

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:**  
**DISEÑO DE UNA ANTENA TIPO BOCINA INTEGRADA PARA QUE**  
**OPERE EN BANDA DE ONDA MILIMÉTRICA**

**AUTORES:**  
**JESSICA VICTORIA ACUÑA LÓPEZ**  
**SANTIAGO ALEXANDER MONTESDEOCA ROMERO**

**TUTOR:**  
**LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN**

**Quito, julio 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Jessica Victoria Acuña López y Santiago Alexander Montesdeoca Romero, con documentos de identificación N° 172567580-3 y N° 172234900-6 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO DE UNA ANTENA TIPO BOCINA INTEGRADA PARA QUE OPERE EN BANDA DE ONDA MILIMETRICA”, Mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIEROS ELECTRÓNICOS, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Nombre: Jessica Victoria Acuña López  
Cédula: 172567580-3



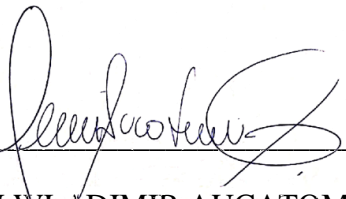
.....  
Nombre: Santiago Alexander  
Montesdeoca Romero  
Cédula: 172234900-6

Quito, julio 2020.

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico, “DISEÑO DE UNA ANTENA TIPO BOCINA INTEGRADA PARA QUE OPERE EN BANDA DE ONDA MILIMETRICA”, realizado por Jessica Victoria Acuña López y Santiago Alexander Montesdeoca Romero, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio 2020.



---

**LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN**

Cédula de identidad: 171798583-0

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico de manera especial a mis padres Oswaldo Acuña y Marivel López quienes han sido un pilar fundamental durante todo mi desarrollo académico, brindándome todo su apoyo. A mis abuelitos y tíos que siempre me han motivado para seguir adelante. A mis maestros y amigos que me han enseñado y han sido testigos de todo el esfuerzo realizado durante mi vida estudiantil.

Jessica Victoria Acuña López

Este trabajo investigativo quiero dedicarlo a mi familia y como motor principal mis padres Hugo y Adriana quienes que con su esfuerzo amor y sabiduría me han guiado con la mano de Dios a culminar este camino, mis hermanas Dayana, Milena y mi sobrino Sebastián me brindan su cariño como apoyo en cada paso de mi vida. Quiero también dedicarlo a mis abuelitos, tíos y amigos por sus consejos además de enseñanzas día a día para seguir adelante, a mi novia Diana por su amor y motivación a nunca rendirme ante las adversidades.

Santiago Alexander Montesdeoca Romero

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por la dicha de haberme permitido culminar con esta etapa de mi vida, a mi Madre Marivel López que sin ella esto no habría sido posible, con todo mi corazón gracias madre mía por apoyarme siempre y ser esa motivación día a día para seguir adelante. También quiero agradecer a Santiago Montesdeoca, quién no solo ha sido mi compañero para realizar este trabajo, sino que también un gran amigo que ha sabido estar en los momentos más difíciles. Y por último quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana y a todos los maestros que me brindaron su conocimiento y que me educaron para ser una excelente profesional.

Jessica Victoria Acuña López

Agradecido con Dios por permitirme cumplir un objetivo de vida, a mi familia por todo el soporte y sacrificio brindado para poder culminar mis estudios y seguir adelante, al igual a mi novia Diana Garrido por su cariño y amor brindado para no rendirme y seguir cumpliendo mis metas. De igual manera agradecer a mi compañera y amiga Jessica Acuña por el trabajo investigativo realizado y su amistad incondicional durante estos años. Por ultimo agradecer a nuestro tutor el Ingeniero Lenin Aucatoma por su enseñanza académica como humana brindándonos una buena amistad y a la Universidad Politécnica Salesiana como sus docentes por los conocimientos transmitidos para ejercer una profesión con responsabilidad y calidad.

Santiago Alexander Montesdeoca Romero

# Diseño de una antena tipo bocina integrada para que opere en banda de onda milimétrica

1rs. Aucatoma Guamán Lenin  
Wladimir  
Docente Universidad  
Politécnica Salesiana  
Quito, Ecuador  
lacucatoma@ups.edu.ec

2nd. Acuña López Jessica  
Victoria  
Ingeniería Electrónica  
Universidad Politécnica  
Salesiana  
Quito, Ecuador  
jacunal@est.ups.edu.ec

3th. Montesdeoca Romero  
Santiago  
Ingeniería Electrónica  
Universidad Politécnica  
Salesiana  
Quito, Ecuador  
smontesdeocar@est.ups.edu.ec

## Resumen

En este artículo se desarrolla el modelo de una antena tipo bocina integrada, diseñada para trabajar en alta frecuencia 60 [GHz] con un amplio ancho de banda para aplicaciones de onda milimétrica. La antena propuesta se la analiza mediante el software HFSS ANSYS, mostrando una bocina montada sobre un dieléctrico que es un sustrato de GaAs. El tamaño de la antena es de 3 mm x 3 mm x 1.73 mm. Mediante la investigación y modificación de los parámetros de dimensión y materiales, se obtuvo una frecuencia de operación de 60.0667 [GHz], un coeficiente de reflexión S11 de -24,13 [dB], el ancho de banda es de 850 [MHz], VSWR de 1,08 y patrón de radiación de forma omnidireccional con una ganancia máxima de 3.19 [dB].

