

Universidad ECCI

Diseño y análisis de antena monopolo Blade para
radioastronomía

Andres Felipe Vargas Beltran

TESIS PROYECTO DE GRADO

Proyecto de grado

Bogotá, Colombia

[Junio, 2023]

ABSTRACT

Este artículo aborda el diseño e implementación de antenas monopolo tipo Blade en un rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz. Se investigaron diferentes tipos de estas antenas y se utilizó el software HFSS para simular su rendimiento en términos de los parámetros S11 y VSWR. Posteriormente, se llevó a cabo un estudio paramétrico para alcanzar los niveles de adaptación deseados de la antena y se procedió a su implementación. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos en las simulaciones con los datos medidos, encontrando una excelente concordancia entre ambas fuentes de información

Keywords: Antena, VNA, Monopolo,blade, S11, VSWR.S11.

Contents

List of Figures	4
Chapter 1 Introducción	6
Chapter 2	8
2.1. Modelo inicial y cálculos para antena monopolo Blade	8
2.2. Diseño y simulación en el software HFSS	10
2.3. Implementación de la antena monopolo blade	16
Chapter 3	19
Chapter 4 Conclusiones	23
Bibliography	24

List of Figures

2.1. Diseño de antena monopolo blade sin alas.	5
2.2. Diseño de antena monopolo blade con alas.	5
2.3. Esquemático Antena monopolo blade sin alas en el software HFSS.	7
2.4. Esquemático Antena monopolo blade con alas en el software HFSS.	7
2.5. Esquemático Antena monopolo blade con una ala en el software HFSS	7
2.6. Esquemático Antena monopolo blade sin ala en el software HFSS.	10
2.7. Resultado en el factor S11, con material hipotético.	11
2.8. Resultado en el VSWR, con material hipotético.	11
2.9. Antena monopolo blade sin alas implementada en material de cobre.	13
2.10. Antena monopolo blade con alas implementada en material de cobre.	13
2.11. Antena monopolo blade con una ala implementada en material.	14
3.1. Comparación del resultado del factor S11 de las antenas monopolo.	16
3.2. Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo blade.	16
3.3. Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo blade.	17
3.4. Comparación del resultado del factor S11 de las antenas monopolo.	18
3.5. Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo blade.	18

Chapter 1

Introducción

La antena monopolo Blade es un diseño de antena que se utiliza para mejorar la recepción de señales de radio. Esta antena se caracteriza por tener una forma similar a una hoja o aleta de afeitador y está compuesta por un radiador vertical y una estructura de tierra que puede tener diferentes formas, como un plano o un cilindro. La antena monopolo Blade puede tener una o dos "alas" que se extienden del radiador vertical, las cuales pueden ser rectas o curvas y su diseño se optimiza para un rango de frecuencias específico[1], debido a su alto rendimiento en la recepción de señales, la antena monopolo Blade tiene diversas aplicaciones en las telecomunicaciones y la radioastronomía. Por ejemplo, se utiliza para detectar la ubicación de objetos astronómicos lejanos y ondas gravitacionales. Además, esta antena se utiliza comúnmente en dispositivos móviles y sistemas de comunicación inalámbrica en espacios reducidos debido a su diseño compacto.

El objetivo de este proyecto es encontrar el diseño idóneo para una antena monopolo blade capaz de procesar la señal producida por las estrellas más antiguas del universo y los cuerpos celestes que no son visibles a simple vista, como galaxias, estrellas, cuásares y agujeros negros. Para lograr este objetivo, el proyecto busca diseñar, simular e implementar una antena monopolo blade que permite la observación que genera el desplazamiento de protones y electrones del gas del hidrógeno que tiene una longitud de onda de 21 centímetros, que corresponde a una frecuencia de 1920 MHz[2].

También, se analiza el contexto de la antena monopolo blade y se destacan sus características, como su diseño compacto que permite su uso en dispositivos pequeños, su rango de frecuencia específico para diferentes aplicaciones, su

ganancia relativamente baja en comparación con otras antenas, y su fácil integración con diferentes protocolos de comunicación inalámbrica; estas características hacen que la antena monopolo blade sea útil en un radiotelescopio.

Para adaptar la antena monopolo blade al rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz, se desarrolla un modelo matemático en función del valor de λ , que determina la altura de la antena. Se agregaron "alas" a la antena para mejorar su eficiencia en la recepción y se establecieron parámetros específicos, como un valor menor de -10 dBs para el S11 y un VSWR por debajo de 2. Se utilizaron materiales de construcción como el cobre y se realizaron medidas adicionales para analizar los patrones de S11 y VSWR.

Este proyecto busca desarrollar una antena monopolo blade que permite la observación de cuerpos celestes no visibles y mejorar la recepción de señales de radio a larga distancia, lo que la convierte en una herramienta valiosa para la exploración del universo.

Chapter 2

Diseño de la antena monopolo

Blade

La antena monopolo blade es una opción versátil y eficiente en aplicaciones que requieren una buena capacidad de recepción de señales en un diseño compacto y ligero. Sus características estructurales y amplio rango de frecuencia hacen que sea ampliamente utilizada en diversos sistemas de comunicación y observaciones astronómicas. Una de las principales ventajas de esta antena es su baja resistencia aerodinámica y peso reducido, lo que la hace ideal para aplicaciones en las que se requiere un diseño compacto y ligero. Además, su gran capacidad de recepción de señales débiles la convierte en una excelente opción para la observación de objetos astronómicos lejanos y para sistemas de radiotelescopio en los que las señales son muy tenues.

En este sentido, la antena monopolo blade se ha convertido en una herramienta valiosa en la exploración del universo y en diversas aplicaciones de las telecomunicaciones. En la astronomía, por ejemplo, se utiliza para detectar la ubicación de objetos astronómicos lejanos, lo que permite a los científicos entender mejor la estructura del universo y su evolución a lo largo del tiempo. En las telecomunicaciones, esta antena se utiliza en dispositivos electrónicos y puede funcionar con una variedad de protocolos de comunicaciones inalámbricas como Bluetooth, Wi-Fi y celulares. Su diseño compacto y ligero la hace ideal para dispositivos portátiles como teléfonos inteligentes y tabletas [1].

