



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Análisis del cambio de material en el coeficiente de reflexión y VSWR en una antena dipolo de media onda en la banda de mmW

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera en Telecomunicaciones

AUTORA: STEFANNY LISETTE ARAUZ RODRÍGUEZ

TUTOR: LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN

Quito-Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Stefanny Lisette Arauz Rodríguez con documento de identificación N°1750141630;
manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera totalo parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 30 de agosto del año 2022

Atentamente,

Lisette Arauz

Stefanny Lisette Arauz Rodríguez

1750141630

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo Stefanny Lisette Arauz Rodríguez con documento de identificación No. 1750141630, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy la autora del artículo académico: “Análisis del cambio de material en el coeficiente de reflexión y VSWR en una antena dipolo de media onda en la banda de mmW”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 30 de agosto del año 2022

Atentamente,

Lisette Arauz

Stefanny Lisette Arauz Rodríguez

1750141630

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lenin Wladimir Aucatoma Guamán con documento de identificación N° 1717985830, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL CAMBIO DE MATERIAL EN EL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN Y VSWR EN UNA ANTENA DIPOLO DE MEDIA ONDA EN LA BANDA DE MMW, realizado Stefanny Lisette Arauz Rodríguez con documento de identificación N°1750141630, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad PolitécnicaSalesiana.

Quito, 30 de agosto del año 2022

Atentamente,



Ing. Lenin Wladimir Aucatoma Guamán, MSc
1717985830

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico primero a Dios, por permitirme obtener la sabiduría y la fortaleza para culminar este trabajo de titulación, dedico también a mis padres y mis hermanos que con su apoyo incondicional y esfuerzo han logrado motivarme para conseguir el objetivo, también dedico a mi novio Cristhian por enseñarme que con dedicación y perseverancia se pueden lograr los objetivos propuestos, y que no importa que tan largo sea el camino por recorrer lo importante es cumplir la meta. También dedico a mis amigos y compañeros de aula que colaboraron en la parte de formación académica.

Stefanny Lisette Arauz Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a Dios por bendecirme y guiarme en cada aspecto e instante a lo largo de nuestra carrera profesional y vida personal.

A mis padres Yessenia y Mauricio por su apoyo y su amor incondicional que contribuyeron para que lo difícil sea más fácil para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida, a mis hermanos Kenneth y Leonardo por animarme en días abrumadores, y brindarme siempre su cariño.

A mi novio Cristhian por animarme, apoyarme y su comprensión durante todo este proceso formativo y personal a lo largo de mi carrera en cual me ha enseñado que siempre: “el que persevera alcanza”

A mi grupito “los chi chavemos” por hacer más fácil el proceso de culminación de carrera porque nunca faltaron risas en cualquier circunstancia.

A mi tutor y amigo Lenin por brindarme su ayuda incondicional como guía y orientación durante la realización de este proyecto de investigación.

A cada uno de los docentes de la carrera de Telecomunicaciones que fueron partícipes de este proceso y sea de manera directa o indirecta, por haber contribuido en nuestra formación profesional compartiéndonos sus amplios y sabios conocimientos.

.

Stefanny Lisette Arauz Rodríguez

Análisis del cambio de material en el coeficiente de reflexión y VSWR en una antena dipolo de media onda en la banda de mmW

Stefanny Lisette Arauz Rodríguez
Departamento de Ingeniería en
Telecomunicaciones
Universidad Politécnica Salesiana
Quito, Ecuador
sarauz@est.ups.edu.ec

Lenin Wladimir Aucatoma Guamán
Departamento de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones
Universidad Politécnica Salesiana
Quito, Ecuador
laucatoma@ups.edu.ec

Resumen— En este documento, compararemos el impacto de material, para antenas dipolo de media onda utilizando los materiales de cobre y aluminio. Comenzamos diseñando una antena con una frecuencia de 38,75 GHz para las ambas antenas, una vez logrado esto, configuraremos los materiales de construcción en Cobre y Aluminio para analizar la influencia que tiene en los parámetros VSWR, S11 y patrón de radiación. En este estudio, los materiales de aluminio y cobre son eficientes ya que ambos son buenos conductores dieléctricos por lo que, al realizar el análisis comparativo de los parámetros ajustados al modelo diseñado, se visualiza que el material de aluminio produce un ancho de banda más amplio que el cobre y permite una mayor transmisión de datos. Por lo tanto, dentro del alcance del estudio, el aluminio es el mejor material porque tiene un mejor rendimiento, lo que lo convierte en un mejor candidato para la transmisión de información, ya que, el nivel de permitividad y conductividad da mejores resultados en su ancho de banda.

