



## MEDIDAS ELECTRÓNICAS II

# Diseño y Construcción de Antena Double Ridge con impresora 3D

Profesor Adjunto: Ing. Alejandro Henze  
Ayudante: Ing. Guillermo Monasterios

Autores:

Castro Germán, Diaz Alonso Manuel

## 1. Objetivos

Diseño y fabricación de una Antena Double Ridge mediante impresión 3D. La misma deberá cumplir con un S11 menor a -10 dB en un ancho de banda de 8 GHz a 18 GHz

## 2. Técnica de diseño

Debido a la falta de información sobre este tipo de antena se realizó un diseño experimental en el cual se partió de una antena prototipo con todas sus variables parametrizadas. El diseño 3D se realizó mediante el Software SolidWorks® versión 2013 el cual posteriormente fue exportado a CST Microwave Studio® versión estudiantil 2018 para realizar las simulaciones de campo electromagnético.

## 3. Diseños

### 3.1. Primer diseño

El diseño se realizó en primera instancia variando los parámetros de la antena. De esta manera se fue simulando y viendo el impacto de cada una de las variables, reduciendo así la cantidad de variables a considerar. Algunas de las variables y relaciones más importantes a tener en cuenta fueron la relación de las dimensiones de las paredes de la cavidad ( $D1/D2$ ), la distancia entre jorobas (GAP), la distancia entre la sonda y el inicio de la cavidad (D-SONDA), el espesor de las jorobas (E-JOROBA) y el ángulo de apertura de las aletas (ANG-ALETA). Además se debe asegurar que el conductor central de la sonda atraviese la primera joroba haciendo contacto con la segunda, generando un cortocircuito en continua, como se observa en la Figura (1)

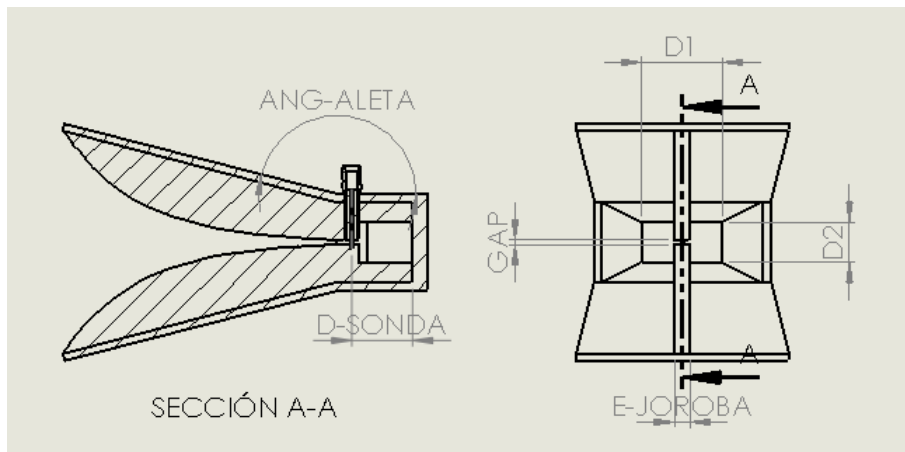
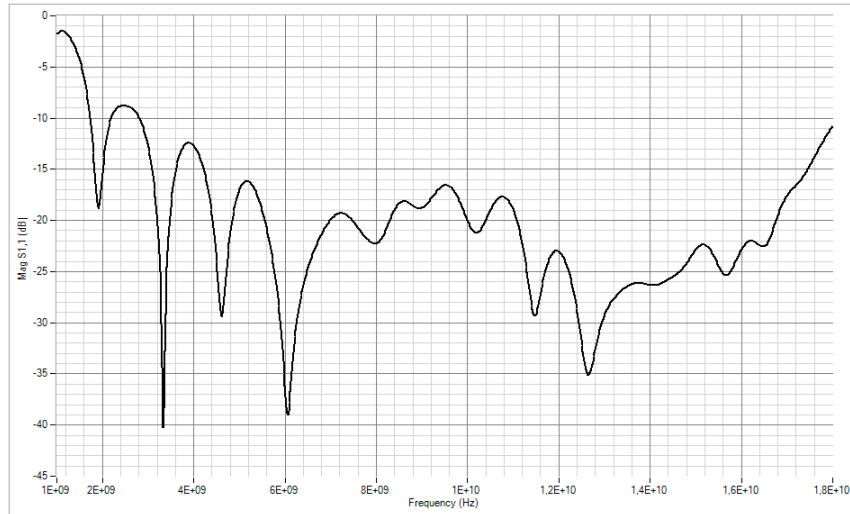
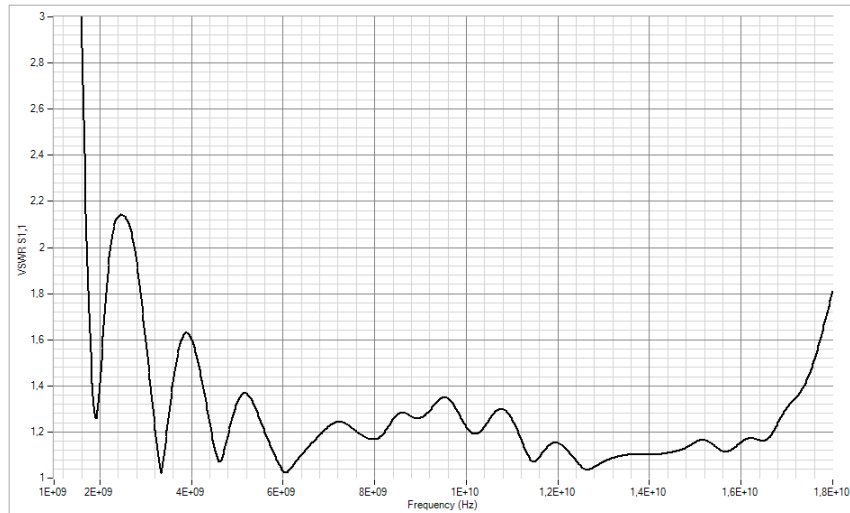