En conclusión, la antena monopolo blade es una herramienta crucial en diversas aplicaciones, desde la exploración del universo hasta las comunicaciones inalámbricas en la vida cotidiana. Su diseño compacto y ligero, junto con su capacidad de recepción de señales débiles, la hacen una opción ideal en sistemas de radiotelescopios y otros sistemas de comunicación donde se requiere una alta sensibilidad y eficiencia.

2.1. Modelo inicial y cálculos para antena monopolo Blade

Existen varios métodos que pueden ayudar a mejorar el ancho de banda de una antena monopolo blade. Uno de estos métodos es definir una estructura por ángulo oblicuo, lo que permite proporcionar un ancho de banda más amplio. Además, es importante determinar los parámetros de la antena, como el tamaño del plano a tierra y la altura de la antena la ecuación (1), la cual describe el alto

de la antena o H , para lograr un VSWR deseado y evitar la necesidad de un circuito de adaptación de impedancia con pérdidas [1].

$$H < \frac{\lambda}{4} \quad (1)$$

Para mejorar el ancho de banda de una antena monopolo blade, se puede utilizar el método de ajuste de longitud de la antena, lo que permite lograr una resonancia más amplia y, por ende, un ancho de banda más amplio. Además, existen técnicas como la carga parasitaria que también pueden ser utilizadas para ampliar el ancho de banda de la antena[2]. Estas técnicas permiten mejorar el rendimiento de la antena en diferentes aplicaciones, lo que resulta crucial en sistemas de comunicación y observación astronómica en los que se requiere una antena con un ancho de banda amplio y una capacidad de recepción de señales fuertes y débiles. De esta manera, es posible maximizar el potencial de la antena monopolo blade y garantizar su eficiencia en diferentes contextos.

En general, hay varias técnicas que se pueden utilizar para mejorar el ancho de banda de una antena monopolo blade, lo que puede resultar muy útil en aplicaciones donde se necesite una mayor capacidad de recepción y transmisión de señales.

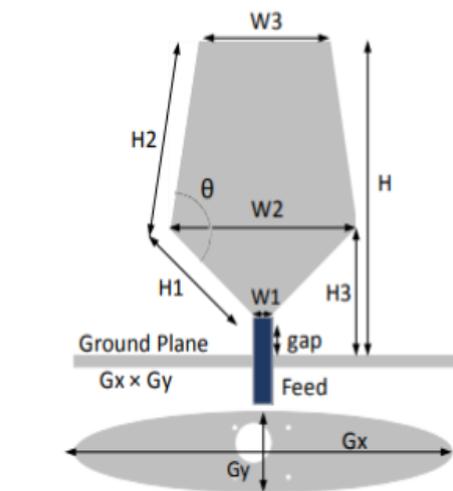


Figure 2.1: Diseño de antena monopolo blade, vista frontal sobre un plano a tierra.

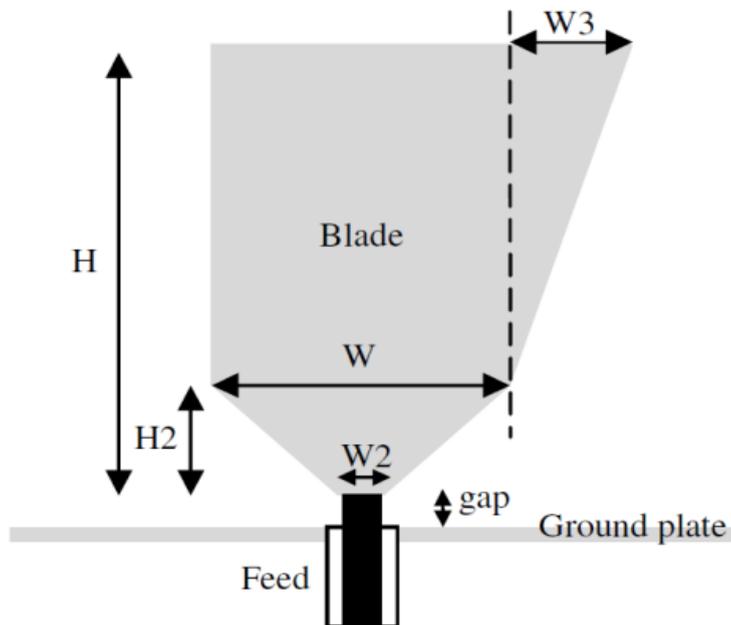


Fig. 1: Geometry of the blade antenna

Figure 2.2: Diseño de antena monopolo blade con alas, vista frontal sobre un plano a tierra.

2.2. Diseño y simulación en el software HFSS

La geometría de la antena monopolo blade se caracteriza por un borde oblicuo, como se ilustra en la figura 2.0.3, y una altura de 120 mm. Las dimensiones de la placa a tierra se han elegido en función de la aplicación y son de 500 mm x 500 mm. La altura de la antena se ha calculado en base a la frecuencia más baja de la banda de operación, ya que la antena presenta una buena adaptación de impedancia y no requiere un circuito de adaptación [2]. Para calcular la altura, se ha utilizado el modelo matemático descrito en la ecuación (1), adaptado a las necesidades específicas de la aplicación.

Además, en el diseño propuesto se considera la inclusión de un "ala", que es un material agregado a los lados de la antena para mejorar su recepción de señales. Se han evaluado los efectos de agregar o quitar este material, ya que con esto se puede ver cambios en los parámetros del S11 y VSWR, como se puede observar en las figuras 2.0.3, 2.0.4 y 2.0.5, donde se muestran las antenas construidas y clasificadas en función del material utilizado.

En resumen, la antena monopolo blade se compone de un borde oblicuo y una altura calculada en función de la frecuencia de operación, mientras que el diseño propuesto incluye un material adicional para mejorar su recepción de señales. Los resultados obtenidos de la evaluación del diseño muestran la importancia de considerar estos factores en el diseño de la antena para optimizar su rendimiento.