**Palabras Clave:** Bocina, Antena, Onda Milimétrica, Integrada, Dieléctrico, Parámetros de dispersión.

## Abstract

In this article, the model of an integrated horn antenna, designed to work in high frequency 60 [GHz] with a wide bandwidth for millimeter wave applications. The proposed antenna is analyzed using HFSS ANSYS software, showing a horn mounted on a dielectric that is a substrate for GaAs. The antenna size is 3mm x 3mm x 1.73mm. Through the investigation and modification of the dimension and material parameters, was obtained an operating frequency of 60.0667 [GHz], a reflection coefficient S11 of -24.13 [dB], the bandwidth is 850 [MHz], VSWR of 1.08 and radiation pattern omnidirectional with a maximum gain of 3.19 [dB].

**Key words:** Horn, Antenna, Millimeter Wave, Integrated, Dielectric, Dispersion parameters.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las comunicaciones móviles se han extendido en velocidad y cobertura, de la misma manera los usuarios se han incrementado a la par con la tecnología requiriendo así un mayor estudio en las redes móviles. [1]

Las metas de la tecnología 5G son: velocidad de datos de hasta 10 Gbps, volumen de tráfico de hasta 10 Tb/s/Km<sup>2</sup>, movilidad de hasta 500 Km/h, disponibilidad del 99.999% del tiempo y 1ms de latencia. [2]

Trabajar en rangos de alta frecuencia está asociado con muchos desafíos que incluyen altas pérdidas de propagación. [1] Las tecnologías de ondas milimétricas alcanzan mayor velocidad de datos y por ende mayor ancho de banda, pero el inconveniente es tener una mala propagación que resulta en una limitada cobertura. Por otra parte, las antenas, transceptores, filtros y dispositivos parecidos se vuelven tan diminutos que todo el circuito se integrará en un paquete muy compacto. [3] La comunicación en ondas milimétricas es una opción que cada día convence más y por ello la necesidad de investigar acerca de esta tecnología.

Las antenas de bocina son una clase de antenas de apertura que poseen gran directividad y ganancia, no tienen elementos resonantes por lo que pueden trabajar fácilmente con anchos de

banda en el orden de los GHz. la relación que posee la apertura de la bocina con la ganancia es directamente proporcional. [4]

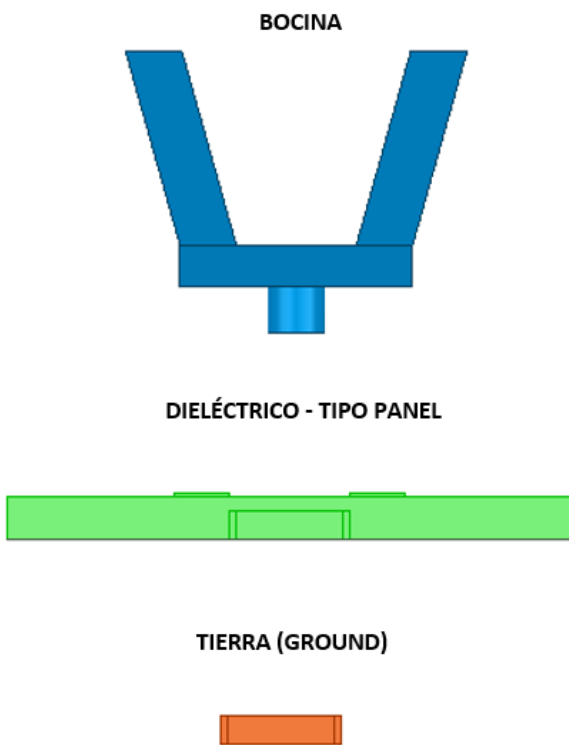
La antena propuesta de bocina integrada abarca las cualidades y características de una antena de apertura tomando formas y funcionamiento tanto de bocinas rectangulares y circulares, así como también de reflectores, en ventaja a su estructura está montada e integrada a un panel como una antena microstrip, por sus características le permite operar en altas frecuencias. [5] Si bien en términos generales de antenas como: ganancias, directividad y eficiencia cada tipo de antena posee diferentes parámetros, esta bocina integrada con un panel rectangular como dieléctrico con una  $\epsilon_r = 12.9$ , se convierte en una estructura híbrida pues la guía de onda es circular con un acople rectangular manteniendo un equilibrio en operación dentro de las ondas milimétricas, por lo cual, es un modelo que permite manipular parámetros de ganancia, eficiencia, directividad, ancho de banda, dispersión (S11), VSWR y su patrón de radiación. [6]

Esta estructura múltiple con bocina también posee desventajas ya que al ser un modelado híbrido es difícil conocer un estado de polarización o una ecuación para su radiación [6], pues es una combinación de dos tipos de antenas teniendo así un comportamiento en simulación poco estable al sintonizar sus

parámetros, para ello teóricamente el acople de las mismas significaría un modelado complejo.

