EHF	SHF, EHF
<b>Uso</b>			
<b>Ventajas</b>	Económico, fácil de fabricar	Baja pérdida, alta estabilidad térmica	Baja pérdida, alta estabilidad térmica
<b>Desventajas</b>	Pérdidas altas a frecuencias altas	Más caro que FR4	Costo alto
<b>Aplicaciones Comunes</b>	PCB para electrónica general, prototipos	Comunicaciones de alta frecuencia, radares	Aplicaciones de microondas

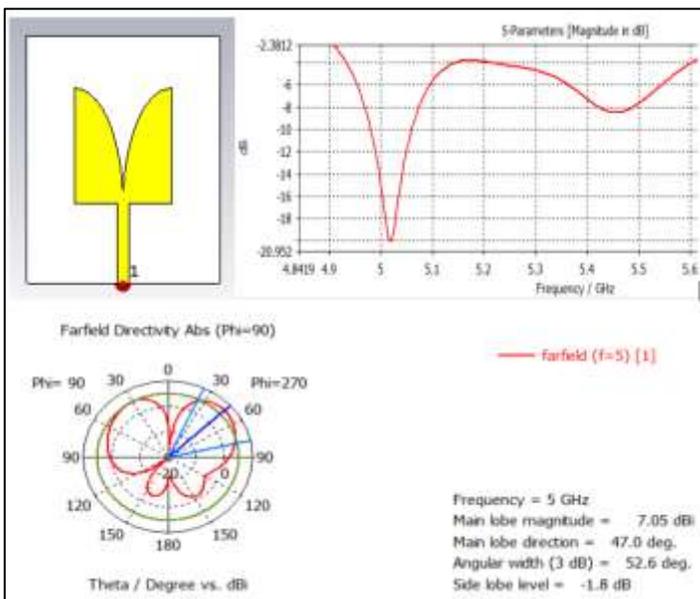
Se diseñaron diferentes tipos de antenas para alcanzar la frecuencia deseada en el modelo, incluyendo una antena dipolo para 2.4 GHz, otra para 5 GHz y se los implementa en la misma estructura para lograr un sistema de banda dual. Para calcular los parámetros iniciales de estas antenas microstrip (o antenas de parche) a las frecuencias específicas, se seguirán los pasos necesarios utilizando un sustrato común como el FR-4.

Primer modelo, una antena rectangular con alimentación por inserción y cavidades resonantes, opera a 4.2 GHz con una ganancia de 6 dBi y un ángulo de apertura de 55 grados.



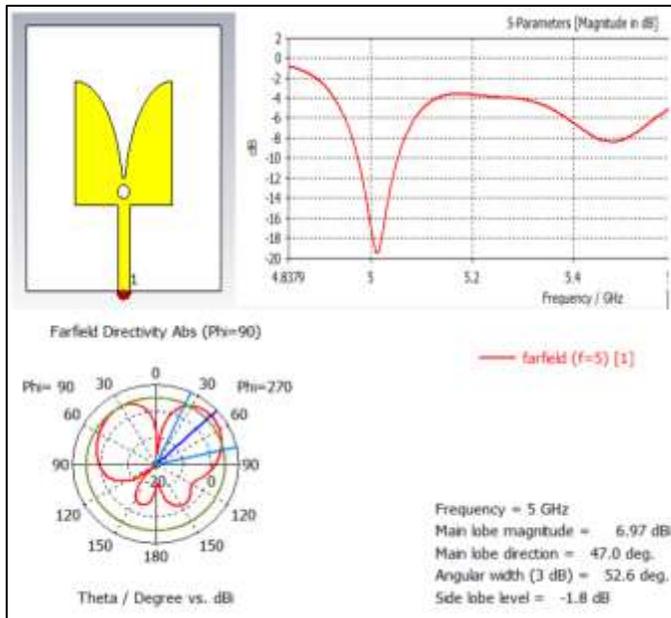
**Figura 1.** Antena con alimentación Insert feed y cavidades resonantes.

Segundo modelo, antena rectangular con alimentación por línea de transmisión y sin cavidades resonantes, diseñada con curvas de elipse. Opera a 5 GHz con una ganancia de 7.03 dBi y un ángulo de apertura de 52.6 grados.