Palabras Clave—aluminio, antena dipolo, cobre, mmW, VSWR.

Abstract— In this paper, we will compare the material impact for half-wave dipole antennas using copper and aluminum materials. We start by designing an antenna with a frequency of 38.75 GHz for both antennas, once this is achieved, we will configure the copper and aluminum materials of construction to analyze the influence it has on the VSWR, S11 and radiation pattern parameters. In this study, the aluminum and copper materials are efficient since both are good dielectric conductors, so when performing the comparative analysis of the parameters adjusted to the designed model, it is visualized that the aluminum material produces a wider bandwidth than copper and allows a higher data transmission. Therefore, within the scope of the study, aluminum is the best material because it has a better performance, which makes it a better candidate for the transmission of information, since the level of permittivity and conductivity gives better results in its bandwidth.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad que las TIC han mejorado las capacidades de los dispositivos, la transmisión y el procesamiento instantáneo de datos es una necesidad, razón por la cual la tecnología 5G ayuda a conectar industrias con la última tecnología del mercado. [1] Se postula que al aumentar la capacidad de conexión y acortar el tiempo de espera, que son estas características, se espera que sea posible lanzar servicios y productos que requieran mayor velocidad, como los teléfonos móviles. realidad virtual, multimedia, etc. Es decir, el desarrollo final de las IOT o internet de las cosas. [2]

Al operar en este tipo de frecuencia, la antena resultante es más pequeña que la antena asociada a las frecuencias más bajas. [3]

La antena dipolo de media onda ($\lambda/2$) se caracteriza por tener un patrón de radiación omnidireccional debido a que posee una similitud a un toroide cuyo radio es menor que cero. Esta antena se menciona en una forma de desarrollo que se considera simétrico porque la fuente de alimentación se encuentra centro de la antena e inicia un circuito eléctrico alrededor del dipolo para generar un campo magnético en un momento específico [4]. Las antenas dipolo son una de las antenas más utilizadas porque son fáciles de fabricar y reciben señales balanceadas. Su estructura consta de un conductor ubicado en el centro y un generador. [1] Las frecuencias de ondas milimétricas (mmW) son considerados modelos estándar para aplicaciones de corto alcance y áreas densamente pobladas donde se requiere alta potencia. Por lo tanto, es importante mejorar la eficiencia operativa diseñando la antena para cumplir con los requisitos de las nuevas necesidades, mejorando la calidad de la resistencia a la radiación, garantizando más eficacia. La resistencia de la antena es de 73Ω y la parte imaginaria de la impedancia es $j42.5\Omega$, generando así la impedancia total de la antena que es $Z_{in} = 73 + j2.5 \Omega$ [5].

En la estructura de las dos antenas diseñadas para el análisis de impacto de esos materiales, sus brazos están formados con una longitud igual a lambda medios ($\lambda/2$) polo a polo. Para dicha antena se recomienda usar un baluns, ya que convierte líneas

de transmisión en líneas equilibradas, de tal modo, que se conectará cada uno de los conductores al positivo y el otro al negativo. No obstante, debido a la resistencia a la radiación, también puede conectar el brazo de la antena mediante un cable coaxial de 75Ω que tiene por resistencia $73 [\Omega]$ [6]. Esto se tiene en cuenta al diseñar las antenas con una misma frecuencia de $38,75$ (GHz) utilizando los materiales de aluminio y cobre.

