

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

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

**TEMA:  
ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA BOCINA  
(HORN) CON BASE DE MICROSTRIP MEDIANTE LA VARIACIÓN  
DE SU APERTURA EN BANDA DE ONDAS MILIMÉTRICAS**

**AUTORES:  
JAVIER MARCELO GÓMEZ GUAMÁN  
SAMANTA DAYANA RECALDE GAVILÁNEZ**

**TUTOR:  
LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN**

**Quito, marzo del 2021**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Javier Marcelo Gómez Guamán y Samanta Dayana Recalde Gaviláñez, con documento de identificación N° 1726029331 y N° 1722494190 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA BOCINA (HORN) CON BASE DE MICROSTRIP MEDIANTE LA VARIACIÓN DE SU APERTURA EN BANDA DE ONDAS MILIMÉTRICAS, 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, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Javier Marcelo Gómez Guamán  
1726029331



Samanta Dayana Recalde  
Gaviláñez  
1722494190

Quito, marzo del 2021.

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA BOCINA (HORN) CON BASE DE MICROSTRIP MEDIANTE LA VARIACIÓN DE SU APERTURA EN BANDA DE ONDAS MILIMÉTRICAS realizado por Javier Marcelo Gómez Guamán y Samanta Dayana Recalde Gavilánez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2021.



Lenin Wladimir Aucatoma Guamán  
1717985830

# Funcionamiento de una Antena Bocina (Horn) con base de Microstrip mediante la variación de su apertura en banda de ondas milimétricas.

Aucatoma Guamán Lenin  
Wladimir

Docente Universidad  
Politécnica Salesiana

Quito, Ecuador

laucatoma@est.ups.edu.ec

Gómez Guamán Javier  
Marcelo

Universidad Politécnica  
Salesiana

Quito, Ecuador

jgomezgua@est.ups.edu.ec

Recalde Gavilánez Samanta  
Dayana

Universidad Politécnica  
Salesiana

Quito, Ecuador

srecaldeg@est.ups.edu.ec

**Resumen—** Este documento presenta el diseño de una antena de base microstrip con bocina reflectora sometida a varias modificaciones de medidas, formas y material en sus reflectores por medio de un software de simulación. Con la variación de los reflectores se realizaron varias simulaciones para determinar su influencia en los parámetros de dispersión, patrón de radiación y frecuencia de resonancia para su operación en la banda de onda milimétrica, con los resultados obtenidos se realizó un análisis del comportamiento de las antenas sometidas a dichas variaciones en el software ANSYS HFSS. Se determinó el mejor diseño de la antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación, los reflectores tienen dimensión de 5mm, forma rectangular y con material de hierro el cual presentó un resultado de: coeficiente de reflexión -19,46 dB, VSWR de 1,86 a una frecuencia de 60 GHz, dichos parámetros cumplen con el mejor desempeño para el funcionamiento de la antena.

**Abstract—** This document presents the design of a microstrip base antenna with a reflector horn subjected to various measurements, shapes and material modifications in its reflectors by means of simulation software. With the variation of the reflectors, several simulations were carried out to determine their influence on the dispersion parameters, radiation pattern and resonance frequency for their operation in the millimeter wave band, with the results obtained an analysis of the behavior of the antennas was carried out. subject to such variations in the ANSYS HFSS software. The best design of the microstrip base antenna with a reflector horn in the direction of the center of the radiation space was determined, the reflectors have a dimension of 5mm, rectangular shape and with iron material which presented a result of: reflection coefficient -19, 46 dB, VSWR of 1.86 at a frequency of 60 GHz, these parameters meet the best performance for the operation of the antenna.

## I. INTRODUCCIÓN

Las frecuencias por debajo de los 50 GHz son explotadas de manera diversa debido al incremento de dispositivos electrónicos en los últimos años, en consecuencia, surge la necesidad de explorar nuevas bandas de frecuencias comprendida entre 30 GHz y 300 GHz, llamadas bandas de

onda milimétrica (mmWave), este rango de frecuencias sirve para el funcionamiento de la quinta generación [1]. 5G es un ecosistema concebido para la integración total y masiva de dispositivos [2], esta red inalámbrica podrá trabajar a una velocidad de transmisión de datos 10 veces mayor a 4G [3], una latencia muy baja de 1 ms y una disponibilidad del 99.999%. [4]

Las antenas de apertura en algunos casos están perfectamente limitadas por paredes metálicas conductoras (bocinas, cilindros, etc.) en otros casos la apertura se presenta como una superficie plana (reflectores, lentes, etc.) [14]; los reflectores se colocan en frente de un radiador primario (dipolo, boca de guía, etc), con la finalidad de concentrar la radiación de fuentes primarias en una determinada dirección o región del espacio y así obtener directividades elevadas. [5] [6]

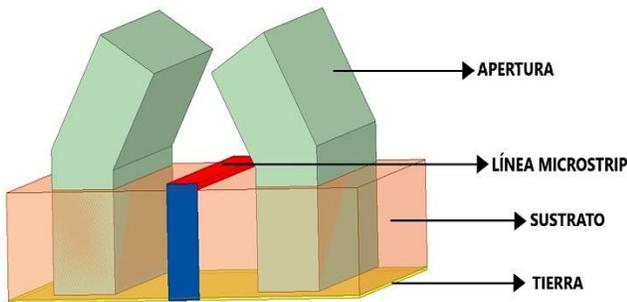
En este artículo se propone una antena de diseño nuevo cuyos componentes son: un elemento radiador microstrip y un reflector tipo bocina; esta bocina está compuesta por dos reflectores sometidos a variaciones: dimensión, forma y material, con el objetivo de evaluar la influencia de los parámetros de dispersión con dichas variaciones; los parámetros de dispersión son: coeficiente de reflexión (S11), relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR), frecuencia de operación y el patrón de radiación [7]; estos cambios realizados en los reflectores tienen una gran influencia en el espacio de radiación de energía electromagnética.

## II. DISEÑO DE LA ANTENA

Se presenta una antena de diseño nuevo de base microstrip con bocina reflectora que opera en la banda de onda milimétrica con frecuencia central de operación de 60 GHz, la cual tiene poca explotación a nivel de hardware [15] [16]. Los diseños empleados se modelaron y simularon en el software ANSYS HFSS, para evaluar la influencia de los diferentes parámetros de

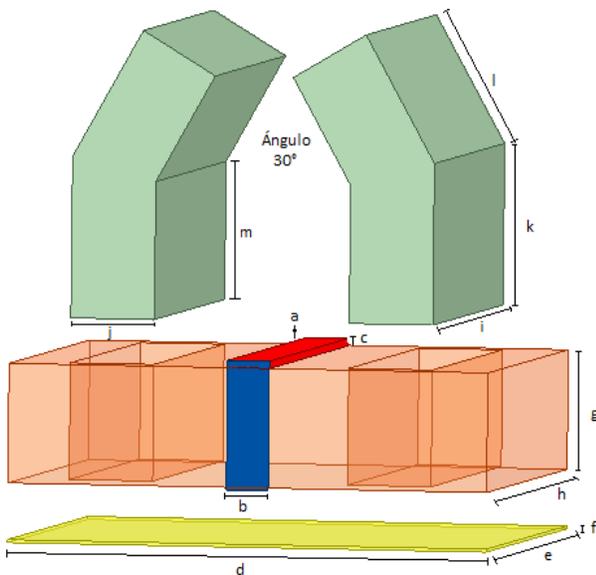
funcionamiento (coeficiente de reflexión, relación de onda estacionaria de voltaje y patrón de radiación) sometida a diferentes variaciones en su apertura (reflectores).