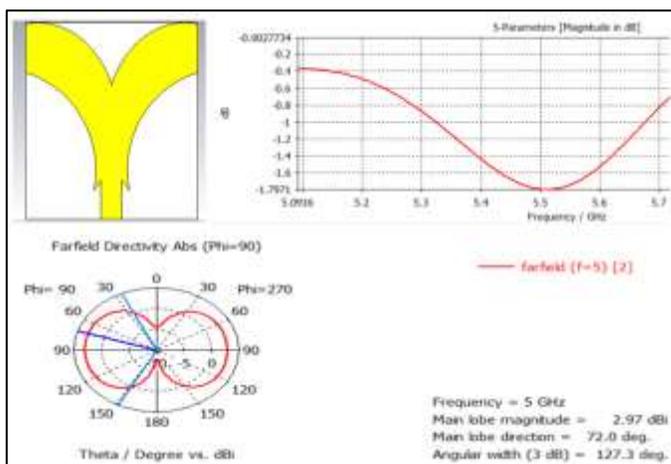
**Figura 2.** Primer modelo de antena con alimentación LTx sin cavidades resonantes.

Tercer modelo, antena rectangular con alimentación por línea de transmisión y una cavidad resonante circular, diseñada con curvas de elipse. Opera a 5 GHz con una ganancia de 6.96 dBi y un ángulo de apertura de 52.6 grados.



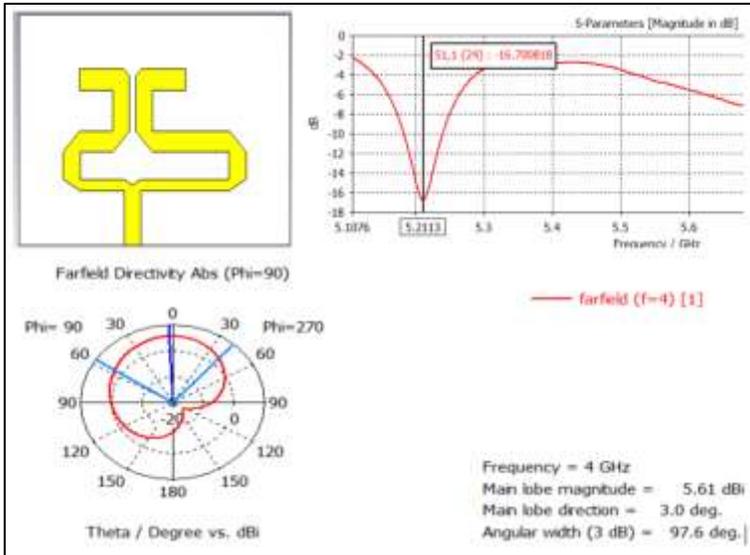
**Figura 3.** antena rectangular con alimentación por línea de transmisión y cavidad resonante circular.

Cuarto modelo, antena rectangular con alimentación directa al radiador, sin cavidad resonante y con curvas de elipse. Opera a 5 GHz, con una ganancia de 2.97 dBi y un ángulo de apertura de 72 grados.



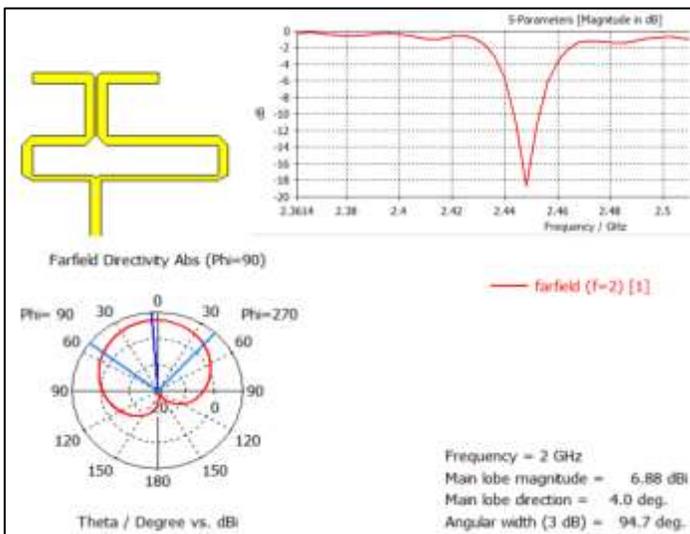
**Figura 4.** antena rectangular con alimentación directa y sin cavidad resonante.