En [7] se desarrollaron antenas dipolo de media onda modeladas a frecuencias de $24,25$, $25,8$ y $27,5$ [GHz] donde se

analiza el impacto de diferentes frecuencias, pero en un mismo material y en [8] se diseñaron antenas dipolo de media onda

para aplicaciones Wi-Fi analizando sus parámetros de distribución y como estos influyen, pero con variación de frecuencia. Estos dos estudios se tomaron en cuenta para comenzar a investigar los efectos de los cambios de material dentro de la frecuencia de $38,75$ [GHz] y para analizar los diferentes parámetros de dispersión de las antenas y como el material influye en una misma frecuencia.

Basándose en las citaciones de trabajos en el párrafo anterior, se emplea el estudio de la comparación de los materiales de aluminio y cobre, para antenas dipolo de media onda en donde se analiza la problemática que surgen en el diseño de antenas que operan a frecuencias más altas y como afecta el cambio de material dentro de ellas. El análisis de estas antenas se comporta de manera diferente a las antenas que operan a frecuencias más bajas.

II. DISEÑO DE LAS ANTENAS

Como se muestra en la figura 1, se visualiza el modelamiento de la antena propuesta indicando así, las variables de cada parámetro de construcción. La estructura de la cual se compone es la siguiente: brazos de longitud “l”, radio “R” y línea o generador de alimentación “g”.

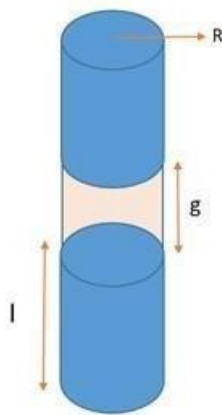


Fig. 1. Diseño propuesto de Antena dipolo de media onda

Se diseñaron dos antenas dipolo de media onda en el programa ANSYS HFSS 2021 R1. Ambos tienen una frecuencia de resonancia de $38,75$ GHz, con diferencia en su material, ya que, uno está fabricado en material de aluminio y el otro en cobre. La ecuación 1 muestra la longitud de cada brazo.

$$l = \frac{\lambda - 2g}{4} [m] \quad (1)$$

A su vez, se muestra en la ecuación 2 que ambas antenas tienen un mismo radio:

$$R = 0.0005\lambda [m]. \quad (2)$$

Los brazos están conectados por un generador o línea de alimentación denominada “g”, cuyo valor es el resultado de sustituir el valor del radio de la ecuación de impedancia dada en la ecuación 3.

$$|Z_0| = 120 \ln \left(\frac{g}{R} \right) [\Omega]. \quad (3)$$

La ecuación 4 muestra que “g” es la distancia entre los dos brazos y “R” es el radio; al despejar “g”

$$g = R e^{\frac{|Z_0|}{120}} [m]. \quad (4)$$

La antena dipolo diseñada se considera una antena balanceada debido a que la alimentación se encuentra entre los valores máximo, mínimo y cero de las antenas. Esto hace que la onda del campo magnético se propague en dirección opuesta, perpendicular al dipolo, pero viaja en un plano perpendicular al campo eléctrico y está en fase con los otros campos magnéticos. [6].

De igual importancia, la impedancia de la antena dipolo de media onda puede ser de 50 ohmios o de 73 ohmios, dadas las propiedades conductoras de los materiales utilizados en las simulaciones entre los materiales de cobre y aluminio detallados en la Tabla 1. Por lo tanto, la interfaz de la fuente está representada por una puerta local de $73 (\Omega)$ porque el simulador se caracteriza por el tipo de excitación que produce la fuente de campo.