En la figura 1 se muestra el diseño nuevo del esquemático propuesto de la antena de base microstrip con bocina reflectora, compuesta por dos reflectores, una tierra (ground) de cobre, un sustrato de FR4\_Epoxy que es paralelepípedo rectangular el cual tiene como función la separación de la línea microstrip con la tierra. La excitación de la antena es mediante un puerto agrupado (lumped port) que alimenta únicamente a la línea microstrip. Se estableció el diseño con dos reflectores en dirección al centro del espacio de radiación con material de hierro.



**Figura 1.** Vista 3D Antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación.

En la figura 2 se presenta las partes que componen a la antena de base microstrip con bocina reflectora y se detalla los parámetros que comprenden cada uno de sus elementos.



**Figura 2.** Dimensiones de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación.

Para el diseño propuesto de la microstrip se usó el material dieléctrico FR4\_Epoxy cuya permitividad relativa es  $\epsilon_R = 4.4$  y una tangente dieléctrica de pérdida de 0.02 generando una estabilidad al trabajar en altas frecuencias, los reflectores serán sometidos a diferentes variaciones en dimensión, forma y material.

En la tabla 1 se detalla los elementos de la antena de base microstrip con bocina reflectora con sus respectivos parámetros, valores y materiales del diseño propuesto en la figura 2 en la operación de banda de onda milimétrica en la frecuencia de 60 GHz.

**Tabla 1.** Dimensiones de la antena de base microstrip con bocina reflectora.

	Parámetro	Medida [mm]	Material
<b>Base Microstrip</b>			
<b>Línea Tx</b>	a	1,72	Hierro
	b	0,15	
	c	0,025	
<b>Tierra</b>	d	1,72	Cobre
	e	1,72	
	f	0,01	
<b>Sustrato</b>	g	0,407	FR4_Epoxi
	h	1,72	
	d	1,72	
<b>Apertura</b>	i	1,5	Hierro
	j	0,3	
	k	0,55	
	l	0,5	
	m	0,469	
	Ángulo	30	

### III.SIMULACIÓN Y RESULTADOS

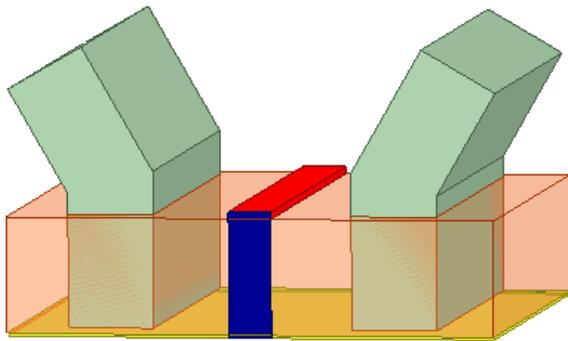
Se realizaron varios diseños propios para determinar el comportamiento de la antena de base microstrip con bocina reflectora acorde a las siguientes modificaciones en los reflectores: dimensión, forma y material, para evaluar el impacto que tienen dichas modificaciones se realizó un análisis enfocado en la comparación de los parámetros de dispersión ( $S_{11}$ , VSWR), frecuencia de resonancia y patrón de radiación.

Para esta investigación al realizar las variaciones en la apertura se establecieron como objetivos los siguientes valores referenciales: para el coeficiente de reflexión ( $S_{11}$ ), el propósito es llegar a un valor menor a -18 dB ya que se tiene una relación entre la potencia reflejada y la potencia transmitida de 3/200, para la relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR) teóricamente se establece un valor de 1 a 2, donde 1 es el mejor acoplamiento y 2 es el valor máximo adecuado, y por último, se

busca un patrón de radiación lo más limpio posible, es decir, minimizando el número de nulos, lóbulos posteriores, laterales y bajos, para así lograr que la antena funcione a una frecuencia de resonancia de 60 GHz perteneciente al rango de onda milimétrica.

**I. Simulación de la antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección opuesta al centro del espacio de radiación**

En la figura 3 muestra los reflectores en dirección opuesta al centro del espacio de radiación de la antena. Para este aparatado se mantuvieron las dimensiones y material de la base microstrip detallados en la tabla 1.



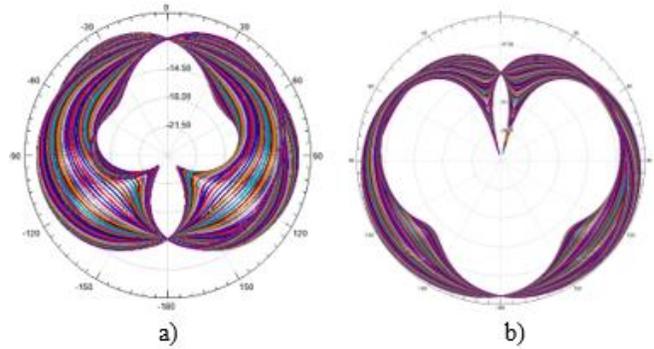
**Figura 3.** Vista 3D Antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección opuesta al centro del espacio de radiación

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros de dispersión, frecuencia de resonancia de cada uno de sus diseños.

**Tabla 2.** Resultados de la simulación (Frecuencia, S11, VSWR) con reflectores en dirección al centro y opuesta del espacio de radiación.

Reflectores [Dirección]	Frecuencia [GHz]	S11 [dB]	VSWR [dB]
Opuesto	60,75	-20,57	1,63
Al centro	60	-19,46	1,86

Los diseños tratados en este apartado generan atenuaciones (valores negativos en dB), por lo tanto, para obtener una ganancia se podría diseñar arreglos que permitan obtener valores positivos en dB. En la figura 4 se muestran los patrones de radiación en 2D con corte horizontal en  $\Phi=90^\circ$ , donde se gráfica posición angular – atenuación obtenidos correspondientes a los diseños con reflectores en dirección al centro y opuesta del espacio de radiación.