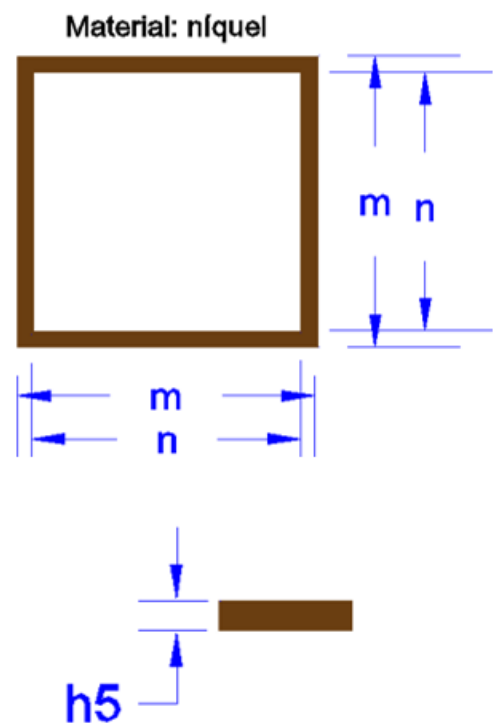
## II. DISEÑO DE LA ANTENA

El diseño de la antena tipo Bocina integrada se compone de tres partes. El primer componente es la tierra la cual se encuentra internamente en el dieléctrico, el dieléctrico es un tipo panel que separa la parte conductora de la tierra, y por último la parte conductora que se trata de la Bocina o reflectores unidos por una parte cilíndrica. A este sistema se le añade una excitación o fuente conductora por la parte inferior de la antena, la misma que une los reflectores, el dieléctrico y la tierra, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Diseño de la antena

La tierra (ground) como se muestra en la figura 2, tiene una forma de cubo hueco que rodea la parte conductora pero que es separada por el dieléctrico. Este elemento tiene como material el níquel, en cuanto a tamaño respecto a la antena es realmente pequeña con medidas por debajo de 1mm. [5] Sus dimensiones se indican en la tabla 1.

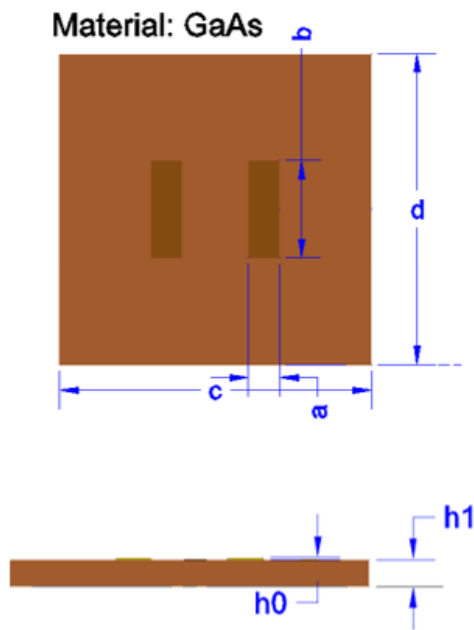


**Figura 2.** Vista superior y vista frontal de las dimensiones de la tierra

Para el dieléctrico se lo diseñó como un tipo panel cuadrado cuyas dimensiones se especifican en la tabla 1, su material es arseniuro de galio debido a que posee una mejor capacidad conductiva permitiendo así que el campo eléctrico se desplace con una mayor facilidad, este material tiene una permitividad relativa de 12.9 y con dos acoples en la parte

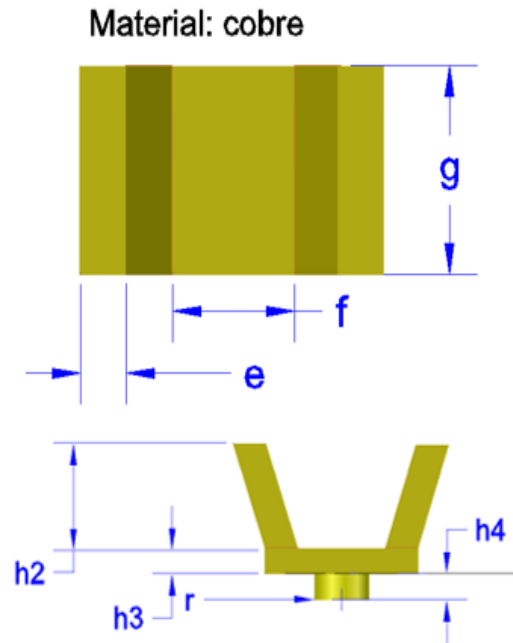


superior como soportes de la parte conductiva de la antena como se observa en la figura 3.



**Figura 3.** Vista superior y vista frontal de las dimensiones del dieléctrico

La parte conductora que se refiere a la bocina, es de cobre cuyos reflectores se encuentran unidos mediante una parte cilíndrica la cual atraviesa el dieléctrico haciendo contacto con la fuente de energía como se muestra en la figura 4, sus dimensiones se encuentran especificadas en la Tabla 1.



**Figura 4.** Vista superior y vista frontal de las dimensiones de la bocina

En la tabla 1 se indican las dimensiones de la antena bocina integrada del mejor diseño que cumple o se acerca más a los parámetros de dispersión que se tienen como objetivo que son de 60 GHz, 24 dB, y VSWR de 1.