Material	Permitividad Relativa	Permeabilidad Relativa	Conductividad a Granel [siemens/m]
Cobre	1	0,999991	58000000
Aluminio	1	1,000021	38000000
% Desfase	-	0,02%	34,48%

Tabla 1. Características de conductividad de Cobre, Aluminio y Acero Inoxidable

Además, los puertos locales también son similares a las fuentes de alimentación a su vez, se pueden utilizar para controlar las líneas de transmisión de uso común. Los terminales del conector también son eficaces para experimentos de compensación de voltaje. Estos generalmente se aplican de manera interna a la distancia de solución. [6] brazos de longitud

Para la tabla II, se ajustó los parámetros de dispersión para adaptarlos a los materiales de aluminio y cobre en los brazos y aire como material del dieléctrico en el espacio “g”. Después de validar que ambas trabajan en una misma frecuencia de resonancia se refleja los puntos mínimos de las curvas del VSWR y el parámetro S11 para los diferentes materiales. No

obstante, estas no eran necesarias motivo por el cual, se tuvo que efectuar ajustes de construcción dando como resultado, de manera experimental, los valores ajustados obtenidos en la tabla II.

Material	Aluminio	Cobre
Aislante	Aire	Aire
Frecuencia de resonancia [GHz]	38,75	38,75
Lambda [mm]	7.74	7.74
Longitud de Antena [mm]	9.79	9.79
Gap g [mm]	1.33	1.30
Radio de brazo [mm]	0.98	0.98
Longitud de	1 805	1 805

Tabla II. Valores de dimensiones de modelamiento de las antenas dipolo de cobre y aluminio

III ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. IMPACTO DE MATERIAL EN LOS PARÁMETROS S_{11} CON LOS MATERIALES DE ALUMINIO Y COBRE

Tomando en cuenta que ambas antenas se trabajan con la frecuencia de 38,75 GHz, el punto mínimo de cada curva indicará un valor inferior a -15 dB para (S_{11}), dentro de la tabla 3 se observa el desfase de 0,51% de los valores máximos que poseen cada una de las antenas en diferentes materiales obteniendo así, al material de Aluminio con un máximo superior al de Cobre.

	Cobre	Aluminio	% de Desfase
S_{11} [dB]	-24,6334	-24,7595	0,51%

Tabla III. Parámetros S_{11} de antena dipolo en aluminio y cobre

La Figura 2 muestra el comportamiento del parámetro de varianza S_{11} (coeficiente de reflexión) en el modelo ajustado. Esto indica que el material de aluminio tiene mejor rendimiento porque tiene un mayor valor negativo, lo cual indica un mejor desempeño en el funcionamiento de la antena

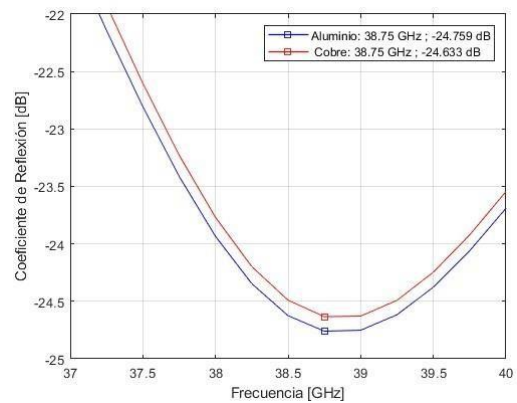


Fig2. Parámetros S_{11} en Cobre y Aluminio

Como se visualiza en la figura 3, al modelar la antena, se puede verificar que ambas cumplen el parámetro estándar de menos de -15dB a la misma frecuencia, independientemente del material, a su puede observar el desfase mínimo que tiene.