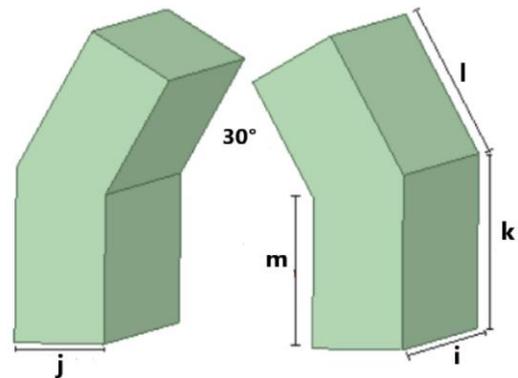


**Figura 4.** Patrones de radiación con reflectores en dirección: a) Opuesta y b) Al Centro del espacio de radiación

Los resultados obtenidos en este apartado muestran al diseño con reflectores en dirección opuesta al centro del espacio de radiación con mejores valores en los parámetros de dispersión (S11 y VSWR) sin embargo, la frecuencia de resonancia tiene un desfase y no cumple con los valores propuestos; el diseño con reflectores en dirección al centro del espacio de radiación, con dimensión de 5mm, forma rectangular y material de hierro en sus reflectores presenta resultados dentro de los valores establecidos en los parámetros de dispersión (S11,VSWR), frecuencia de resonancia y patrón de radiación más limpio en comparación al otro diseño.

**II. Simulación de la antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación con variación de la dimensión.**

En la figura 5 se muestran las dimensiones de los reflectores con material de hierro donde sólo se realizó la variación de altura en el parámetro “l”: diseño 1: 0.6 [mm], diseño 2: 0.50 [mm] y diseño 3: 0.4 [mm]. Para este aparatado se mantuvieron las dimensiones y material de la base microstrip detallados en la tabla 1.



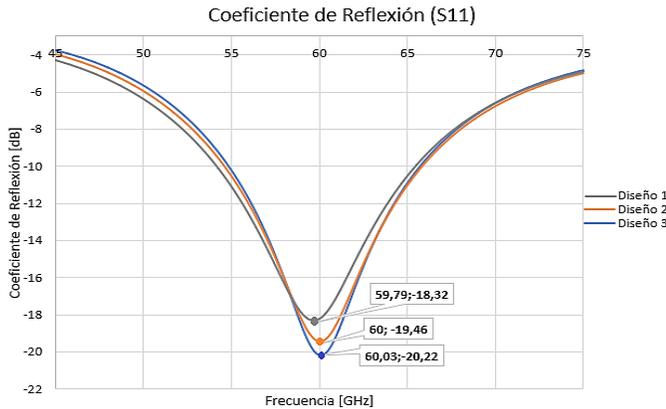
**Figura 5.** Dimensiones de los reflectores en dirección al centro del espacio de radiación

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros de dispersión, frecuencia de resonancia de cada uno de sus diseños.

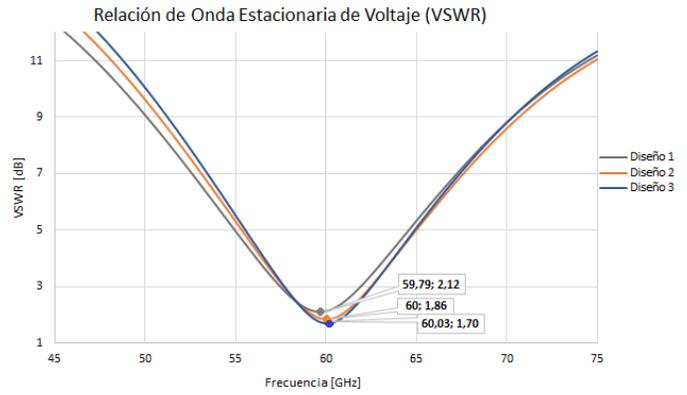
**Tabla 3. Resultados de la simulación (Frecuencia, S11, VSWR) con variación de las dimensiones en sus reflectores en dirección al centro del espacio de radiación**

Diseño	Dimensión Altura "l" [mm]	Frecuencia [GHz]	S11 [dB]	VSWR [dB]
1	0,6	59,79	-18,31	2,12
2	0,5	60	-19,46	1,86
3	0,4	60,03	-20,22	1,70

En la figura 6 y 7 se muestran las gráficas del coeficiente de reflexión (S11) y relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR) correspondientes a los diseños para este apartado.



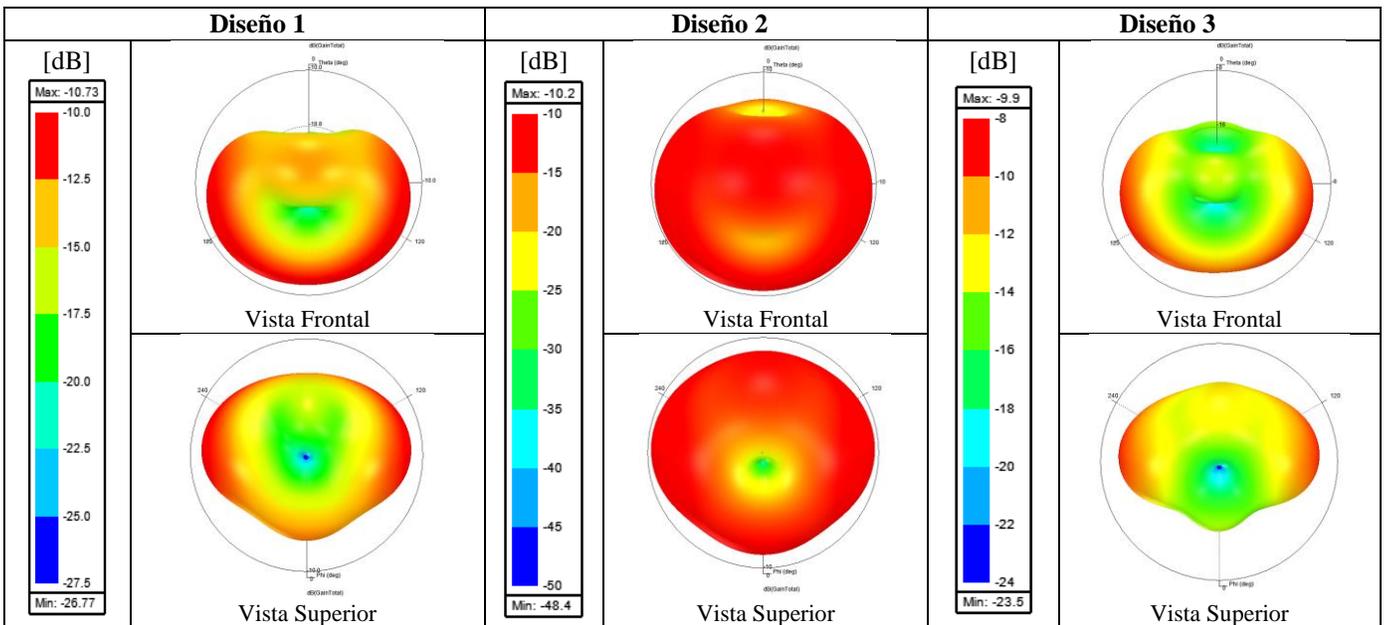
**Figura 6. Coeficiente de Reflexión (S11) de variación de la dimensión en los reflectores.**