**Tabla 1.** Dimensiones de la antena

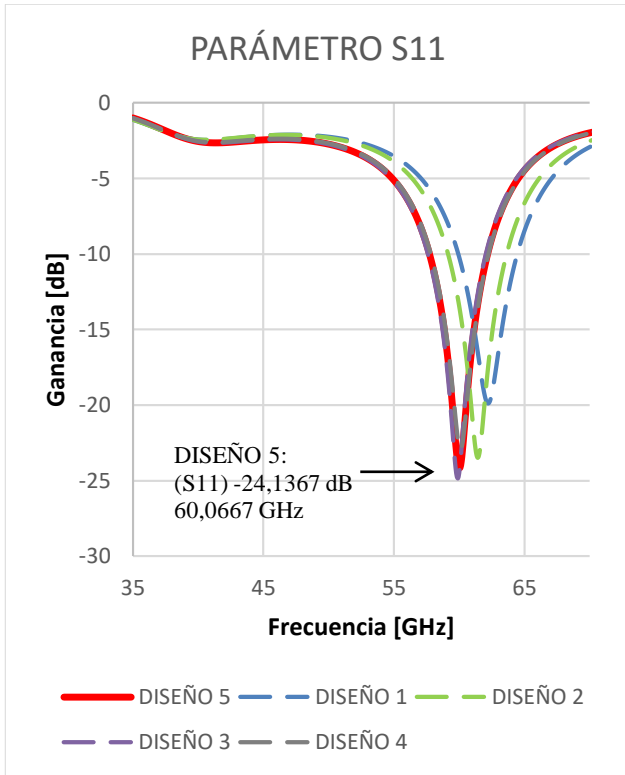
<b>ELEMENTO DE LA ANTENA</b>	<b>DIMENSIONES/ PARÁMETROS [mm]</b>
Tierra	$m= 0.5625$ $n= 0.6375$ $h5= 0.15$ $\epsilon_r= 1$ Material: Níquel
Dieléctrico	$a= 0.3$ $b= 0.9375$ $c= 3$ $d= 3$ $h0= 0.019$ $h1= 0.22$ $\epsilon_r= 12.9$ Material: GaAs
Dimensiones de la bocina	$e= 0.3$ $f= 0.6375$ $g= 1.221$ $h2= 1.056$ $h3= 0.21$ $r= 0.25$ $h4= 0.239$ Material: cobre

### III. SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos se los considera en base a las mejores 5 pruebas simuladas, estas pruebas sirvieron para determinar la afectación tanto geométrica como por los materiales empleados en los elementos de la antena. La antena diseñada tipo bocina integrada funciona a 60 GHz, porque es una banda que aún no está explotada de forma comercial. Sus materiales y dimensiones se encuentran en la Tabla 1. En los 5 mejores resultados tanto en S11, VSWR como su patrón de radiación y ganancia medidos en unidades de dB se encuentran en rangos aceptables, es decir, para el parámetro S11 el objetivo de esta investigación es un mínimo de -20 [dB] (1/100), para el VSWR teóricamente su valor va de 1 a 2 [12] pero el objetivo de investigación es obtener un valor máximo de 1,5 [dB] para un buen funcionamiento de la antena.

#### A. COEFICIENTE DE REFLEXIÓN - PARÁMETRO S11

En la figura 5 se puede observar los 5 mejores resultados del coeficiente de reflexión S11, los mismos que se presentan bajo los -19 dB siendo ganancias bastante aceptables debido a que el objetivo inicial era que se encuentren por debajo de los - 20 dB esto porque se requiere que la potencia reflejada sea menor que la potencia suministrada al sistema.



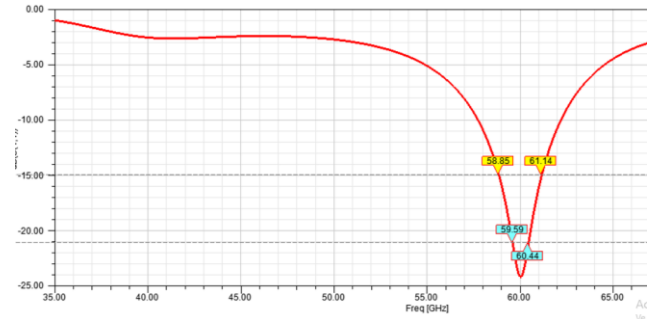
**Figura 5.** Resultados parámetro S1,1

En la tabla 2 se indica los resultados de las pruebas en dB los mismos que están por debajo de los -20 dB con una variación de frecuencia entre 59.9778 y 62.2000 GHz.

**Tabla 2.** Valores en frecuencia del parámetro S1, 1

Diseño	Frecuencia [GHz]	Parámetro S11 [dB]
1	62.2000	-19.8783
2	61.4000	-24.4824
3	59.9778	-24.0428
4	60.0667	-22.9397
5	60.0667	-24.1367

Analizando el mejor resultado donde la antena bocina trabaja a una frecuencia central de 60.0667 GHz en la figura 6 Se muestra el ancho de banda para el mismo además de su comparación con los 4 diseños restantes.



**Figura 6.** Ancho de banda de antena bocina integrada

Para un cálculo rápido del ancho de banda que presenta el parámetro S11 haciendo una relación de 3/1000 puntos de la curva de igual manera se toma 3 dB por encima del punto más bajo del coeficiente de reflexión teniendo así un ancho de banda de operación de la antena para cada diseño como muestra la tabla 3.

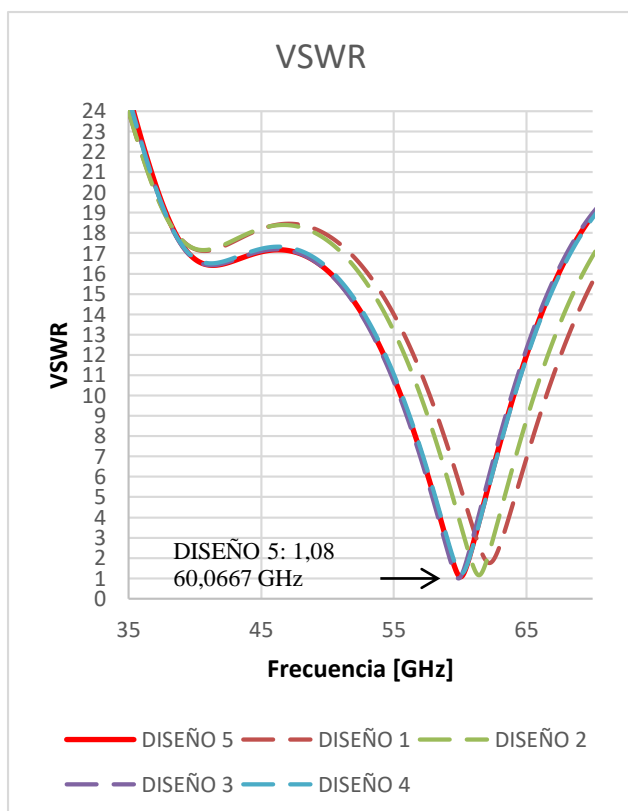
**Tabla 3.** Ancho de banda de cada diseño