Quinto modelo, antena dipolo con alimentación mediante un divisor de Wilkinson, proporcionando 180 grados de fase a cada elemento. Opera a 5.2 GHz, con una ganancia máxima de 5.9 dBi y un ángulo de apertura de 97.6 grados.



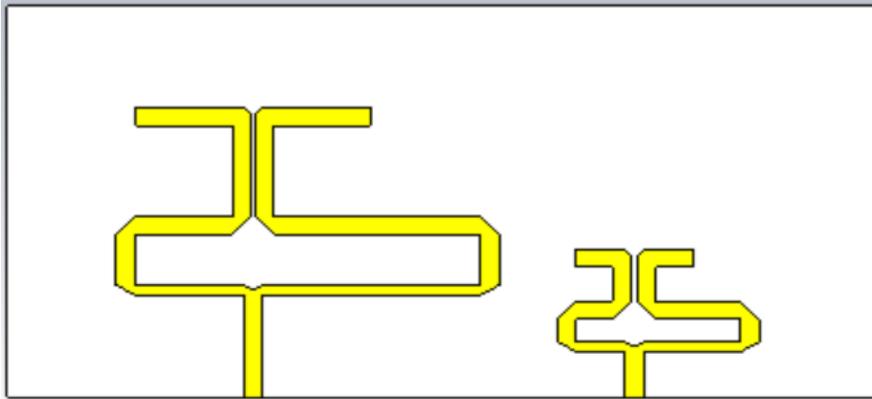
**Figura 5.** Antena dipolo con alimentación a través de un divisor de Wilkinson, desfase de 180 grados a 5 GHz

El sexto modelo es una antena dipolo con alimentación mediante un divisor de Wilkinson, que ofrece un desfase de 180 grados a cada elemento. Opera a 2.45 GHz, con una ganancia máxima de 6.9 dBi y un ángulo de apertura de 94.7 grados



**Figura 6.** Antena dipolo con alimentación a través de un divisor de Wilkinson, desfase de 180 grados a 2.4 GHz

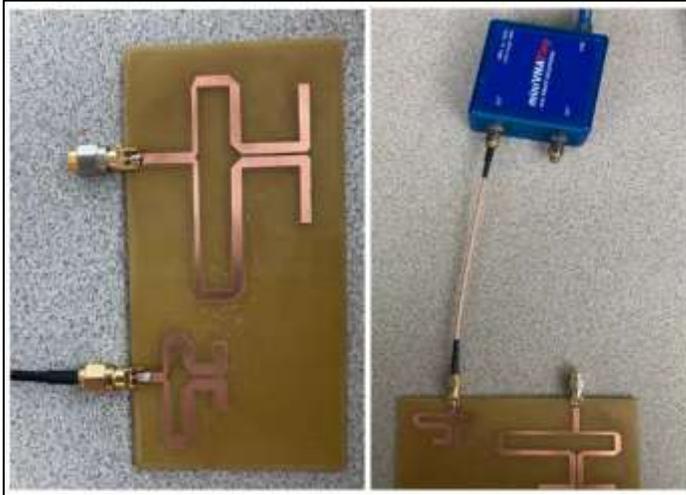
El quinto y el sexto modelo de antenas son ideales para las bandas de 5 GHz y 2.4 GHz, respectivamente. El quinto modelo, con frecuencia de 5.2 GHz y un ángulo de apertura de 97.6 grados, ofrece una amplia cobertura y ganancia para la banda de 5 GHz. El sexto modelo, con frecuencia de 2.45 GHz y un ángulo de apertura de 94.7 grados, proporciona una cobertura efectiva para la banda de 2.4 GHz. Ambas antenas se integrarán en una sola estructura para optimizar el rendimiento en ambas bandas.