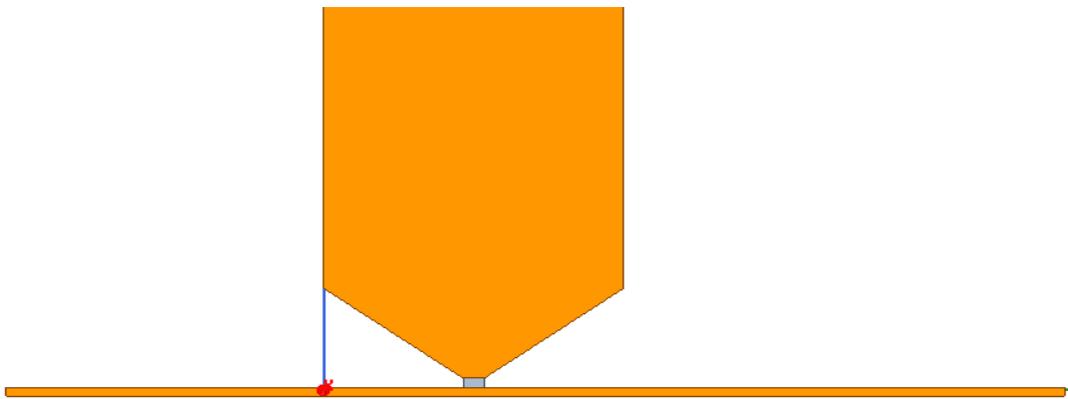


Figura 2.3: Esquemático Antena monopolo blade sin alas en el software HFSS, vista frontal sobre un plano a tierra.

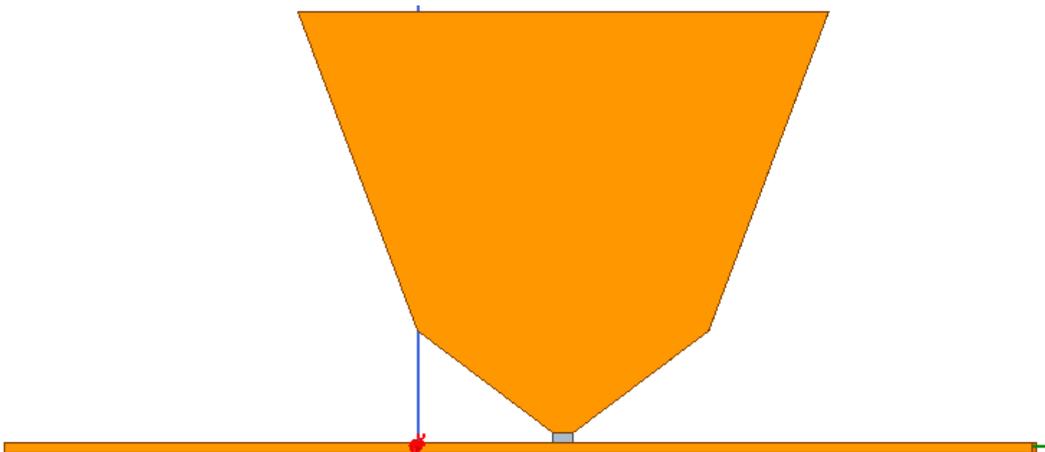


Figura 2.4: Esquemático Antena monopolo blade con alas en el software HFSS, vista frontal sobre un plano a tierra.

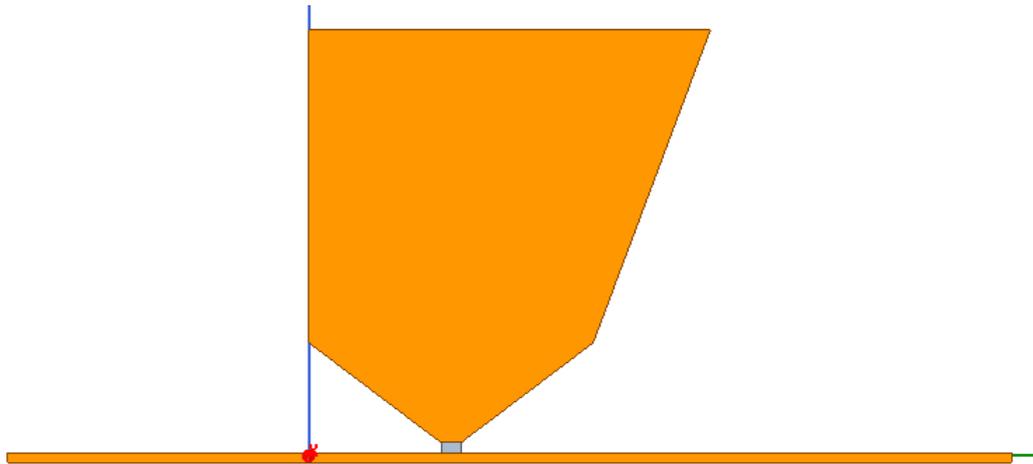


Figura 2.5: Esquemático Antena monopolo blade con una sola ala en el software HFSS, vista frontal sobre un plano a tierra.

También se utiliza un plano de tierra que cumple con las condiciones técnicas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la antena monopolo blade, en la ecuación (2) se establece el modelo matemático para la antena monopolo blade.

$$H < \frac{3.75}{4} = 0.9375$$

(2)

En este punto, se ha identificado que la altura de la antena monopolo blade debe ser mayor a 9 mm para cumplir con los requisitos del sistema. Para el diseño y la implementación de la antena se ha seleccionado una medida de 120 mm, y se ha considerado un gap, es decir, un espacio entre la antena y el plano a tierra.

Una vez que se completó el diseño y simulación de la antena, se procedió a su implementación. Durante esta fase, es fundamental tener en cuenta las especificaciones establecidas para garantizar una construcción precisa y un rendimiento óptimo de la antena.