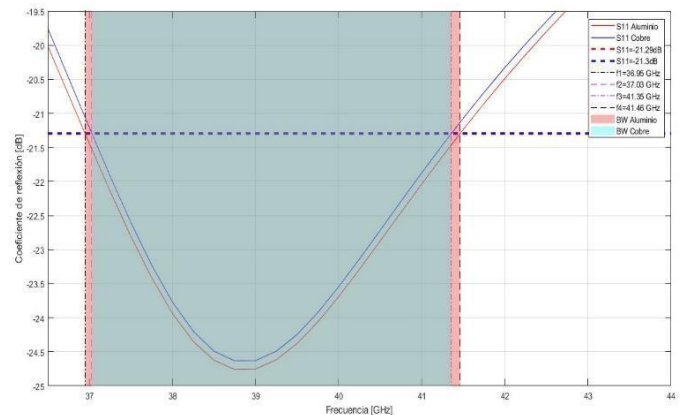


Fig3. Diagrama de S_{11} en Cobre y Aluminio

B. VSWR Y ANCHO DE BANDA B_w

El ancho de banda de la antena es el rango de frecuencia en el que la antena cumple con ciertas especificaciones de parámetros. Uno de los anchos de banda más utilizados es el ancho de banda asociado con VSWR. El ancho de banda se caracteriza tal como una banda de frecuencia, en la que la antena puede operar de manera eficiente con respecto a ciertos parámetros. La característica de seleccionar VSWR es inferior a 1,5, y el rango de frecuencia se utiliza para seleccionar el ancho de banda en el que funciona la antena [7]. La Figura 4 muestra que ambos materiales cumplen con el rango VSWR estándar.

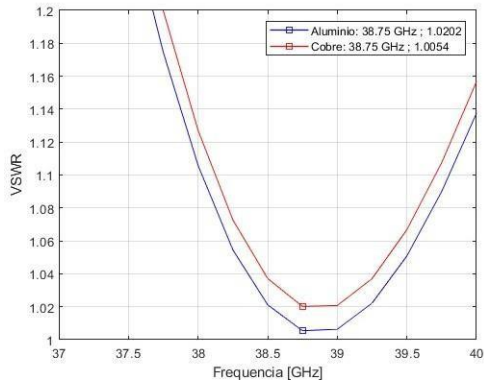


Fig. 4. VSWR en Cobre y Aluminio

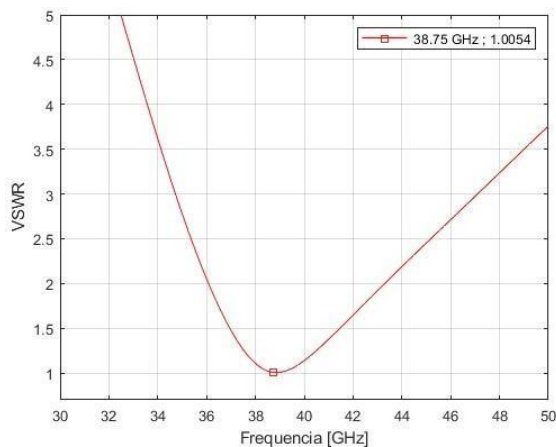
	VSWR	BW[GHz]
Cobre	1,0202	4,32
Aluminio	1,0054	4,51
% de Desfase	4,39%	1,45%

Tabla IV VSWR y Ancho de banda de Aluminio y Cobre

La Tabla 4 muestra que el VSWR más influyente es el material de aluminio debido a su excelente desempeño. Por lo tanto, la Figura 4 muestra un cambio de fase de 1,45%. De tal modo, que el rendimiento del ancho de banda de los dos materiales puede verse como muy efectivo, el material con el mejor rendimiento de transmisión de información es el aluminio.

Dado que ambos son excelentes materiales dieléctricos, existen diferencias significativas en los valores de cambio de fase enumerados en la Tabla 4, pero considerando que $VSWR \approx 1$ está cerca del comportamiento ideal de una antena dipolo de media onda, el material de aluminio es el que más se acerca con el valor ideal de VSWR

a) Aluminio



b) Cobre

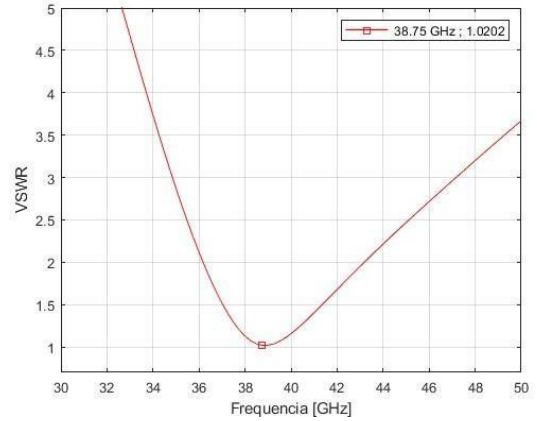
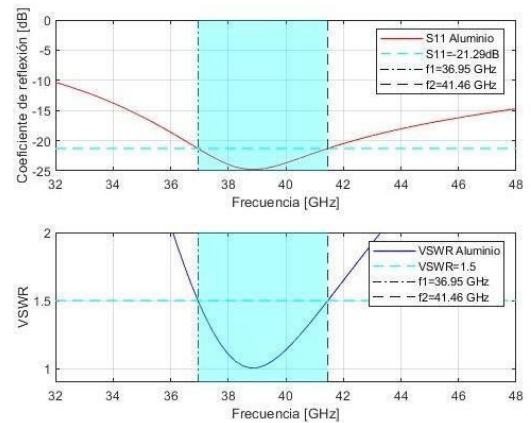