Figura 1: Variables más significativas

Una vez acotada la cantidad de variables se comenzó a variar los parámetros restantes para dar con las características deseadas. Como primer resultado se obtuvo una curva que lograba mantener su ROE por debajo de 2 en un rango de frecuencias mayor al esperado, de 2 GHz A 18 GHz Figura (2)

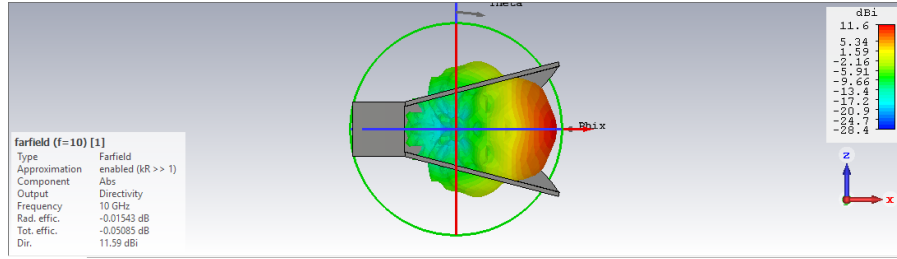


(a) S11

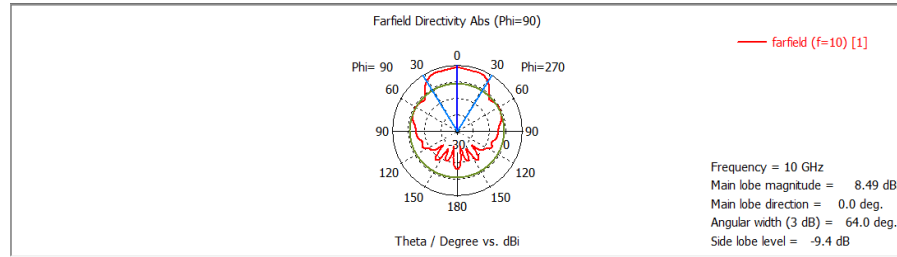


(b) ROE

Figura 2: Reflexión primer diseño



(a) Radiación de campo lejano 3D



(b) Diagrama polar

Figura 3: Simulación de campo lejano a 10 GHz

### 3.2. Problemas del primer diseño

Tras haber realizado el primer diseño nos enfocamos en la fabricación de la antena y sus limitaciones. Para la fabricación era necesario imprimir la antena mediante una impresora 3D, encontrar un método para añadir conductividad a la antena y conseguir una sonda acorde para ésta. La primer gran limitación fue la precisión de la impresora 3D, en el primer diseño se escogieron