En la Fig 2.0.3, se puede apreciar la simulación de la antena realizada mediante las medidas previamente establecidas a partir de los modelos matemáticos.

Posteriormente, en las Figuras 2.0.4 y 2.0.5 se observa el proceso de modificación de la antena mediante la adición de "alas", al seguir cuidadosamente las especificaciones y requisitos establecidos para garantizar un

rendimiento óptimo de la antena monopolo blade.

En este paso, se realizará la simulación de la antena monopolo en el software HFSS. Esta herramienta permite simular el comportamiento de la antena y analizar si cumple con los parámetros deseados, como el factor S11 y VSWR.

Además, mediante la simulación se pueden probar diferentes medidas y materiales para obtener distintos resultados y determinar cuál es la mejor opción para el proyecto.

La simulación en HFSS también permite analizar otros parámetros importantes, como el patrón de radiación y la ganancia de la antena. Estos parámetros son esenciales para determinar si la antena monopolo blade cumple con los requisitos técnicos para un radiotelescopio.

Una vez que se ha realizado la simulación, se pueden ajustar los parámetros de la antena para mejorar su rendimiento. De esta manera, se puede encontrar la mejor configuración de antena para el proyecto, lo que permitirá obtener una mayor calidad en la recepción de señales.

Después de replicar los modelos establecidos, se procede a realizar una adaptación para poder trabajar en el rango de frecuencia de 300 MHz a 3 GHz, es necesario para construir un radiotelescopio de baja frecuencia. Esta adaptación puede incluir el ajuste de parámetros, la selección de materiales y la optimización del diseño para cumplir con los requisitos de frecuencia.

En este caso, se ha utilizado un material con conductividad perfecta para las simulaciones iniciales, lo cual ayuda a identificar y evaluar algunos de los factores clave que deben tenerse en cuenta al diseñar un radiotelescopio de baja frecuencia. Sin embargo, en la etapa de diseño y construcción final, se deberá considerar cuidadosamente la selección de materiales para asegurar que sean adecuados para la aplicación específica del radiotelescopio. En la figura 6, se ilustra el diseño de la antena monopolo blade que se describe anteriormente.

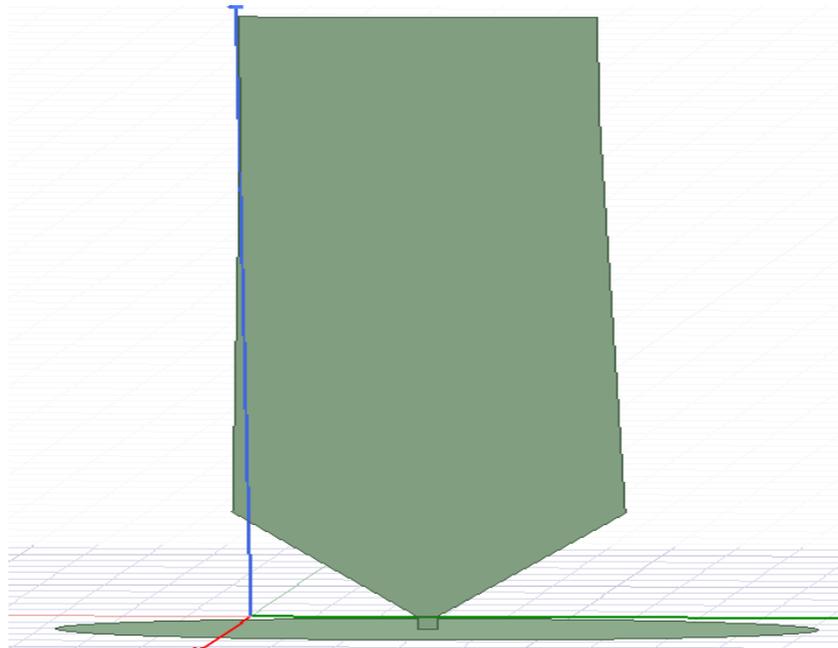


Figura 2.6: Esquemático Antena monopolo Blade sin ala en el software HFSS, vista frontal sobre un plano a tierra, con material hipotético.

Una vez se han analizado los resultados de la simulación con el material de conductividad perfecta, se procede a cambiar el modelo matemático para poder evaluar el rango de frecuencia de 300 MHz a 3 GHz. Esto se realiza mediante la ecuación (2), que se adapta a las características del rango de frecuencia deseado.

Además, se ha establecido el cobre como el material a utilizar en la creación del radiotelescopio, ya que es un material comúnmente utilizado en aplicaciones de radiofrecuencia debido a sus buenas propiedades conductoras.

Como paso inicial en la simulación del radiotelescopio, se crea una antena en material de cobre.

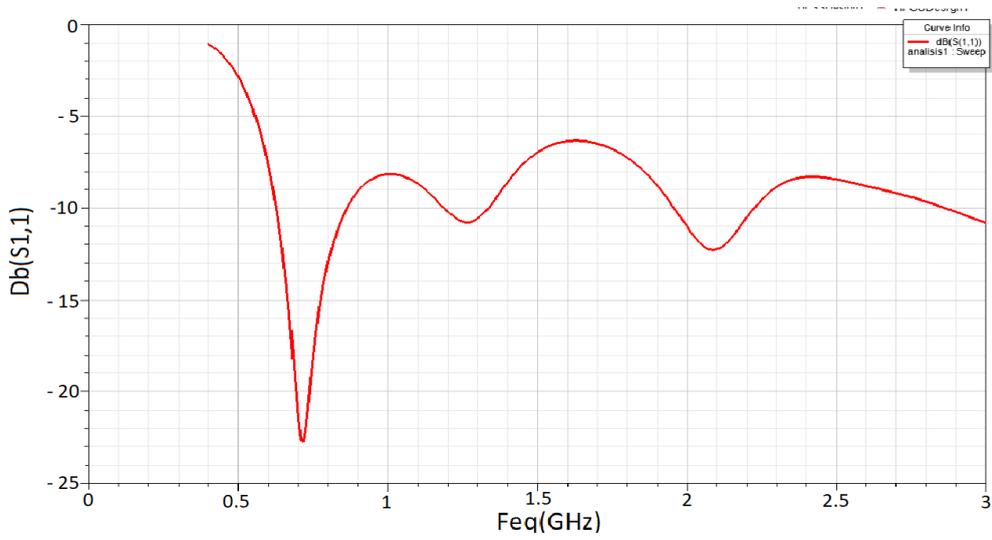


Figura 2.7: Resultado en el factor S11, de la antena monopolo blade con material hipotético.