Diseño	S1,1[dB]	Ancho de Banda[MHz]
1	-16.8783	1450
2	-21.4824	910
3	-21.0428	770
4	-19.9397	960
5	-21.1367	850

En la tabla 3 se compara el ancho de banda de cada diseño, esto a  $-3\text{dB}$  del punto más bajo de la curva del parámetro  $S_{1,1}$  que tiene una variación entre los 5 diseños de  $600\text{ [MHz]}$  que muestra al diseño 5 con un resultado en  $-21.1367\text{ [dB]}$  con  $850\text{ [MHz]}$ .

### B. RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA (VSWR)

En la figura 7 se muestra los resultados del VSWR.



**Figura 7.** Resultados de VSWR

Los resultados para el VSWR son similares pues casi todos se encuentran dentro del rango de 1 a 1,5 excepto el primer diseño. El mejor

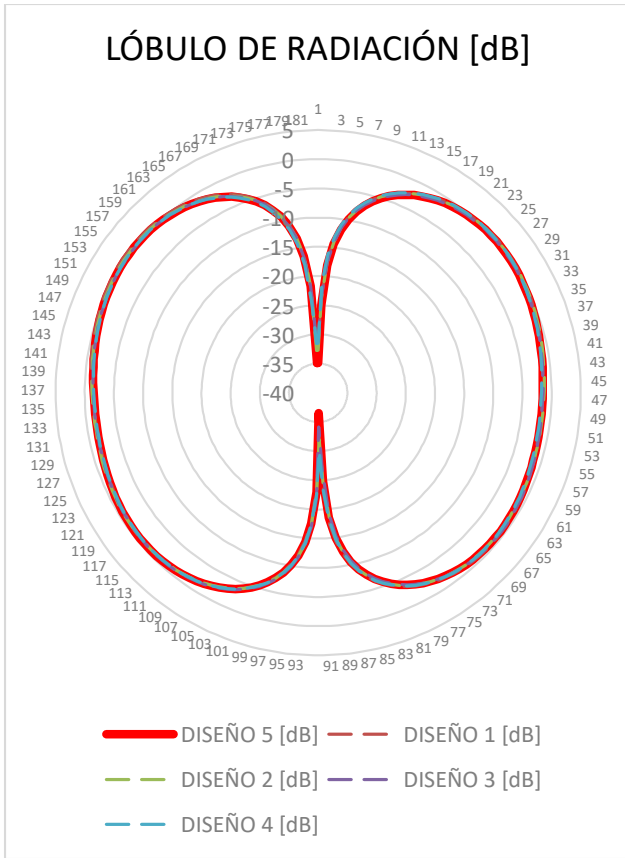
valor se tiene en el diseño 5 que es de 1.0804, un valor muy cercano a la unidad siendo el mejor acople. Estos valores se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Comparación de Valores VSWR

Diseño	Frecuencia [GHz]	VSWR
1	62.2000	1.7678
2	61.4000	1.1836
3	59.9778	1.0921
4	60.0667	1.2405
5	60.0667	1.0804

### C. PATRÓN DE RADIACIÓN Y GANANCIA

En la Figura 8 se muestran los lóbulos de radiación de los mejores 5 resultados tomados con corte en  $\phi$   $0^\circ$  y desde el punto de máxima ganancia (periferia) para cada diseño.



**Figura 8.** Resultados el lóbulo de radiación

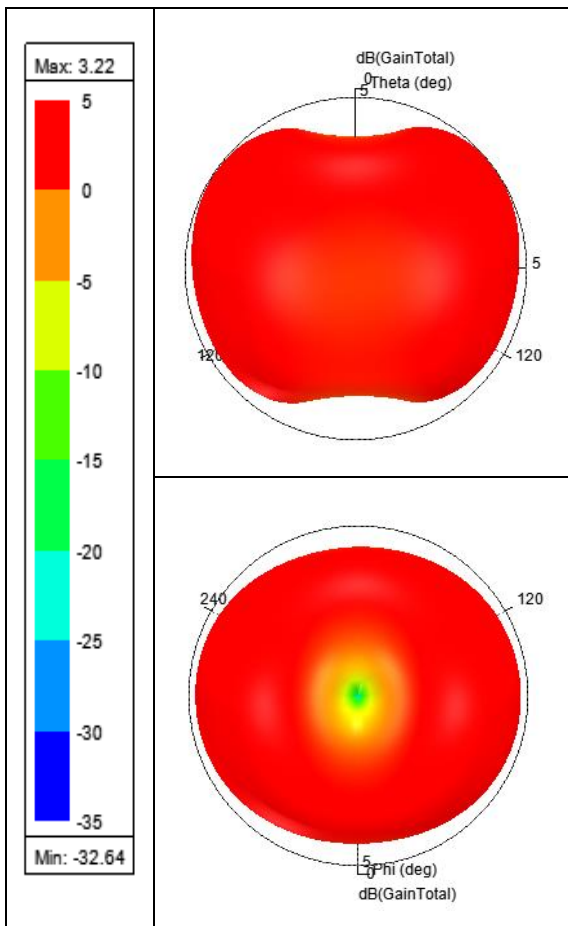
#### *D. OPERACIÓN DE LA BOCINA INTEGRADA*

Considerando los resultados de los lóbulos de radiación de la figura 8, se presentan los patrones de radiación de los mismos en 3D en la figura 9, y las ganancias de los cinco mejores resultados se indican en la tabla 5.