**Figura 7. Relación de Onda Estacionaria de Voltaje (VSWR) de variación de la dimensión en los reflectores.**

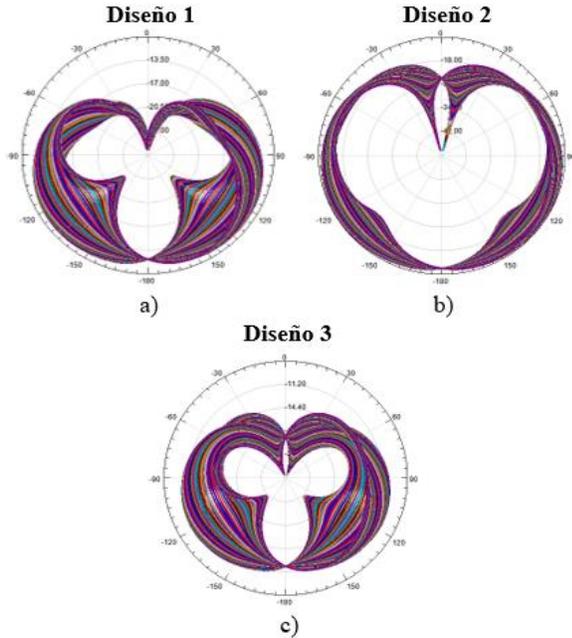
Los resultados obtenidos en este apartado muestran al diseño 2 de 0,5 mm de altura en el parámetro "l" con mejores valores en los parámetros de dispersión (S11 y VSWR) con respecto a los otros dos diseños, como se observa en las curvas con color naranja mostradas en las figuras 6 y 7, debido a que se ajusta a los valores propuestos en los parámetros de operación (S11 y VSWR) y frecuencia de resonancia detallados anteriormente.

En la figura 8 se muestra los patrones de radiación de los tres diseños con variación en la dimensión de altura del parámetro "l" en vista frontal y superior en 3D, los diseños tratados en este apartado generan atenuaciones (valores negativos en dB), en donde el color rojo representa el valor mínimo y el color azul el valor máximo de atenuación.



**Figura 8. Vista 3D del patrón de Radiación de variación de la dimensión en los reflectores.**

En la figura 9 se muestran los patrones de radiación en 2D con corte horizontal en  $\Phi=90^\circ$ , donde se gráfica posición angular – atenuación obtenidos correspondientes a este apartado.



**Figura 9.** Patrones de radiación de variación de dimensión en los reflectores: a) Diseño 1, b) Diseño 2 y c) Diseño 3

### III. Simulación de la antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación con variación de la forma.

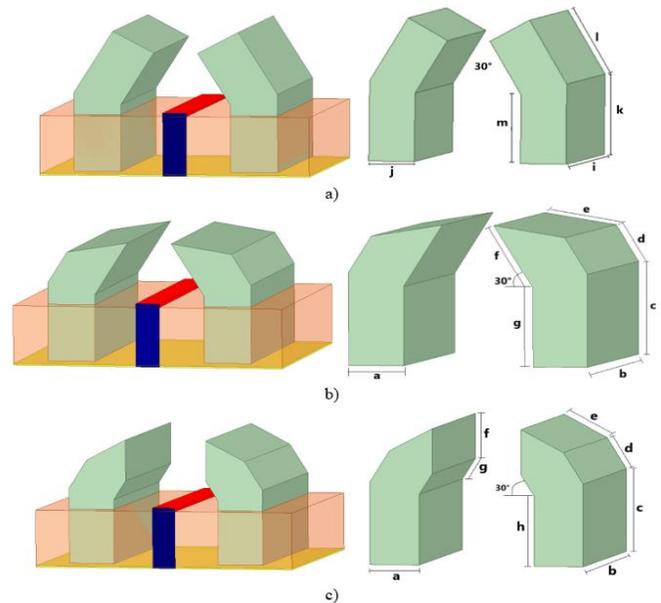
En la tabla 4 se muestran los diseños nuevos correspondientes a la variación de forma de los reflectores y sus respectivas dimensiones con material de hierro. Para este aparatado se analizarán las siguientes modificaciones: diseño 2: rectangular, diseño 4: trapezoidal y diseño 5: triangular; este estudio se basa en la reducción de área donde se reflejan las ondas electromagnéticas; se mantuvieron las dimensiones y material de la base microstrip detallados en la tabla 1.

**Tabla 4.** Dimensiones de la variación de forma de los reflectores en dirección al centro del espacio de radiación.

Parámetro	Medida [mm]
<b>Diseño 2 - Rectangular</b>	
<i>i</i>	1.5
<i>j</i>	0.3
<i>k</i>	0.55
<i>l</i>	0.5
<i>m</i>	0.469
<b>Diseño 4 - Trapecio</b>	
<i>a</i>	0.3
<i>b</i>	1.5
<i>c</i>	0.55

<i>d</i>	0.248
<i>e</i>	0.39
<i>f</i>	0.419
<i>g</i>	0.469
<b>Diseño 5 - Triangular</b>	
<i>a</i>	0.3
<i>b</i>	1.5
<i>c</i>	0.55
<i>d</i>	0.24
<i>e</i>	0.3
<i>f</i>	0.3
<i>g</i>	0.159
<i>h</i>	0.469

En la figura 10 se muestran los diseños con variación de forma en los reflectores con sus respectivos parámetros de dimensionamiento.



**Figura 10.** a) Diseño 2: rectangular, b) Diseño 4: trapezoidal c) Diseño 5: triangular.

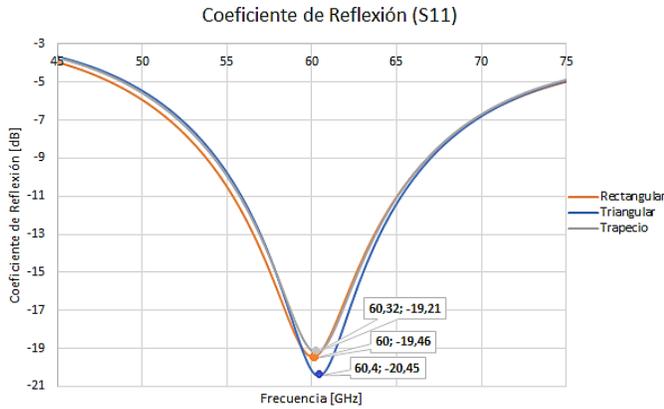
En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros de dispersión, frecuencia de resonancia de cada uno de sus diseños. La figura 10a presenta el diseño con forma rectangular, figura 10b presenta el diseño trapezoidal y la figura 10c presenta el diseño triangular.

**Tabla 5.** Resultados de la simulación (Frecuencia, S11, VSWR) con variación de forma en sus reflectores.

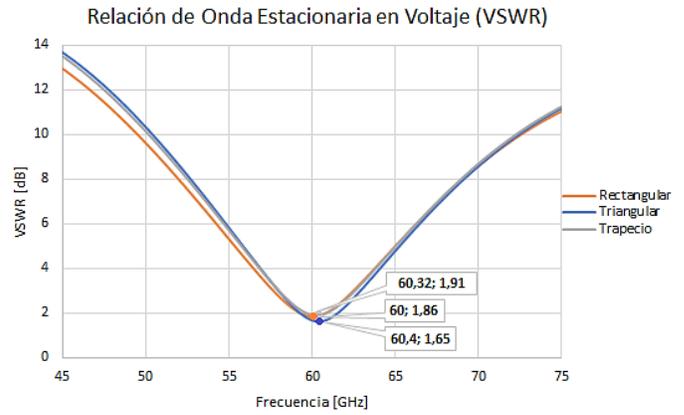
Diseño	Forma	Frecuencia [GHz]	S11 [dB]	VSWR [dB]
2	Rectangular	60	-19,46	1,86
4	Trapezoidal	60,32	-19,21	1,91
5	Triangular	60,4	-20,45	1,65

En la figura 11 y 12 se muestran las gráficas del coeficiente de reflexión (S11) y relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR) correspondientes a los diseños de variación de forma en los reflectores.