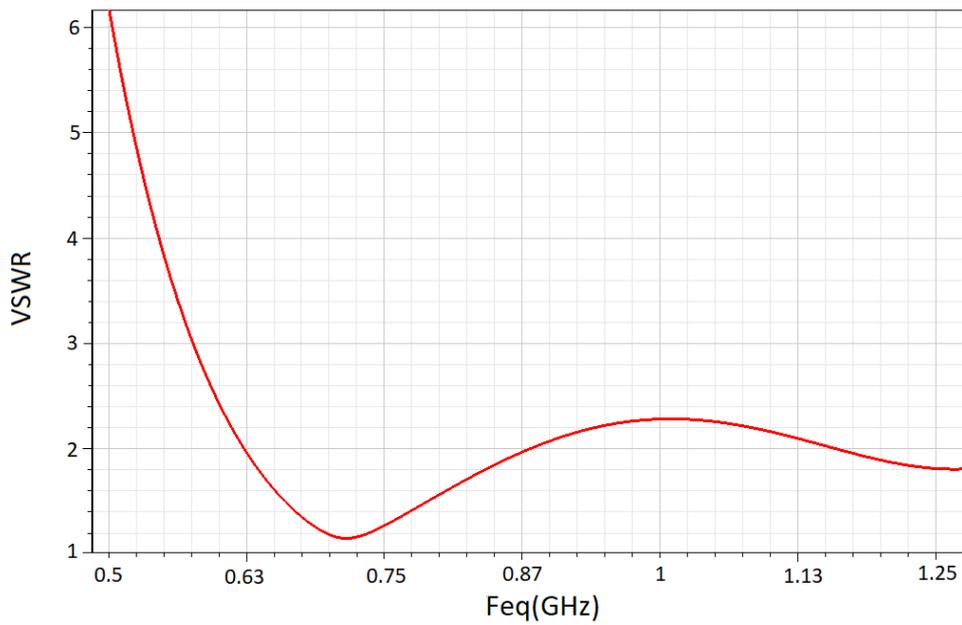


Figura 2.8: Resultado en el factor S11, de la antena monopolo blade con material hipotético.

Table 2.1: Diseño inicial de antena monopolo Blade

Nombre	Descripción	Dimensión
Co	velocidad luz	300000000 m/s
Fo	Frecuencia	80 MHz
Lambda	Co/Fo	2.85m
W3	W*0.7	4.5cm
Gap	l/70	3mm
G	Grosor sustrato	3mm
Ld	Lambda/4-Gap	69.38cm
H	Lambda/4	9.37cm
Pt	Plano tierra	3mm
Caw	caja de aire ancho	7.05m
Caa	caja de aire alto	3.08m

2.3. Implementación de la antena monopolo blade

Para comenzar con la implementación de la antena monopolo, es necesario realizar el diseño y construcción de esta. Las medidas de la antena ya fueron simuladas en el software HFSS, lo que nos permite utilizarlas como referencia para la construcción. Las antenas se fabricaron utilizando cobre de 1 milímetro de grosor y miden 12 milímetros de alto, tal como se estableció en el modelo matemático.

Se implementaron tres tipos de antenas monopolo: una sin "alas", otra con una "ala" y otra con dos "alas". El término "ala" se refiere a la medida añadida a los extremos de cada antena. Además, se fabricaron bases con material dieléctrico para evitar cualquier tipo de interferencia en los resultados obtenidos con la ayuda del VNA. Estos resultados se utilizarán para realizar un análisis más completo de las características de las antenas físicas y compararlos con los resultados de las simulaciones.

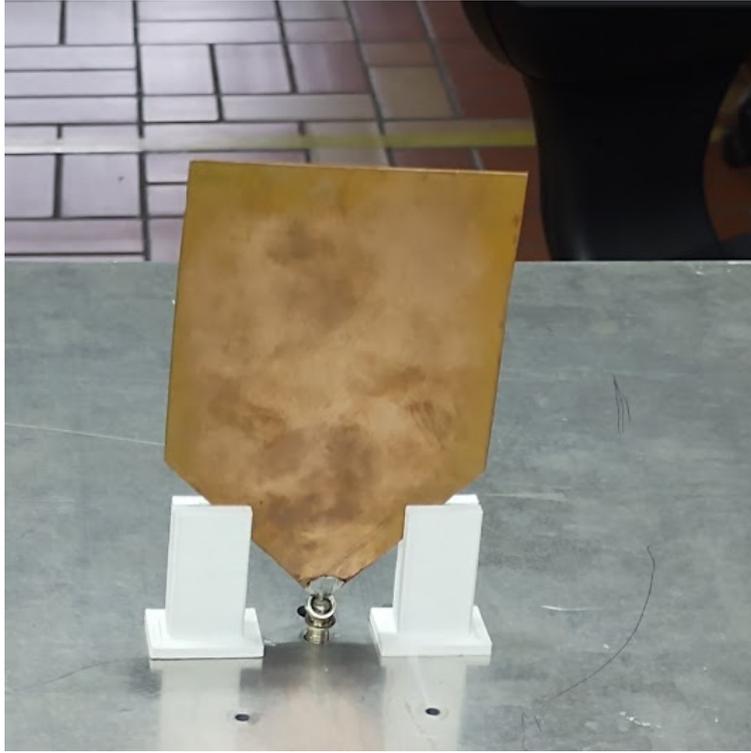


Figura 2.9: Antena monopolo blade implementada en material de cobre, según con las medidas simuladas.