espesores ideales los cuales no eran posibles alcanzar con esta técnica. Además el diseño de la antena era en una pieza única lo cual condujo roturas durante el proceso de fabricación. La segunda limitación fue la selección de la sonda, Al buscar diferentes sondas nos encontramos con que sus medidas eran estándar, esto impuso un tamaño máximo a la antena. La tercer limitación fue el proceso para depositar el material conductivo. Se debía escoger un proceso en el cual se pudiese obtener una buena capa de deposición lo más homogénea posible.

### 3.3. Segundo diseño

Para solucionar todos estos problemas se realizo un segundo diseño que contemplaba las limitaciones previas. Se escogió realizar el diseño en forma de piezas de encastre, eliminando así los problemas de la impresión 3D y facilitando el método de deposición de material conductivo. Figura (4).

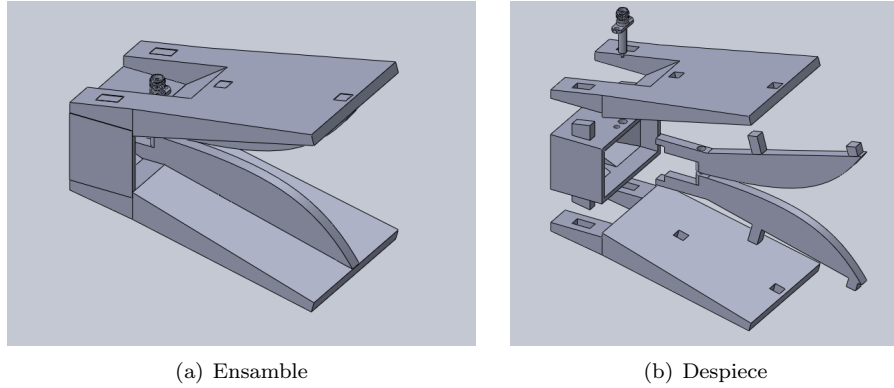
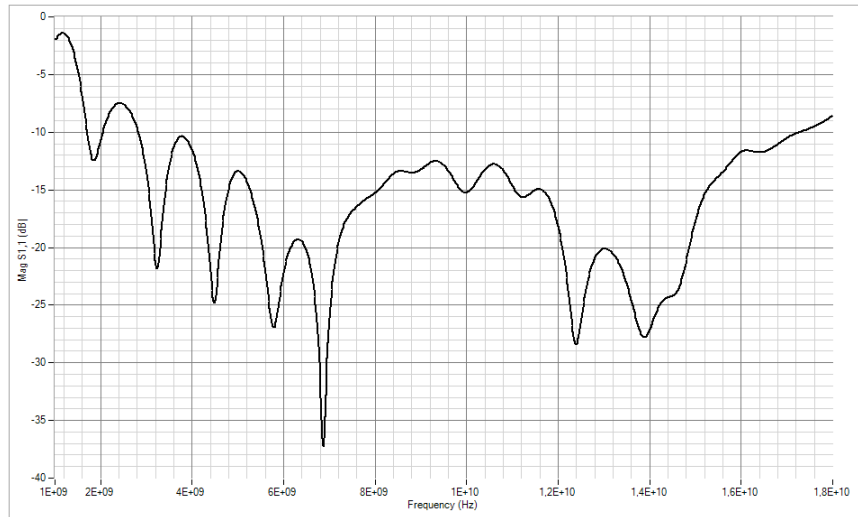
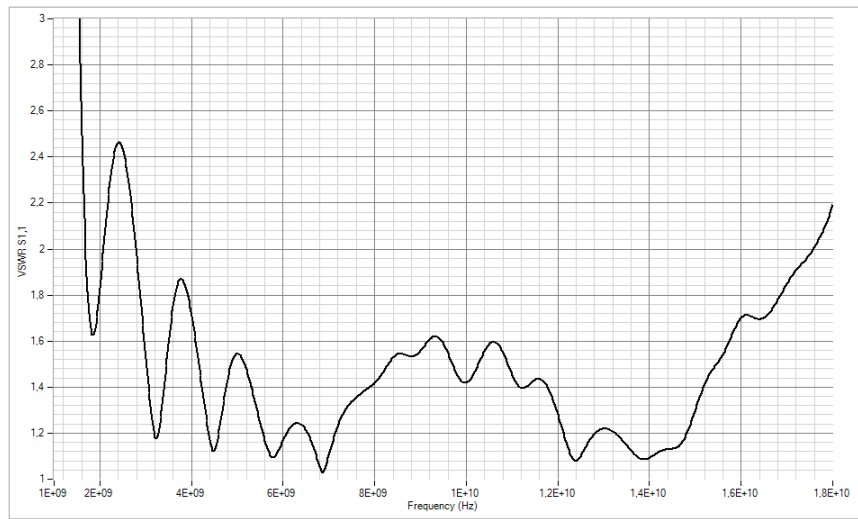