Los resultados obtenidos en este apartado muestran al diseño 2 de forma rectangular con mejores valores en los parámetros de dispersión (S11 y VSWR) con respecto a los otros dos diseños, como se observa las curvas con color naranja mostradas en las gráficas 11 y 12, debido a que se ajustan a los valores propuestos en los parámetros de operación y frecuencia de resonancia detallados anteriormente.



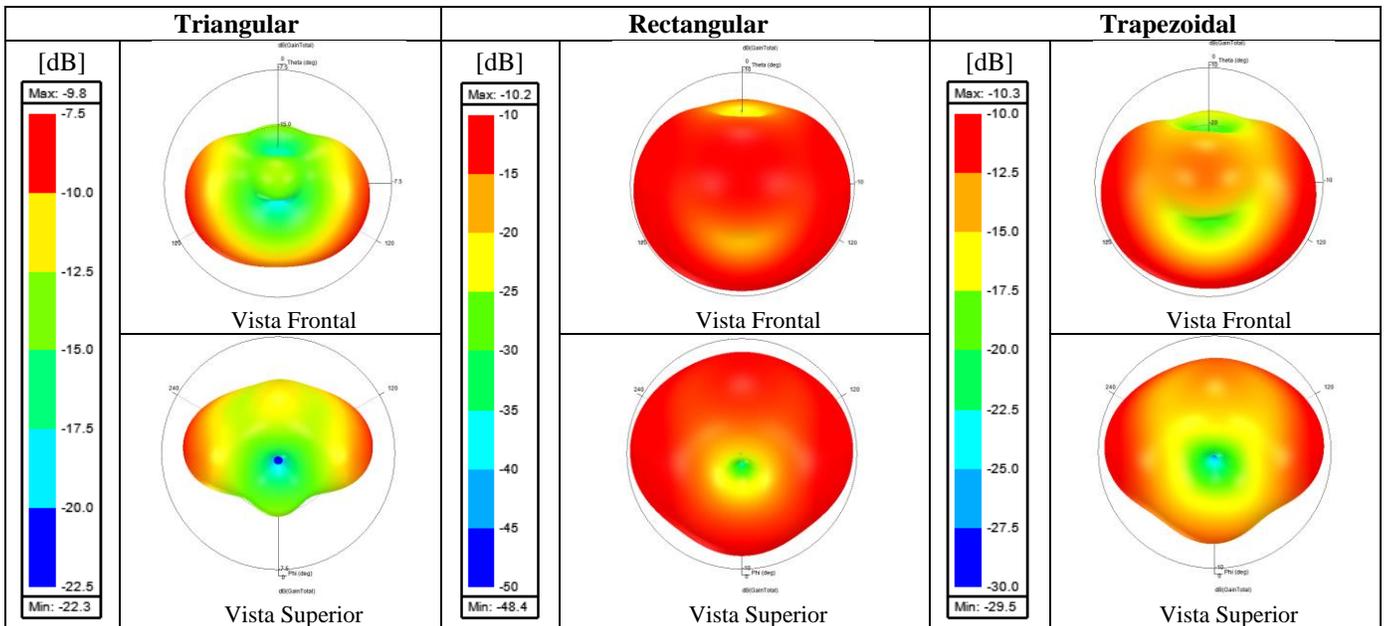
**Figura 11.** Coeficiente de Reflexión (S11) con variación de forma en sus reflectores.



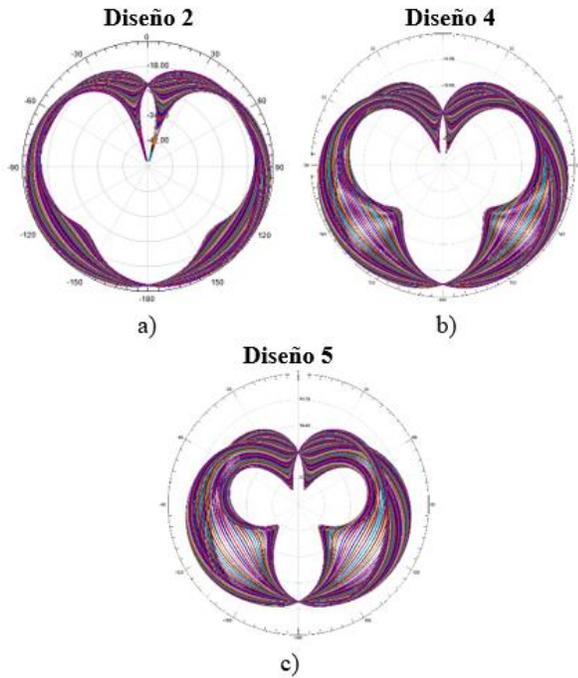
**Figura 12.** Relación de Onda Estacionaria de Voltaje (VSWR) con variación de forma en sus reflectores.

En la figura 13 se muestra los patrones de radiación de los tres diseños con variación en la dimensión de altura del parámetro “l” en vista frontal y superior en 3D, los diseños tratados en este apartado generan atenuaciones (valores negativos en dB). en donde el color rojo representa el valor mínimo y el color azul el valor máximo de atenuación.

En la figura 14 se muestran los patrones de radiación en 2D con corte horizontal en  $\Phi=90^\circ$ , donde se gráfica posición angular – atenuación obtenidos correspondientes a este apartado.