**Figura 7.** Modelo final que se implementó en Placa de circuito impreso con FR-4.

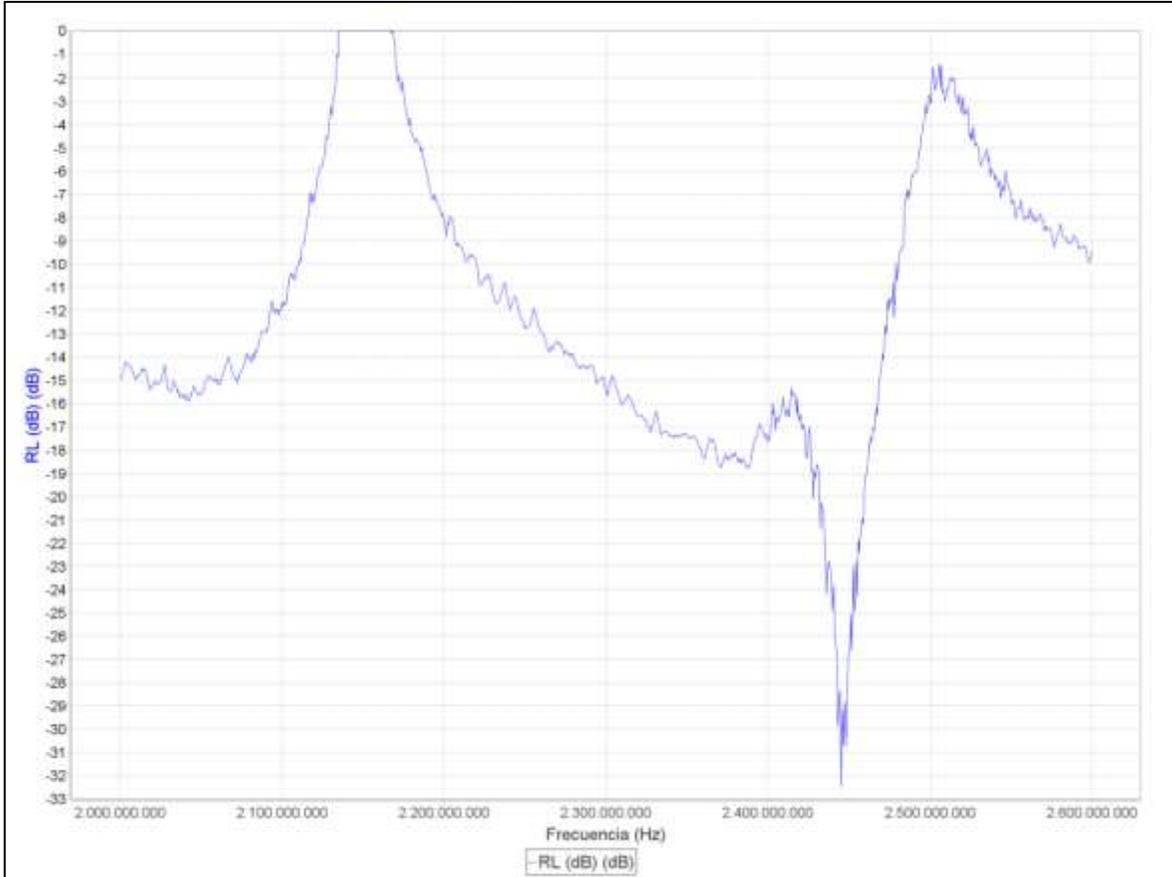
## RESULTADOS

El modelo de antenas microstrip se fabricó usando un sustrato de FR-4 de 1.6 mm de espesor y doble capa de cobre de 0.06 mm. La producción se realizó con una máquina CNC, garantizando alta precisión en el corte y grabado de las capas de cobre, y resultó en un prototipo con las propiedades esperadas.



**Figura 8.** Antenas microstrip implementadas.

La antena fue caracterizada utilizando un analizador de red vectorial (VNA), que permitió medir los parámetros S11, los cuales reflejan la calidad de la adaptación de impedancia y la eficiencia en la transmisión de señales. Los resultados obtenidos mostraron un ancho de banda de 300 MHz, abarcando desde 2.2 GHz hasta 2.5 GHz, con un punto óptimo de reflexión en 2.45 GHz (ver figura 9). Este valor de S11 en la frecuencia objetivo indica una baja pérdida por reflexión, confirmando que la antena está bien adaptada y optimizada para operar eficientemente en el rango de frecuencia deseado.