Figura 4: Antena segundo diseño

Ajustando los parámetros de la antena se llego al resultado óptimo manteniendo la ROE por debajo de 2 en el rango de frecuencias de 2 GHz A 18 GHz. Figura (5)

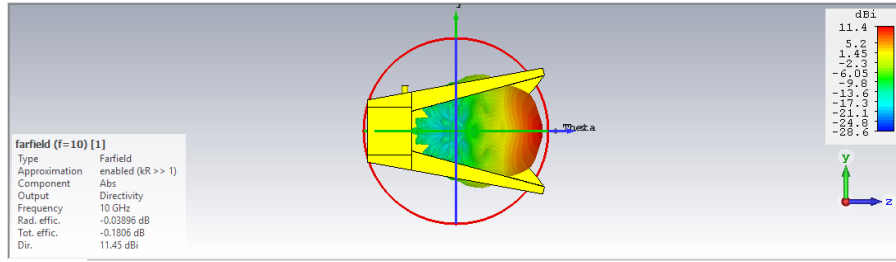


(a) S11

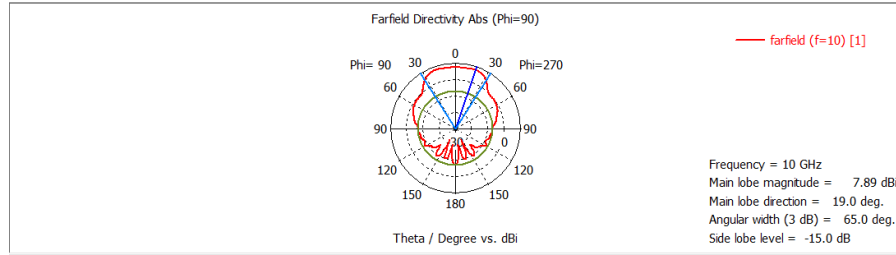


(b) ROE

Figura 5: Reflexión segundo diseño



(a) Radiación de campo lejano 3D



(b) Diagrama polar

Figura 6: Simulación de campo lejano a 10 GHz

Para este diseño que posteriormente fue fabricado se realizaron simulaciones de campo lejano para cada una de las frecuencias de interés dando como resultado la siguiente tabla.