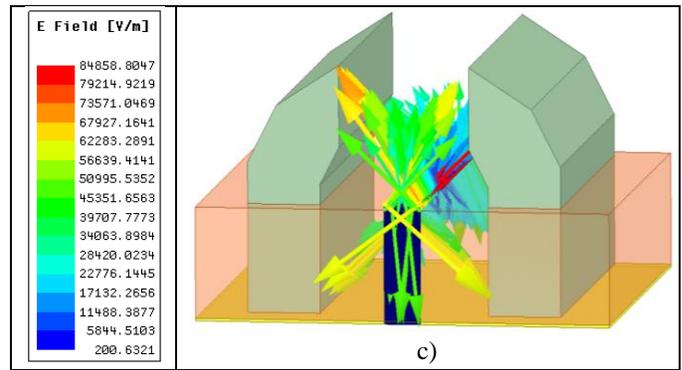
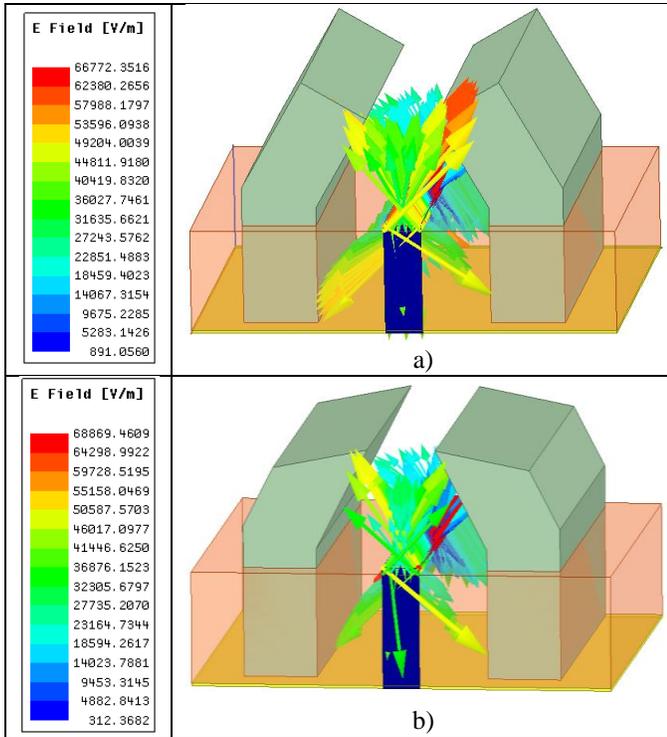


**Figura 13.** Vista 3D del patrón de Radiación en variación de la forma en sus reflectores



**Figura 14.** Patrones de radiación de variación de forma en los reflectores: a) Diseño 2, b) Diseño 4 y c) Diseño 5.

En la figura 15 se muestra el flujo del campo eléctrico (E) que pasa por la línea microstrip donde se genera en la parte interna de la misma.



**Figura 15.** Flujo de campo eléctrico: a) Diseño 2, b) Diseño 4 y c) Diseño 5.

#### IV. Simulación de la antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección al centro del espacio de radiación con variación de material.

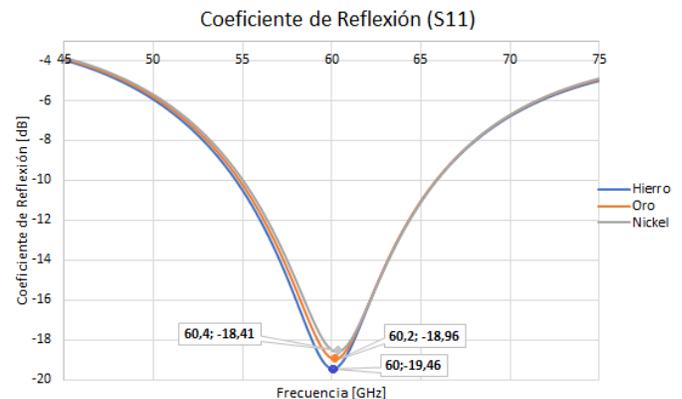
Los diseños correspondientes a la variación de material en los reflectores con forma rectangular son: diseño 2: Hierro, diseño 6: Oro y diseño 7: Níquel; se mantuvieron las dimensiones y material de la base microstrip detallados en la tabla 1.

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros de dispersión, frecuencia de resonancia de cada uno de sus diseños.

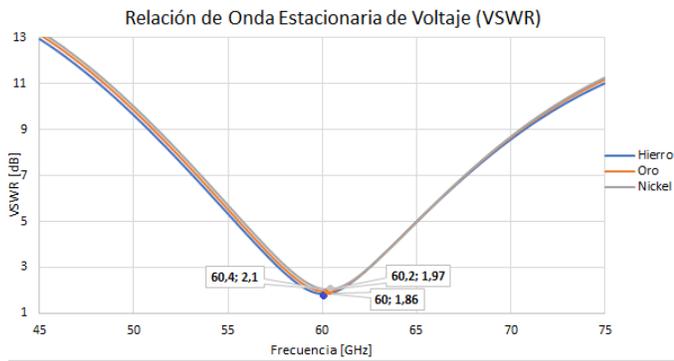
**Tabla 6.** Resultados de la simulación (Frecuencia, S11, VSWR) con variación de material en sus reflectores

Diseño	Material	Frecuencia [GHz]	S11 [dB]	VSWR [dB]
2	Hierro	60	-19,46	1,86
6	Oro	60,2	-18,96	1,97
7	Níquel	60,4	-18,41	2,1

En la figura 16 y 17 se muestran las gráficas del coeficiente de reflexión (S11) y relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR) correspondientes a los diseños de variación de material en los reflectores.



**Figura 16.** Coeficiente de Reflexión (S11) con variación de material en sus reflectores



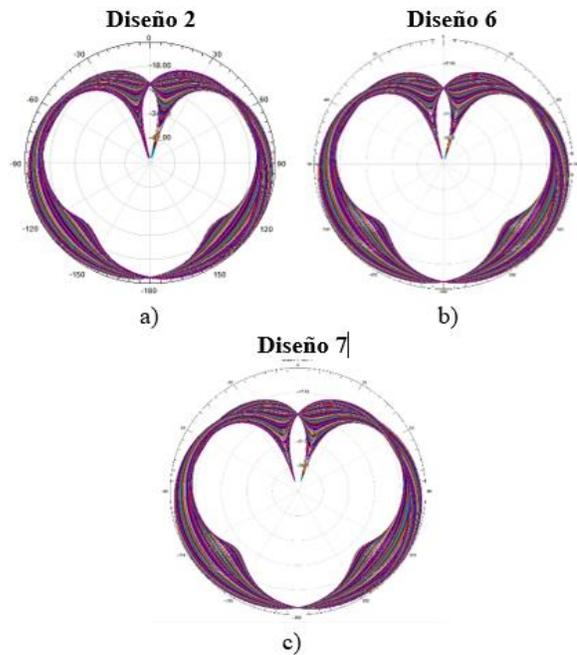
**Figura 17.** Relación de Onda Estacionaria de Voltaje (VSWR) con variación de material en sus reflectores

En la figura 18 se muestran los patrones de radiación en 2D con corte horizontal en  $\Phi=90^\circ$ , donde se gráfica posición angular – atenuación obtenidos correspondientes a este apartado.