**Tabla 5.** Ganancia de la antena bocina integrada

Diseño	Ganancia Máxima [dB]
1	3.22
2	3.39
3	3.30
4	3.36
5	3.19

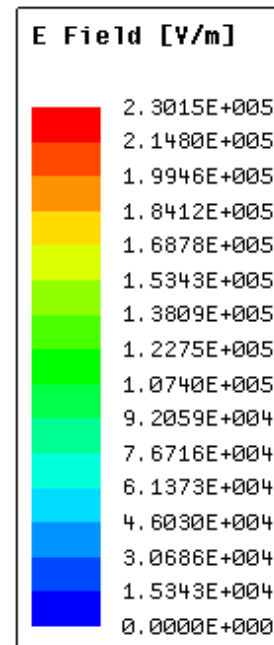
El funcionamiento del sistema radiante se lo observa en su patrón de radiación de vista frontal y lateral, se tiene una concentración e irradiación de la energía en sus lóbulos, tanto principales y secundarios como en sus nulos. Se muestra una sola imagen ya que todos los patrones de radiación son muy parecidos en los 5 diseños, siendo una variación la ganancia.



**Figura 9.** Patrones de Radiación, vista frontal y superior

### *E. CAMPOS VECTORIALES DE LA ANTENA BOCINA INTEGRADA*

La figura 10 muestra el flujo del campo eléctrico (E) que pasa por la antena bocina integrada se genera en la parte interna de la misma en su guía de onda que tiene una altura de 1.266mm y con radio de 0.25mm, genera una intensidad máxima de  $1.8412 \times 10^5$  V/m en el color amarillo y naranja de la escala de la figura 10.

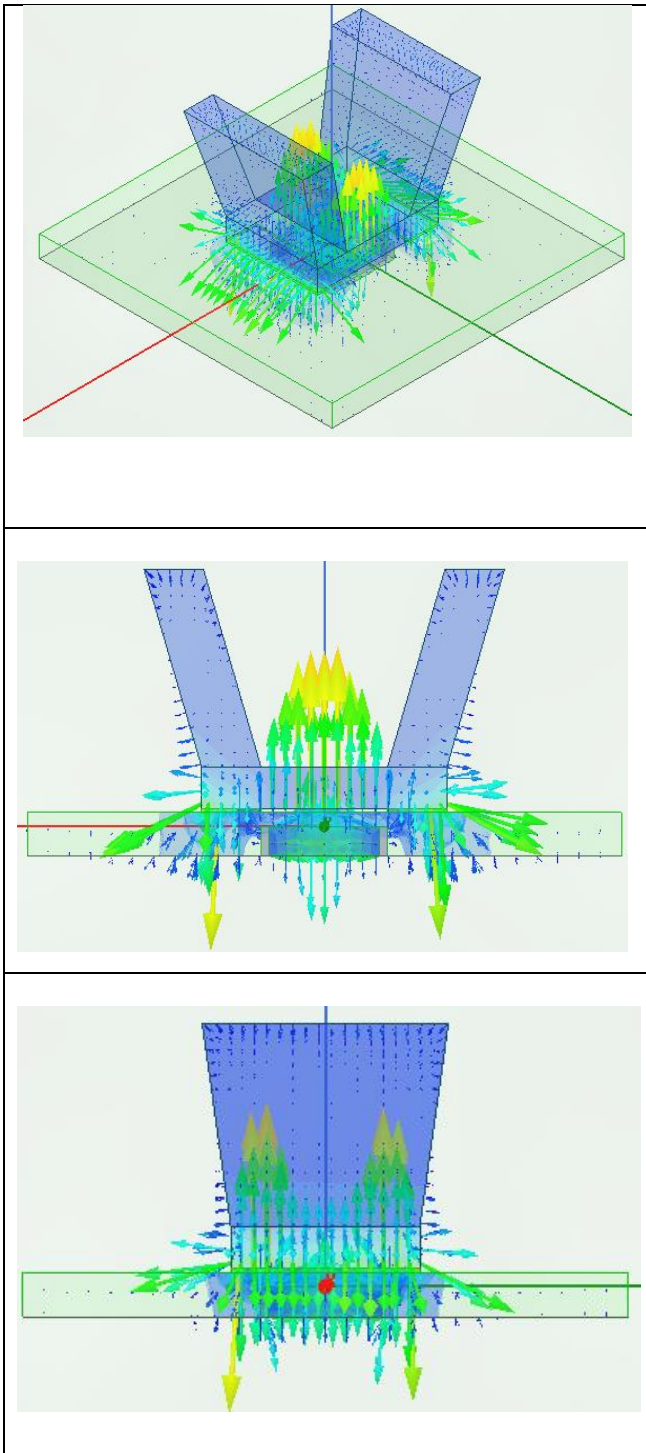


**Figura 10.** Escala de medición del flujo de campo eléctrico

#### IV. ANÁLISIS

En el diseño de la antena tipo bocina integrada como primera consideración se tiene el dimensionamiento geométrico que es en orden de los milímetros [mm], porque de esta manera se consigue trabajar en altas frecuencias (60GHz). El sistema radiante tiene una relación inversamente proporcional entre longitud de onda y la frecuencia por lo que tiene una afectación directa sobre el mismo, la antena toma otra consideración pues presenta potencias pequeñas de operación esto según el límite de Johnson que implementa equipos de alta precisión para imprimir circuitos de las antenas. [1] [10] [11]