Frecuencia[GHz]	Ganancia[dBi]	Ancho angular[deg]
1	2.09	151.3
2	5.52	94.5
3	7.74	64.7
4	9.46	45.9
5	10.90	36.5
6	11.70	34.4
7	12.90	30.7
8	10.80	24.9
9	4.64	76.3
10	7.89	65.0
11	10.30	54.6
12	12.80	45.0
13	14.00	33.9
14	9.86	47.8
15	7.46	16.2
16	7.03	68.9
17	14.60	18.3
18	15.70	18.4

## 4. Fabricación

Finalizado el proceso de diseño se imprimieron las 5 partes de la antena con un material de tipo ABS, luego se recubrió las piezas con pintura de plata para agregarles la conductividad necesaria. Una vez ensamblada la antena se inserto la sonda y se dispuso a las mediciones. Figura (7).

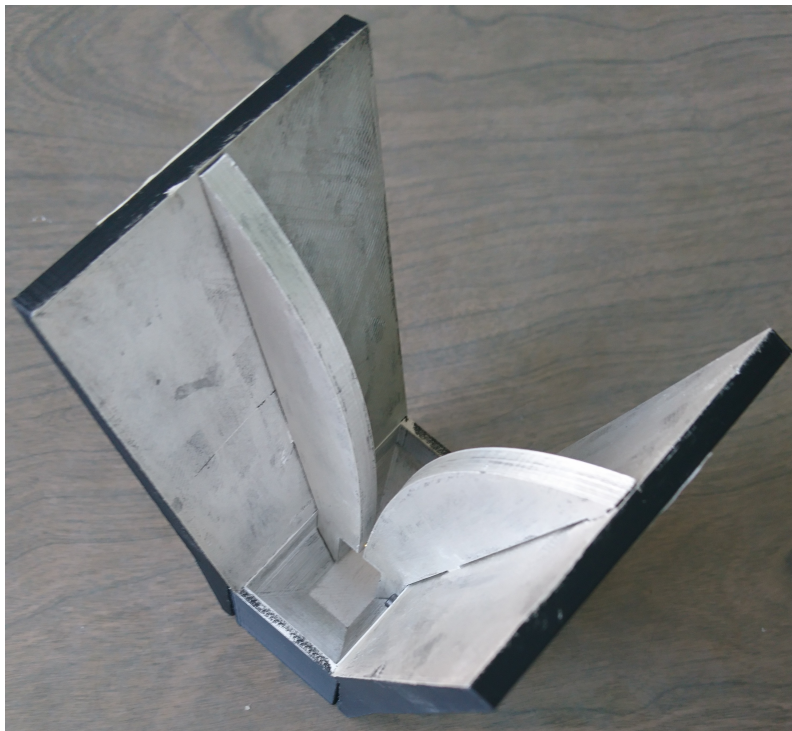


Figura 7: Antena finalizada

## 5. Mediciones

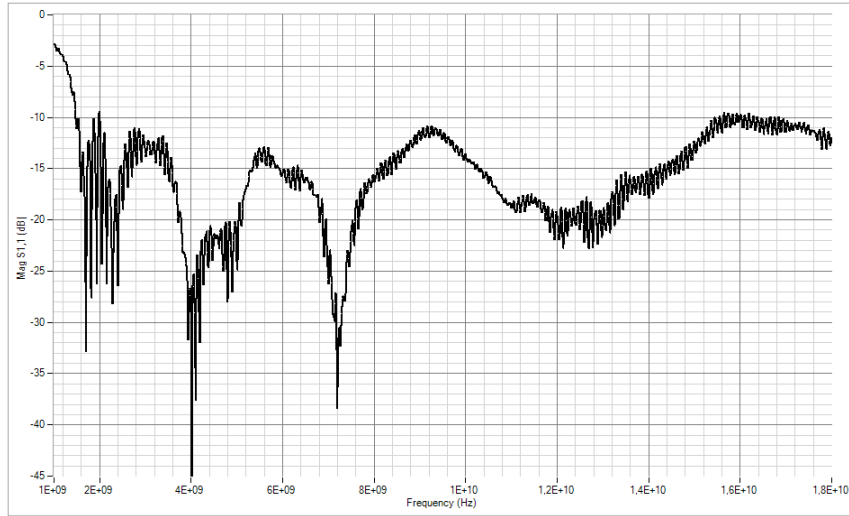
### 5.1. Calibración

Las mediciones se realizaron con un analizador vectorial de redes (VNA). Éste se calibro para un rango de frecuencias de 1 GHz a 18 GHz mediante el método OSM con el Kit de calibración 85518A Keysight, una resolución de 1601 puntos, ancho de banda del filtro de 1 KHz y una potencia de -15 dBm.