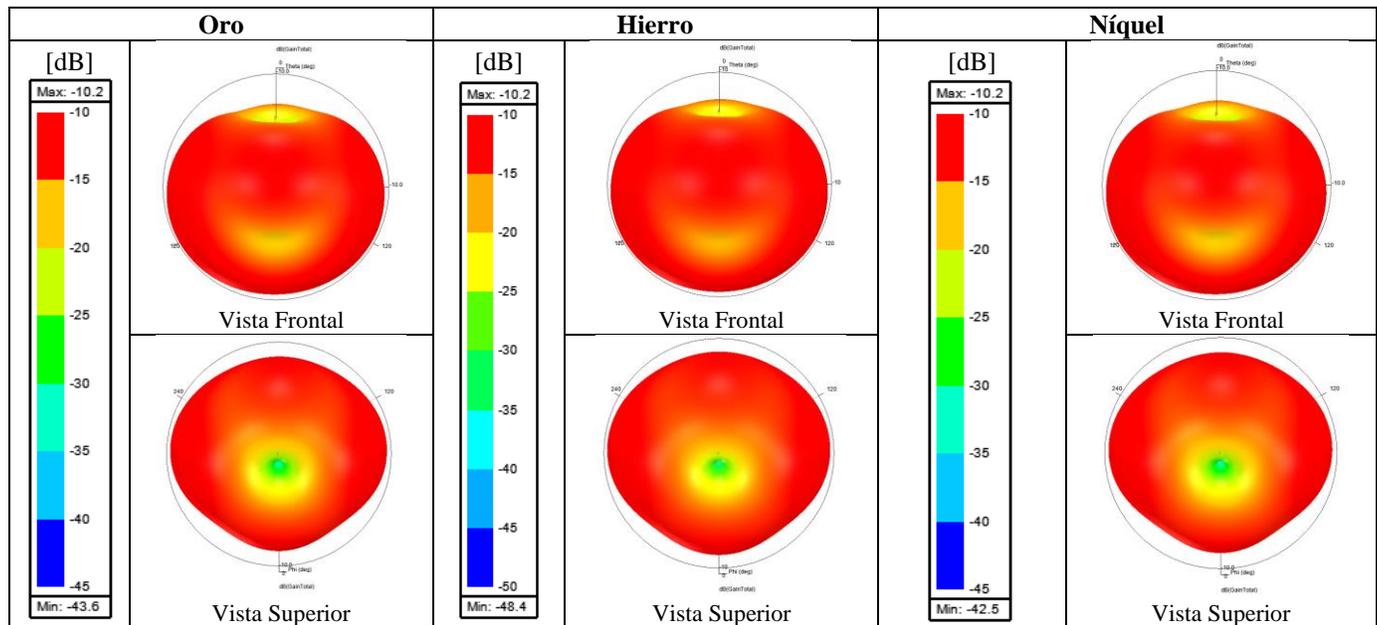
En la figura 19 se muestra los patrones de radiación de los tres diseños con variación en la dimensión de altura del parámetro “l” en vista frontal y superior en 3D, los diseños tratados en este apartado generan atenuaciones (valores negativos en dB). en donde el color rojo representa el valor mínimo y el color azul el valor máximo de atenuación.

Los resultados obtenidos en este apartado muestran al diseño 2 de material hierro con mejores valores en los parámetros de dispersión (S11 y VSWR) con respecto a los otros dos diseños,

como se observa las curvas con color naranja mostradas en las gráficas 17 y 18, debido a que se ajustan a los valores propuestos en los parámetros de operación y frecuencia de resonancia detallados anteriormente.



**Figura 18.** Patrones de radiación de variación de material en los reflectores: a) Diseño 2, b) Diseño 6 y c) Diseño 7.



**Figura 19.** Vista 3D del patrón de Radiación en variación del material en los reflectores.

#### IV. ANÁLISIS

En el diseño de la antena de base microstrip con bocina reflectora se consideró un dimensionamiento en unidades milimétricas debido a que de esta manera se logra que la antena trabaje a una frecuencia de resonancia de 60 GHz, el parámetro S11 (coeficiente de reflexión) tiene como objetivo presentar un valor menor a -18 dB para que la energía transmitida sea mayor que la energía reflejada, el parámetro VSWR (relación de onda estacionaria de voltaje) presentará un valor entre 1 y 2 para obtener un buen acople entre la línea de transmisión y la carga.

##### I. Análisis de parámetros de dispersión según la dimensión de los reflectores de la antena de base microstrip con bocina reflectora.

En base a los valores obtenidos en la tabla 3, se determina un desfase de frecuencia al variar la altura del parámetro "l" de los reflectores, esto se debe a que la antena de base microstrip con bocina reflectora no hace resonancia en los 60 GHz, los parámetros de dispersión (S11, VSWR) aumentan en el diseño 1 debido que cuando irradia energía por medio de la línea de transmisión, toda la potencia entregada por la fuente no se disipa en la carga lo que conlleva a una mayor reflexión al tener la integración de reflectores en dirección al centro del espacio de radiación y de mayor altura en el parámetro "l", en consecuencia, existe una desadaptación entre la impedancia de la línea de transmisión y la antena que tienen un valor de 50 [ohms]; viceversa para el diseño 3 se determina una mejor adaptación en sus parámetros de dispersión y un desfase en la frecuencia de resonancia. [10]

##### II. Análisis de parámetros de dispersión según la forma de los reflectores de la antena de base microstrip con bocina reflectora.

A partir de los valores obtenidos en la tabla 5, se observa que la frecuencia aumenta en los diseños 4 y 5 debido a que el área de iluminación de la antena (forma triangular y trapezoidal)

disminuye; los parámetros de dispersión (S11, VSWR) del diseño 5 mejoran con respecto a los demás diseños a causa que las paredes internas de las puntas (fig. 10c. parámetros "f" y "e") de la forma triangular de los reflectores tienen una mayor brecha, además genera una intensidad máxima de 73571 [V/m]. En la figura 15c la energía que transmite tiene menor dispersión, caso contrario en el diseño 4 los parámetros de dispersión (S11 y VSWR) aumentan con respecto a los diseños 2 y 5 dado que la forma de la figura es irregular, por lo tanto, las paredes de los reflectores influyen en atenuar los parámetros de operación (S11 y VSWR) y la intensidad del campo eléctrico, debido a que al propagarse las ondas se reflejan en el interior de las paredes (parámetro "f") de los reflectores provocando la anulación de energía. [12]

##### III. Análisis de parámetros de dispersión según el material de los reflectores de la antena de base microstrip con bocina reflectora.

En base a los valores en la tabla 6, se muestra que la permitividad y permeabilidad relativa en los diferentes materiales influye en los parámetros de dispersión y frecuencia de la antena, debido a que son dependientes de la temperatura, frecuencia, humedad y la dirección de propagación porque influyen en las líneas de campo para que estén confinadas en torno a la línea microstrip. [13] el material que presenta estabilidad en todos sus parámetros es el hierro puesto que al ser un material ferromagnético tiene una buena conductividad eléctrica y su permeabilidad de 4000 es muy alta con respecto a los otros materiales Oro (0.99996) y Níquel (600), en consecuencia, los diseños 6 y 7 presentan un desfase en frecuencia y un aumento en los parámetros de dispersión (S11, VSWR), en el diseño 2 al tener una permeabilidad alta tiene la capacidad de atraer o concentrar líneas de campo en su interior y de dirigir los campos en trayectorias definidas.