**Figura 9.** Medición de parámetros S11 de antena, caracterización de frecuencia y ancho de banda.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio destacan que los modelos de antenas más efectivos para las bandas de 5 GHz y 2.4 GHz son los dipolos. Con frecuencias de 2.45 GHz y 5.2 GHz, un ángulo de apertura de 96 grados en promedio demostró una excelente cobertura y ganancia en la banda de WiFi, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un rendimiento de banda ancha.

La integración de las dos antenas en una sola estructura es una estrategia que puede simplificar la implementación y mejorar la eficiencia general del sistema. Aunque los modelos seleccionados cumplen con los requisitos específicos, futuras investigaciones podrían explorar el uso de sustratos alternativos y técnicas de fabricación avanzadas para optimizar aún más el rendimiento. En conjunto, estos resultados proporcionan una base sólida para el desarrollo de soluciones Wi-Fi más eficientes y adaptadas a las necesidades actuales de conectividad.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, el estudio y diseño de antenas dipolo microstrip para las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, basado en los estándares WiFi 802.1xx, ha demostrado ser altamente efectivo para aplicaciones de comunicaciones inalámbricas. La investigación detallada de los requisitos para cada banda permitió ajustar los diseños de las antenas a las especificaciones necesarias, asegurando así un rendimiento óptimo. Las simulaciones tridimensionales confirmaron que las antenas diseñadas cumplen con los parámetros requeridos, mostrando un coeficiente de reflexión inferior a -20 dB y una impedancia de adaptación de 50 ohmios.

Los resultados de la evaluación práctica indicaron que la antena para 2.4 GHz alcanzó una ganancia máxima de 5.2 dBi, mientras que la de 5 GHz logró 7.0 dBi, con una eficiencia de radiación superior al 90% para ambas. Además, la antena de 2.4 GHz proporcionó una cobertura omnidireccional de 360 grados, y la de 5 GHz, de 180 grados, lo que asegura una cobertura efectiva en sus respectivas bandas. Estos logros subrayan la adecuación del diseño para aplicaciones WiFi, ofreciendo un equilibrio entre rendimiento y eficiencia. La implementación práctica de estas antenas permitirá mejorar la conectividad inalámbrica en diversas aplicaciones, evidenciando la efectividad de la metodología utilizada y la validez de los modelos diseñados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bahlaouane, I., Belhabib, A., Ibnyaich, S., & Zeroual, A. (2024). Design and Optimization of Microstrip Patch Antenna using Ant Colony Optimization. *2024 International Conference on Global Aeronautical Engineering and Satellite Technology, GAST 2024 - Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1109/GAST60528.2024.10520747>
- Capota, C., Halunga, S., Fratu, O., Eugen, S., & Madalin, P. (2021). Security Aspects and Vulnerabilities in Authentication Process WiFi Calling - RF measurements. *2021 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking, BlackSeaCom 2021*.  
<https://doi.org/10.1109/BLACKSEACOM52164.2021.9527884>
- Deshmukh, A. A., Verma, P., Singh, D., Mohadikar, P., & Ray, K. P. (2017). Key-shaped slot loaded circular microstrip antenna for multi-band and broadband

response. *2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems, ANTS 2016.*  
<https://doi.org/10.1109/ANTS.2016.7947827>

Karthik, V., & Rao, T. R. (2014). A microstrip antenna at UWB frequencies for body wearable wireless devices. *2014 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunication Systems, ANTS 2014.*  
<https://doi.org/10.1109/ANTS.2014.7057231>

Soily, S., Mazumder, R. K., & Ali, K. (2016). Design and simulation of two conformal arrays with dual patch and quadruple patch antenna elements. *Proceeding - 2015 IEEE International Conference on Antenna Measurements and Applications, IEEE CAMA 2015.*  
<https://doi.org/10.1109/CAMA.2015.7428157>

Vardhini, P. A. H., & Koteswaramma, N. (2016). Patch antenna design with FR-4 Epoxy substrate for multiband wireless communications using CST Microwave studio. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016, 1811–1815.*  
<https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755000>

### **Conflicto de intereses**

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

**Con certificación de:**