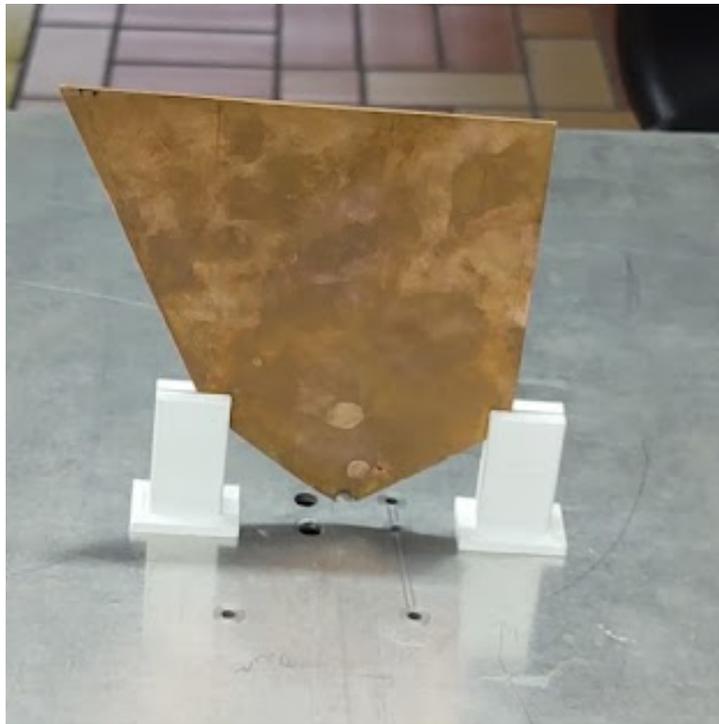


Figura 2.10: Antena monopolo blade implementada en material de cobre, según con las medidas simuladas.

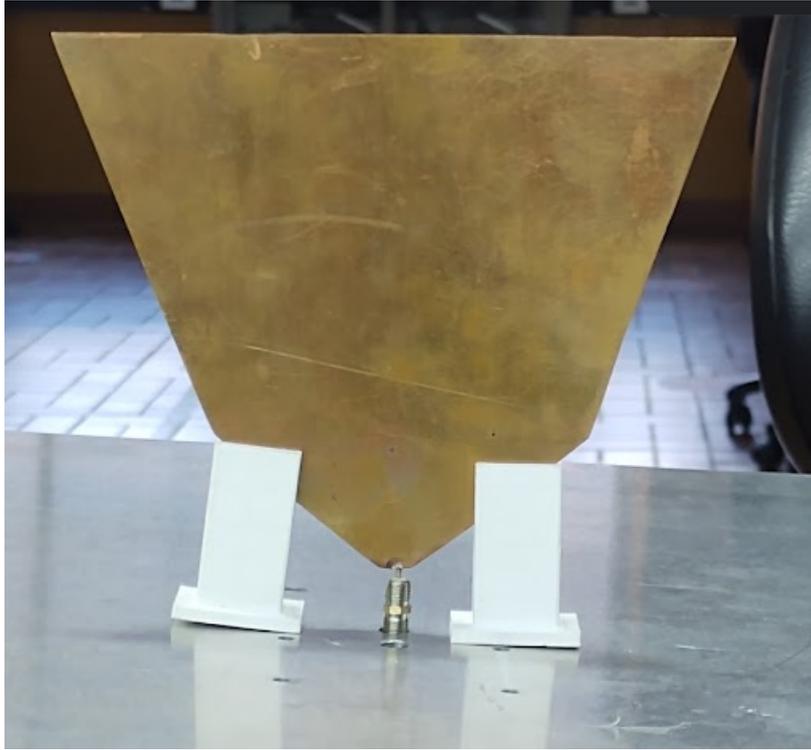


Figura 2.11: Antena monopolo blade implementada en material de cobre, según con las medidas simuladas.

Chapter 3

Resultados obtenidos de antena monopolo

Blade

Durante la simulación de las antenas monopolo blade en el software HFSS, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales incluyen los factores de S11 y VSWR en un rango de frecuencia de 300 MHz a 3 GHz.

Es necesario realizar las simulaciones de la antena monopolo blade utilizando materiales reales para poder obtener resultados precisos que puedan ser implementados en la vida real. En las simulaciones iniciales, se utilizó un material de perfecta conductividad, lo que significa que los resultados obtenidos no son aplicables a un material real. Por lo tanto, es importante realizar simulaciones adicionales con materiales reales para obtener resultados más precisos y útiles para la implementación práctica de la antena monopolo blade.

El resultado de la primera antena con el material de conducción perfecta los da como resultado un $VSWR = 2.5$ y los da un valor de -22.68 dB en el factor S11.

El resultado de las antenas monopolo blade sin “alas”, con una “ala” y con dos alas, con el material de cobre como se ha indicado con un grosor de 1 milímetro, los resultados que se van a tener en cuenta son S11 y VSWR.

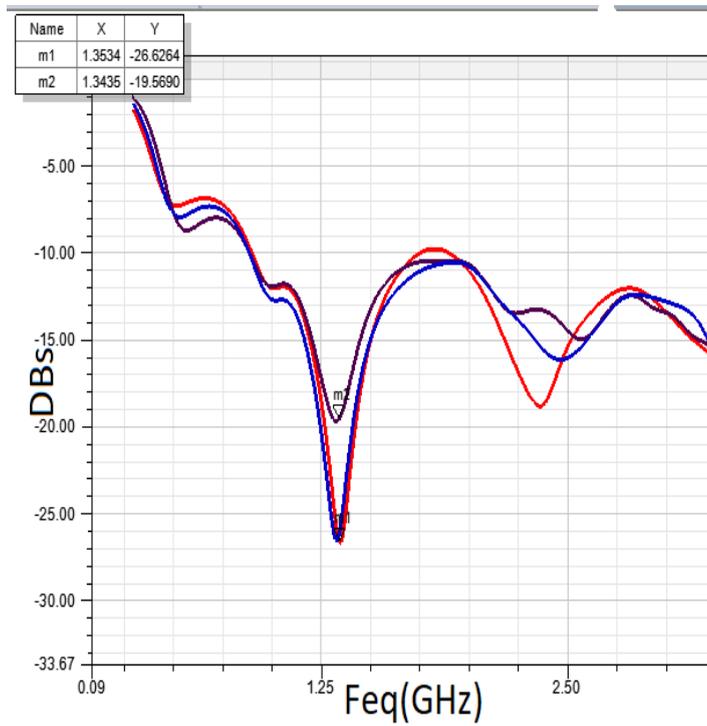


Figura 3.1: Comparación del resultado del factor S11 de las antenas monopolo Blade con alas y sin alas, en la simulación.