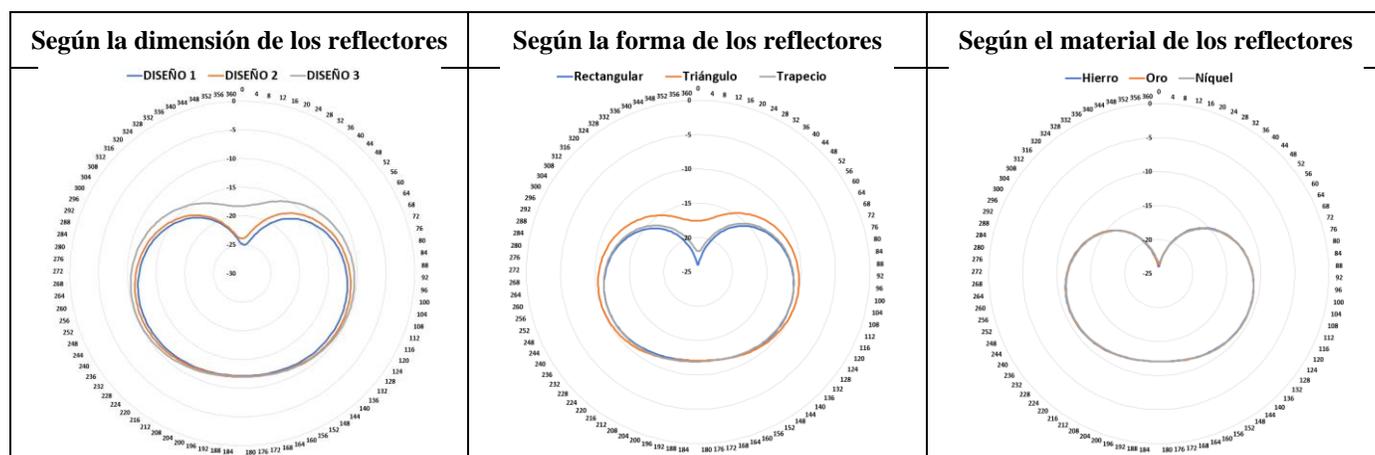


Figura 20. Lóbulos de radiación con corte vertical de 90°

#### IV. Análisis de patrones de radiación.

Los lóbulos de radiación mostrados en la figura 18 tienen corte de 90° en el ángulo Phi ( $\phi$ ), presentan formas similares por lo tanto su valor máximo de directividad se encuentra en los 90°, 180° y 270° y su valor mínimo en 0° a excepción del patrón de radiación del diseño 3 y 5 que muestran un lóbulo de radiación con un nulo poco pronunciado en 0° debido al corte de 90°, sin embargo, al revisar la figura 9c y 14c se puede observar que los patrones de radiación presentan varios nulos respecto a los demás diseños. A pesar que la mayoría de los diseños simulados en este artículo presentan buenos valores en los parámetros de dispersión (S11, VSWR), la limitación se presenta en que las antenas generan atenuaciones (valores negativos en dB).

#### V. CONCLUSIONES

El diseño de antena de base microstrip con bocina reflectora en dirección opuesta al centro del espacio de radiación mostrado en la figura 3 presenta una mejora de 5.396% y 14.11% para el coeficiente de reflexión y VSWR respectivamente en relación al diseño con los reflectores en dirección al centro del espacio de radiación, no obstante, la frecuencia de resonancia tiene un desfase de 1.25% y el patrón de radiación muestra lóbulo posterior y nulos pronunciados, por lo tanto no cumple con los valores propuestos, el diseño con reflectores en dirección al centro del espacio de radiación presenta resultados dentro de los valores establecidos y muestra un patrón de radiación más limpio en comparación al diseño con los reflectores en dirección opuesta al centro del espacio de radiación.

Los diseños mostrados en este artículo generan atenuaciones (valores negativos en dB) comprendidos entre -48.4 [dB] y -9.8 [dB], sin embargo, presentan buenos valores en el coeficiente de reflexión (S11) y relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR), a excepción de los diseños 1 y 7 que tienen valores superiores a 2 en VSWR; los diseños que cumplen con los valores referenciales establecidos en esta investigación pueden ser usados para futuros trabajos en un array que ayude a mejorar la ganancia, es decir, valores positivos en dB.

La antena de base microstrip con bocina reflectora con dimensiones de 5mm en su altura, forma rectangular y material de hierro en sus reflectores mostrado en la figura 5 del diseño 2, trabajando a una frecuencia de 60 GHz, un coeficiente de reflexión (S11) de -19.46 [dB] y una relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR) de 1.86, cumple con los valores propuestos para este estudio, adicional muestra un patrón de radiación más limpio en comparación a los demás diseños simulados en donde su mayor directividad se encuentra en 90°, 180° y 270°, en consecuencia, este diseño presenta un mejor dimensionamiento, forma y características eléctricas de los materiales.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Jhon Granada, Claudia Serpa, Gloria Varón, Neil Guerrero, «Hacia la próxima generación de sistemas de radio sobre fibra de banda ancha: Retos tecnológicos en la banda de las ondas milimétricas,» REDALYC.ORG, vol. 29, n° 2, pp. 242-265, 2011.
- [2] K. Flynn, "Submission of initial 5G description for IMT-2020", 3gpp.org, 2018. [Online]. Available: [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1937-5g\\_description](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1937-5g_description). [Accessed: 20- Oct- 2018].
- [3] G. Meenal and P. Ajay, "5G Technology-Evolution and Revolution", International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 2014.
- [4] "Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (CMR-19)", Itu.int, 2017. [Online]. Available: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/14/02/R14020000010001PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/14/02/R14020000010001PDFS.pdf). [Accessed: 20- Oct- 2018].
- [5] Miguel Fernando, Alejandro Valero, «Antenas,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.
- [6] Ángel Cardama Aznar, Lluís Jofre Roca, Juan Manuel Rius Casals, Jordi Romeu Robert, Sebastián Blanch Boris, Antenas, Barcelona: El Tinter, 2002.
- [7] J. E. V. Proaño, «Análisis y simulación de la propagación de ondas milimétricas en un ambiente indoor,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [8] A Rashid, A. Raed, U. Imtiaz, W. Mohamed, A. Rania, "Design of CMOS Power Amplifier for Millimeter Wave Systems at 70 GHz", International Journal of Engineering and Technology (IJET), Feb-Mar, 2013.
- [9] "Cost 207 Digital land mobile radio communications", Commission of the European Communities, Luxemburg, 1989.
- [10] Dra. Aurora Andújar, Dr. Jaume Anguera, Roberto Domínguez, Análisis y Diseño de una antena de parche microstrip, Barcelona: La Salle, 2018
- [11] Vega Pérez Gracia, Dr. José Canas, Dr. Lluís Pujades, «Características de la propagación de las ondas de radar en medios materiales,» Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2001.
- [12] Jessica Acuña, Santiago Montesdeoca, Lenin Aucatoma, «Diseño de una antena tipo bocina integrada para que opere en banda de onda milimétrica,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2020.
- [13] María de la Sierra Flores, Antonio Hernando Grande, «Reflectividad de Estructuras Compuesto Metal,» Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2013.
- [14] C. A. Balmain, Antenna Theory Analysis and Design, New Jersey: Wiley - Interscience, 2005
- [15] ADLER, «La tecnología 5G requiere las frecuencias de ondas milimétricas mmWAVE,» Madrid, 2019.
- [16] J. González y O. Salamanca, «EL CAMINO HACIA LA TECNOLOGÍA 5G,» Télématique, pp. 27-47, 20[
- [17] L. O. Berenguer, Electrónica audiovisual, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2000