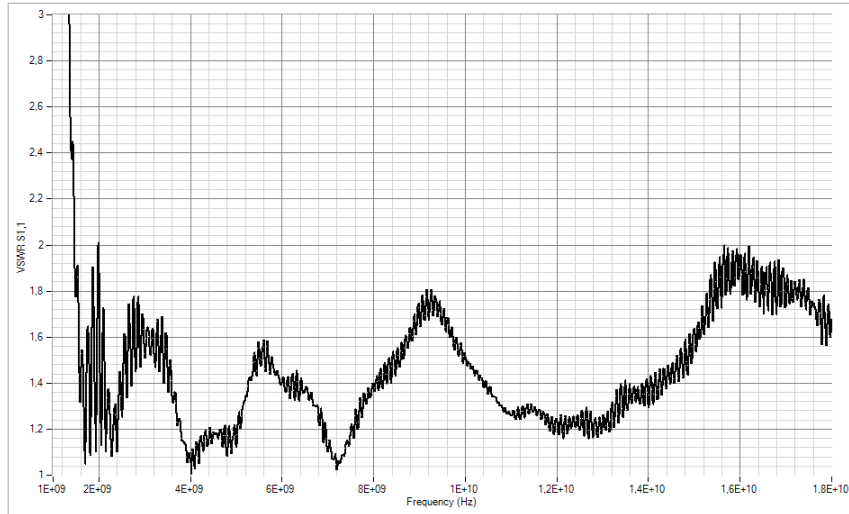


## 5.2. Medición de reflexión

Se realizó la medición del parámetro  $s_{11}$  arrojando los siguientes resultados. Figura (8). En esta curva se observa la adaptación de la antena en el rango de frecuencias de 1 GHz a 18 GHz



(a) S11



(b) ROE

Figura 8: Reflexión antena fabricada

### 5.3. Medición de Transmisión

A modo de cierre se realizó un enlace entre las 2 antenas para comprobar la emisión de éstas. Se fabricó una segunda antena y se conectaron dichas antenas a los puertos 1 y 2 del analizador de redes vectoriales (VNA). Se enfrentaron las antenas a una distancia aproximada de 30cm y de esta manera se midieron los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{12}$ . Figura(9). Estos representaban la transmisión de cada una de las antenas, siendo ambas curvas aproximadamente iguales.