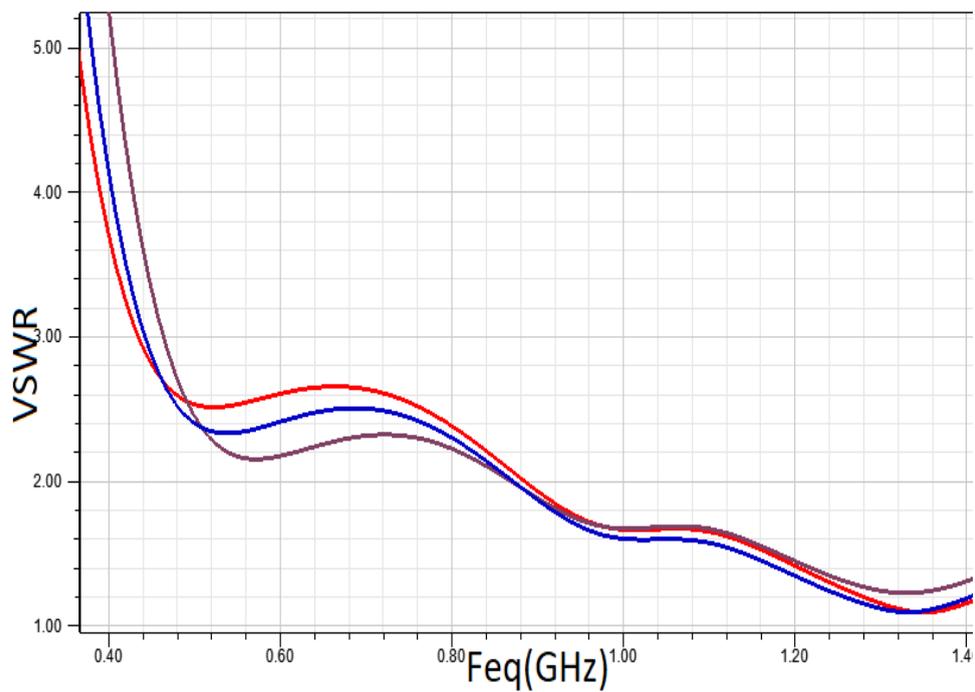


Figura 3.2: Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo Blade con alas y sin alas, en la simulación.

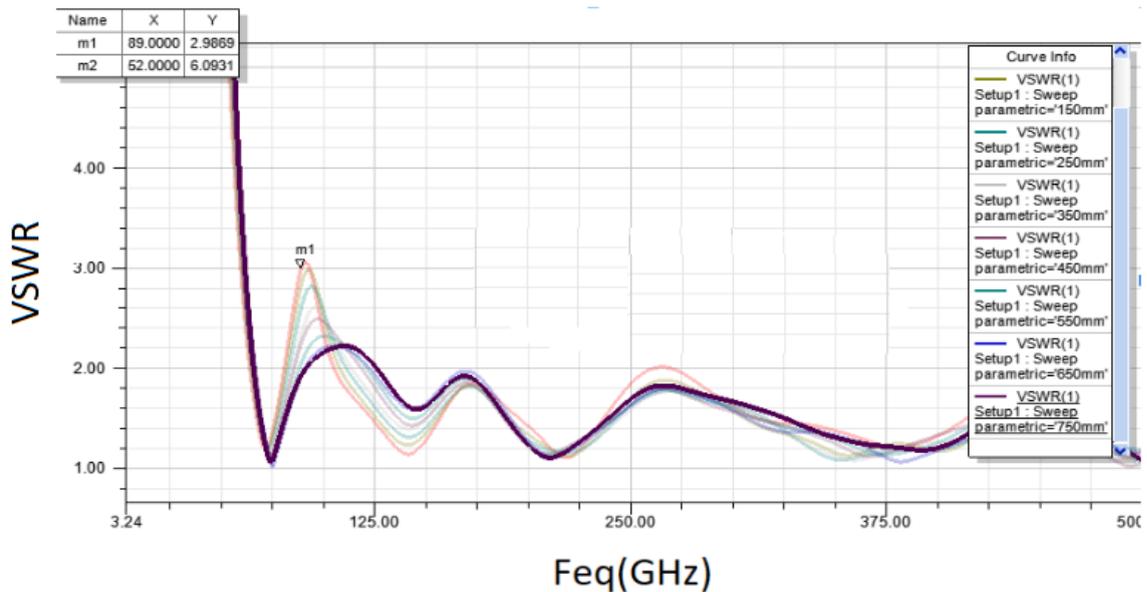


Figura 3.3: Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo Blade, dando una parametrización del ancho de la antena monopolo Blade en la simulación.

Los resultados obtenidos en la simulación de las antenas monopolo Blade muestran que los valores de VSWR varían cuando se incrementa el tamaño de la "ala". El valor óptimo que se busca para la antena es un VSWR igual a 2. Se observa que a medida que se incrementa el tamaño de la "ala", la señal tarda más en estabilizarse y se produce un mayor efecto de replay. Sin embargo, también se obtiene una mayor ganancia al aumentar el tamaño de la "ala". En consecuencia, se debe encontrar un equilibrio entre la ganancia y el tiempo de estabilización de la señal al determinar el tamaño óptimo de la "ala" en la antena monopolo Blade.