Fig. 5. Curvatura de VSWR en Cobre y Aluminio

Los análisis de las figuras 5a y 5b muestran que los diagramas de curvatura son similares. Esto se debe a que no existe una gran diferencia significativa entre los valores de permeabilidad magnética y permitividad, como se confirma en la Tabla 1. Ambos tienen la misma permitividad. El material es 1, pero tiene una brecha de permeabilidad de 0.02%, lo que afecta la capacidad del conductor para ser afectado o el campo magnético en una pequeña proporción.

a) Aluminio



b) Cobre

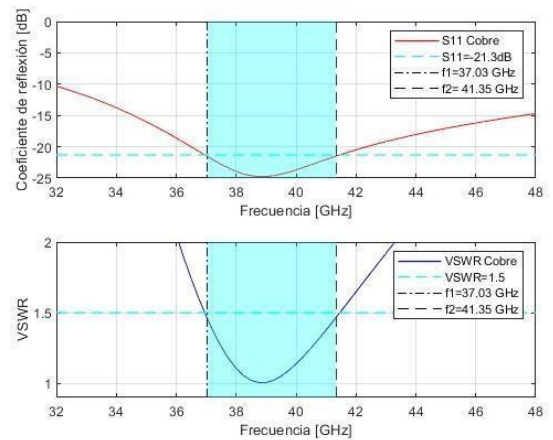


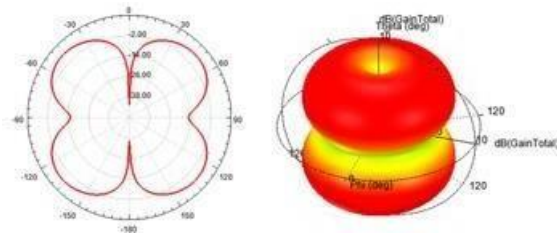
Fig. 6 Ancho de banda de Aluminio y Cobre

Al comparar los anchos de banda del cobre y el aluminio, como se observa en las Figuras 6a y 6b, existe una brecha del 4,39 % en el ancho de banda, lo que deja en claro que el aluminio es el mejor material para la propagación de datos.

C. PATRÓN DE RADIACIÓN

La Figura 7 muestra los patrones de radiación de materiales 2D y 3D, con el plano eléctrico (E) cortado en dos dimensiones, para un modelo creado a una frecuencia de 38,75 GHz. Aquí se pueden observar las características de radiación del espacio [8 días]. Ambas antenas se asemejan a una forma de "rosquilla", como se ve en el patrón 3D, pero también se han probado con valores de ganancia máxima y mínima de 3,6 dB y -42,7 dB, respectivamente. La antena irradia en todas direcciones. Es decir, la antena es en realidad tridimensional de una manera particular.

a) Aluminio



b) Cobre

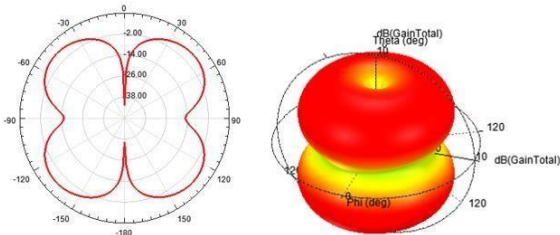


Fig.7 Patrón de radiación 2D y 3D

A medida que las líneas eléctricas se alejan cambia el patrón de radiación. La diferencia entre la ganancia mínima y la ganancia máxima es de 0,6 dB, lo que mejora la conductividad del material de cobre. De la Tabla 6, estas ganancias no cambian porque las ganancias mínimas no cambian. También afecta los parámetros S11 y VSWR. [9]