En los diseños propuestos para el parámetro S11, se tiene un valor de -19.8783[dB] con 1.03 de proporción matemática entre la potencia entrante y potencia reflejada para el diseño 1, en el diseño 2 se da un valor de -24.4824[dB] con 0.356 de proporción, en el diseño 3 se tiene un valor de -24.0428[dB] con 0.394 de proporción, mientras que en el diseño 4 tiene -22.9397[dB] con 0.508 de proporción y en el diseño 5 se tiene -24.1367[dB] con una proporción de 0.385, se analiza los resultados 2,4 y 5 como los mejores en cuanto a su ganancia, sin embargo, tienen un desfase de 0.03% en amplitud y el valor del diseño 1 como el más bajo respecto al diseño 5 tiene un desfase de 0.645% respecto a los -20 [dB] como mejor relación al parámetro S11, dicho desfase se da



**Figura 11.** Flujo de Campos Vectoriales Eléctricos (E) en la bocina integrada

por la actuación del material dieléctrico sobre la antena como el propio material semiconductor y su permitividad relativa ( $\epsilon_r$ ), puesto que se analiza que en material para los diseños 1 y 2 se utiliza Silicio(11.9) y los modelos 3,4 y 5 (GaAs) (12.9) según la tabla 2 el aumento de su permitividad produce un efecto tanto en frecuencia y su coeficiente de estabilidad en los valores teniendo al diseño 5 con una frecuencia 60.0667 [GHz] y -24.1367 [dB]. [6]

En el diseño de la antena bocina integrada propuesto se observa un comportamiento de estabilidad con el dieléctrico utilizado ya que su material tiene una permitividad eléctrica por encima de los 12. [8] En función de su material dieléctrico y sus propiedades tanto físicas en diseño de la antena como químicas que se refieren al semiconductor (GaAs) se tiene que este material presenta mejor movimiento de electrones frente al silicio (Si), esto se debe a que la porosidad que tiene el GaAs mejora su capacidad conductiva térmica facilitando esta movilidad, obteniendo así una proporcionalidad entre corriente y campo eléctrico, así pues GaAs frente al Si posee mayor conductividad y movilidad permitiendo que el campo eléctrico y corriente se desplacen con mayor facilidad siendo una manera de optimizar el diseño de la bocina. [1] [5] [10]

En los resultados obtenidos con (GaAs) en los resultados 3,4 y 5 la frecuencia sufre un desfase

menor frente a los diseños 1 y 2 con (Si) con respecto a la frecuencia central de 60 [GHz]. En el diseño 3 la frecuencia se atenúa en 0.037% con respecto a la frecuencia central, el diseño 4 y 5 la frecuencia tiene un desfase mayor a la frecuencia central del 0.111%. Los desfases en frecuencia se deben al factor de diseño previamente analizado, el dimensionamiento geométrico del dieléctrico y el conductor pues las paredes de la bocina influyen en atenuar o amplificar los parámetros de operación. En los diseños 1 y 2 las paredes de la bocina tienen una altura de 1.0924 [mm] y el grosor del dieléctrico de 0.225 [mm] y 0.219 [mm] respectivamente, para los diseños 3, 4 y 5 las paredes de la bocina tienen una altura de 1.056 [mm], en cuanto a su dieléctrico alturas de 0.2213 [mm], 0.22 [mm] y 0.221 [mm] respectivamente, siendo el mejor diseño el 5 con un desfase de 0.0364 [mm] de altura de las paredes de la bocina respecto al diseño 1 que es el diseño más alejado de los parámetros ideales, y en el grosor de dieléctrico un desfase menor de 0.004 [mm].

Con las características de diseño analizadas y su material se obtiene una frecuencia de 60,0667 [GHz] y un coeficiente de reflexión de -24,1367[dB] como resultados estables del diseño 5 que también se indica en la figura 5, además el dimensionamiento geométrico en el dieléctrico muestra mayor intensidad del campo eléctrico al reducir el grosor del mismo



al igual acortando la altura de las paredes de la bocina. [7] [10] [11]

Con los resultados de la tabla 4 del VSWR se analizan los datos dentro del rango de 1 a 1.5 dB, el diseño 5 con una frecuencia de 60,0667 [GHz] tiene un VSWR de 1,0804 por lo que se observa que se acerca a tener un acople ideal (1), pero presenta un desfase de 0.0804 puesto que influye en la compensación de la línea, sin embargo, el diseño 1 presenta un valor de 1.76 que se encuentra fuera del rango de investigación (1 a 1.5) lo que puede generar un efecto corona por su alto valor de VSWR, esto causado por el dieléctrico encargado de mantener separados los conductores por lo que su acople de impedancias sería mayor, es por esto también que se necesita que el dieléctrico tenga una alta permitividad para que disminuya el valor de acople de impedancias dado por el VSWR. [10] [11]

Los lóbulos de radiación de la antena permiten entender el patrón de radiación, en la figura 8 se muestra el lóbulo que para los 5 diseños indica un patrón que irradia energía en sus 360° siendo un patrón de radiación omnidireccional y no un patrón directivo como suele ser en las antenas tipo bocina, esto se debe a la influencia del dieléctrico y al arreglo en sí ya que como se muestra en la Figura 4 solo se tienen dos reflectores y en cuanto al campo eléctrico que se visualiza en la Figura 10 se observa que

existe una mayor liberación justamente en los lados que no hay reflectores.