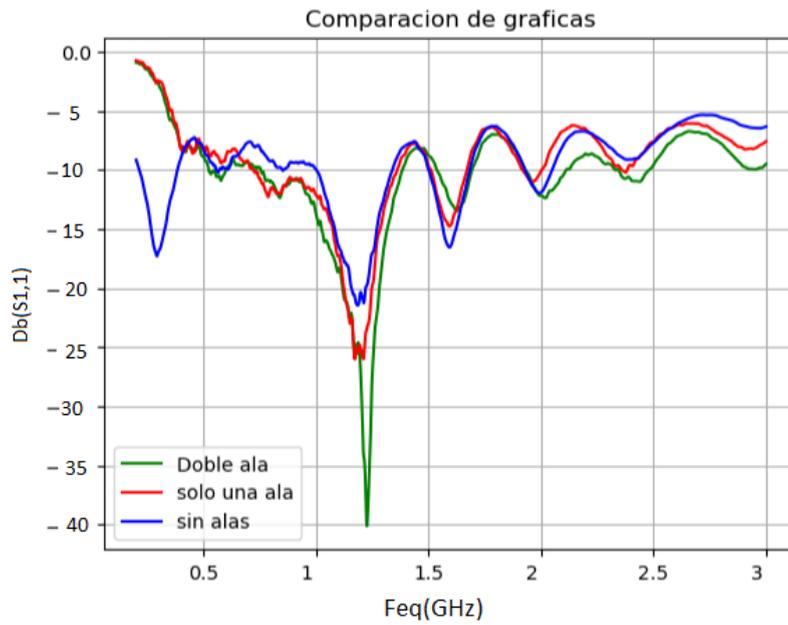


Figura 3.4: Comparación del resultado del factor S11 de las antenas monopolo Blade, implementadas en material de cobre.

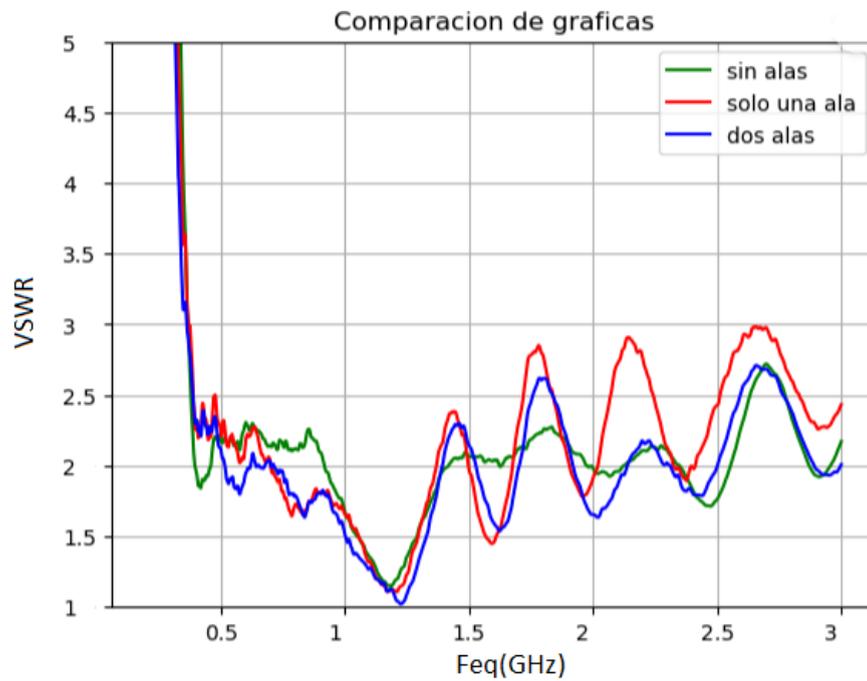


Figura 3.5: Comparación del resultado del VSWR de las antenas monopolo Blade, implementadas en material de cobre.

Chapter 4

Conclusiones

De acuerdo con los resultados que nos brinda la implementación de las antenas y con el VNA, se puede observar que en las antenas monopolo blade con diferentes medidas en la “ala”, se puede evidenciar que la antena que tiene mejor factor de S11 es la antena con dos alas, pero se cuenta con una atenuación más lenta de la señal, además podemos observar que cuenta con VSWR igual a 3, lo que significa que no es óptima para la recepción de señales.

Se concluye que la antena monopolo blade sin alas es la mejor opción para un radiotelescopio. Esto se debe a que su factor S11 es proporcional a su VSWR y, además, permite una mejor recepción de señales débiles.

Cabe mencionar que la elección de la antena adecuada para un radiotelescopio depende de varios factores, como la frecuencia de operación, el ancho de banda deseado y las condiciones del entorno. Por lo tanto, es importante realizar un análisis detallado y considerar cuidadosamente las características de cada tipo de antena antes de tomar una decisión.
proyecto.

Bibliography

Manrique, S., & Alejandro, J. (2022). Diseño y análisis de antena dipolo Blade para radioastronomía. Universidad ECCI.

R. S. Malfajani, A. Zahedi and B. A. Arand, "Low-profile Ultra-Wideband Blade Monopole Antenna," 2018 9th International Symposium on Telecommunications (IST), Tehran, Iran, 2018, pp. 15-18, doi: 10.1109/ISTEL.2018.8661057.

Jauregui-Garcia, J. M., Peterson, J. B., Castillo-Dominguez, E., & Voytek, T. C. (2017). HIBiscus, a broadband antenna with matching impedance and uniform radiation pattern. 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, 697–698. IEEE.

B. A. Arand, R. Shamsaee and B. Yektakhah, "Design and fabrication of a broadband blade monopole antenna operating in 30 MHz–600 MHz frequency band," 2013 21st Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), Mashhad, Iran, 2013, pp. 1-3, doi: 10.1109/IranianCEE.2013.6599878.

Beb Caal, M.Y. et al. (1970) Implementación de un radiotelescopio., Universidad del Valle de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. Available at: <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4036>