La figura 7 muestra que ambas antenas obtienen cifras similares al mismo valor de frecuencia, el plano eléctrico 2D se expande gradualmente en todos los modelos, mostrando la dirección máxima a 90° y -90°, 0° y -180°, indica que se indica

0 dB por. Nivel de electricidad. La Tabla 6 muestra los valores de ganancia mínima (G_{min}) y ganancia máxima (G_{max}) para el modelo correspondiente de la antena que se muestra en la Tabla 2.

		G_{MAX} [dB]	G_{MIN} [dB]
Modelo Sintonizado	Cobre	3.6	-42,7
	Aluminio	3.6	-42,1
	% Desfase	0%	1,41%

Tabla V G_{max} y G_{min} de Aluminio y Cobre

Como se puede ver en la Tabla 5, no hay retraso en la ganancia máxima entre el cobre y el aluminio y, por el contrario, hay un retraso de 1,41 % en la ganancia mínima, lo que indica que el aluminio tiene una ganancia mayor. El desfase que existe entre estas dos ganancias es mínimo por lo que ambos parámetros se ven ajustados de manera casi similar como se muestra en la tabla 2

IV. CONCLUSIONES

Como se muestra en la Tabla 4, el aluminio en el VSWR se destaca por sus características de permeabilidad magnética y constante dieléctrica, por lo que el efecto del material de aluminio sobre el material de cobre es grande. Está cerca del estándar 1 para antenas dipolo de media onda, dando como resultado un ancho de banda más amplio y una propagación de datos más eficiente.

El parámetro que se muestra en la Tabla 1 que influyó en el gran efecto del aluminio es la permitividad. Esto se debe a que, a pesar de los altos valores de conductividad aparente del cobre, cuanto más cerca está el aluminio de 1, mayor es el ancho de banda.

Como se aprecia en la figura 5 se visualiza que el ancho de banda de aluminio es mejor que el de cobre debido a que dicho material permite mayor cantidad de transmisión de datos que el cobre por lo que en la tabla 4 se visualiza que el desfase del ancho de banda es de 4,39%.

V. REFERENCIAS

- [1] ITU, "Guidelines for Evaluation of Radio Interface Technologies for IMT-Advanced," Electron. Publ., vol. 0, 2017, [Online]. Available: <http://www.itu.int/pub/R-REPM.2135-2008/en>.
- [2] N. G. Fernández, «ANTENAS PARA DISPOSITIVOS MÓVILES 5G e IoT», 2019
- [3] DVTEST, "La tecnología 5G requiere las frecuencias de ondas milimétricas mmWAVE," Artículo, 2019, [Online]. Available: www.adler-instrumentos.es.
- [4] R. Islam, F. Mahbub, S. B. Akash, and S. A. Kadir AlNahium, "Design of a Half-Wave Dipole Antenna for Wi-Fi & WLAN System using ISM Band," IEEE, pp. 1-4, 2021, doi: 10.1109/iemtronics52119.2021.9422495.
- [5] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. 2005.
- [6] López Orbea, Fausto Xavier, and Israel Sebastián De La Torre Trujillo. Comparación de los parámetros de dispersión de una antena dipolo para las frecuencias de 60, 67 y 74 GHz. BS thesis. 2021.
- [7] C. Suárez, A. Páez, J. Gómez y M. Ferrando, «Técnica de optimización del ancho de banda en una antena PIFA,» pp. 4-5, 2009.

- [8] Suquillo Yajamín, Henry Ramiro. Comparación de los parámetros de una antena dipolo de media onda en la banda de 26 GHz. BS thesis. 2022.
- [9] Almagro Toapanta Dayana Michelle. Análisis de un arreglo lineal de antenas dipolo simple para onda milimétrica.2022