La ganancia que presenta el sistema radiante, se observa que está sobre el máximo de su ganancia (-3dB) en el diseño 5 se analiza una menor ganancia con 3.19 dB en comparación con el diseño 2 y 4 con ganancias de 3.39 dB y 3.36 dB respectivamente, en cuanto a pérdidas se analiza que presentan valores entre -32dB y -36dB, sin embargo, las ganancias obtenidas son bajas en comparación con sistemas establecidos para ello los arreglos son importantes para aumentar estos valores, cabe recalcar que no tiene lóbulos secundarios y visualmente mantienen su radiación, el material utilizado da estabilidad al sistema por su versatilidad y manejo complejo en altas frecuencias. [8] [11]

La bocina integrada con base en una antena de bocina rectangular que trabaja en altas frecuencias, se observa que el flujo del campo eléctrico radica en la guía de onda de la bocina por modelo híbrido entre cilíndrica y rectangular. [8]

En su totalidad la figura 10 muestra los puntos donde las líneas del campo eléctrico se concentran y actúan en la antena, analizando las paredes de la bocina como reflectores la intensidad del campo eléctrico disminuye conforme se aleja de la fuente de excitación, por lo que es intenso cerca en su guía de onda tanto rectangular y la superficie interna

cilíndrica de la antena, adicionalmente las líneas de campo eléctrico son intensas en la zona central del sistema radiante por efecto de su dieléctrico y su material semiconductor GaAs ya que sus propiedades aportan la movilidad el campo eléctrico así la energía se distribuye a través de un eje y no por todo el sistema radiante. [8] [10]

## V. CONCLUSIONES

La antena de bocina integrada debe operar en los 60 GHz, por el análisis realizado indica un resultado en frecuencia de 60.0667 [GHz], para los diseños 4 y 5 indica una diferencia superior de 66.7 [MHz], es decir, un 0.11% más de la frecuencia central de trabajo y un parámetro S11 de - 24,1367 [dB] del diseño 5 frente al 4 optimizando un 5.982%, en el VSWR existe un mejor acople para el diseño 5 siendo este de 1.0804 frente a un 1.24 del diseño 4, teniendo un 16.01% de desfase, por lo que el diseño 5 muestra mejor dimensionamiento y características eléctricas de los materiales y es un diseño estable en cuanto a sus parámetros de operación.

El diseño de la antena bocina integrada dicho por su nombre es un modelo híbrido que toma características de trabajo en altas frecuencias tanto de bocinas o reflectores como de panel o microstrip, primordialmente del dimensionamiento geométrico en orden de los [mm], la bocina y su diseño es diferente a una piramidal puesto que el diseño piramidal

presentaba inestabilidad en altas frecuencias, para lo cual se utilizan 2 paredes que no están unidas y son paralelas únicamente como reflectores que estabilizan la frecuencia de trabajo de 60[GHz] su altura y apertura permiten emitir y reflejar mejor energía, campo eléctrico, ganancia y ancho de banda. [4] [5] [7] [11]

## REFERENCIAS

- [1] A. Osseiran, J. F. Monserrat, P. Marsch, “5G Mobile and Wireless Communications Technology”, Cambridge University Press 2016, pp 137- 156.
- [2] J. Monserrat, M. García, J. Olmos, N. Cardona, “3GPP LTE-Advanced y su evolución hacia la 5G móvil”, MARCOMBO S.A., primera edición, 2017, pp 6.
- [3] Saeed Javidmehr, DVTEST Inc., “La tecnología 5g requiere las frecuencias de ondas milimétricas mmwave”, DVTEST Cámaras de Pruebas Anecoicas de RF Portátiles DC-90 GHz, España 2018.
- [4] L. Rubio, “Diseño de antenas de bocina sobre SIW”, ing. Tesis, Universidad Autónoma de Madrid - Escuela Politécnica Superior, Madrid 2014.

- [5] W. Sethi, H. Vettikalladi, B. Minhas, M. Alkanhal, "*High gain and wide-band aperture-coupled microstrip patch antenna with mounted horn integrated on FR4 for 60 GHz communication systems*", 2013 IEEE Symposium on Wireless Technology & Applications (ISWTA), 2013.
- [6] H. L. Bertoni, P. Cabrol and D.S teinbach, "*60G Hz Investigation of Building Scattering at 2 GHz Using a Scale Model*," in Proc. IEEEAPS-URSI Symp., Orlando, FL, July 2013.
- [7] A. Elboushi, A. Sebak, "*Antena de bocina cónica / microstrip híbrida de alta ganancia para aplicaciones MMW*", Antenas inalámbricas IEEE Propag. Letón., vol. 11, pp. 129-132, 2012.
- [8] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "*Antenna Theory and Design*", Second Edition, 1998.
- [9] J. S. Lu, D. Steinbach, P. Cabrol, P. Pietraski, R. V. Pragada, "*Propagation characterization of an office building in the 60 GHz band*", Eur. Conf. Antennas Propag. (EUCAP), 2014- Apr.
- [10] E. Sánchez, "*Introducción a los dispositivos y circuitos semiconductores de microondas*", Pearson Educación, S.A, Madrid, 2012, pp. 224-231.
- [11] T. Wayne, "*Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*", Pearson Educación, S.A, México, pp. 322-418, 2003.
- [12] J. Santillán, L. Arias, "*Diseño e implementación de un prototipo de antena directiva de microlínea en la banda de 2.4 GHz*", repositorio ESPE - Sangolqui 2009, pp 141, documento [en línea] disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/121/1/T-ESPE-022105.pdf>