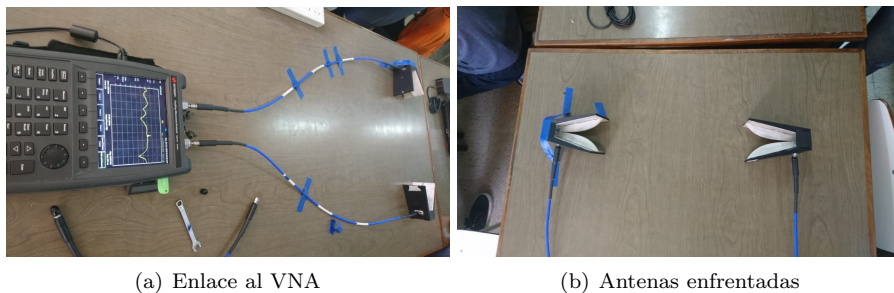


Figura 9: Enlace entre 2 antenas

Se realizaron 3 mediciones diferentes. La primera medición se hizo con un enlace directo entre las antenas (Enlace) es decir sin ningún obstáculo en medio, la siguiente se colocó entre ambas antenas una lámina de un material dieléctrico (Enlace-Dieléctrico) para ver el impacto de éste en la transmisión y por último se colocó una lámina de material conductor (Enlace-Corto). En la siguiente imagen se ve cómo el dieléctrico prácticamente no produce un cambio notorio mientras que la lámina metálica destruye el enlace. Figura (10).

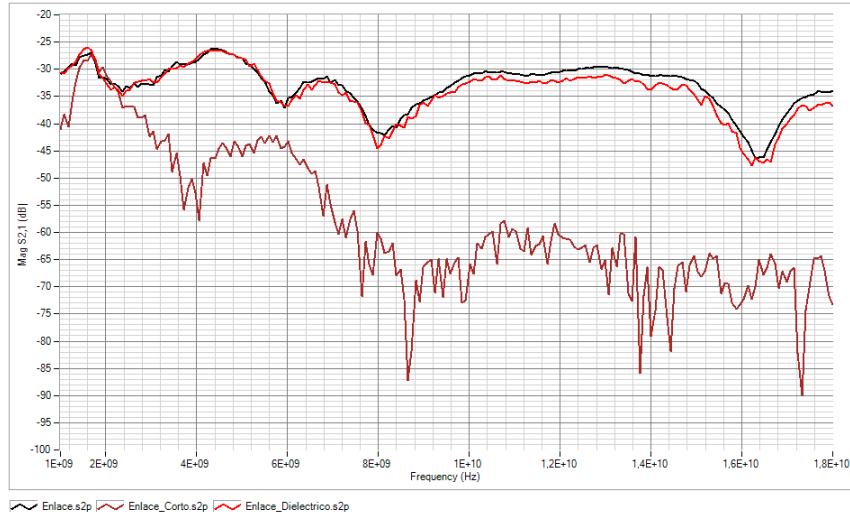
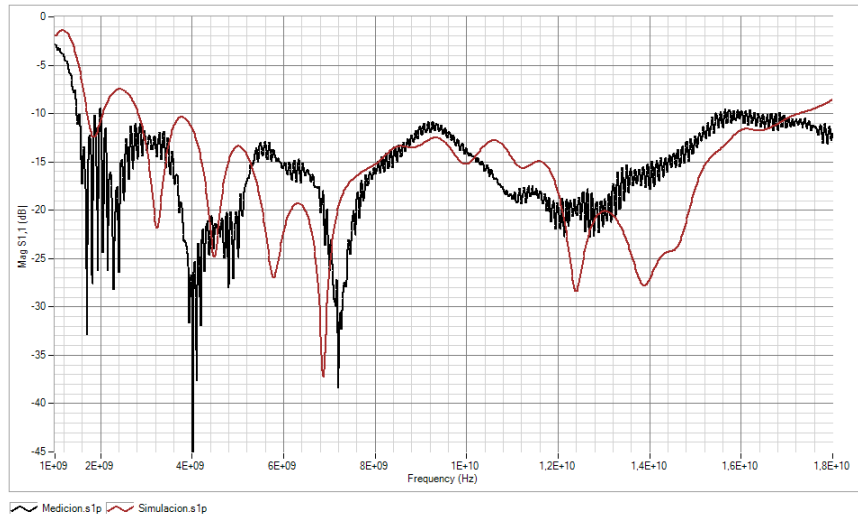


Figura 10: Transmisión de la antena

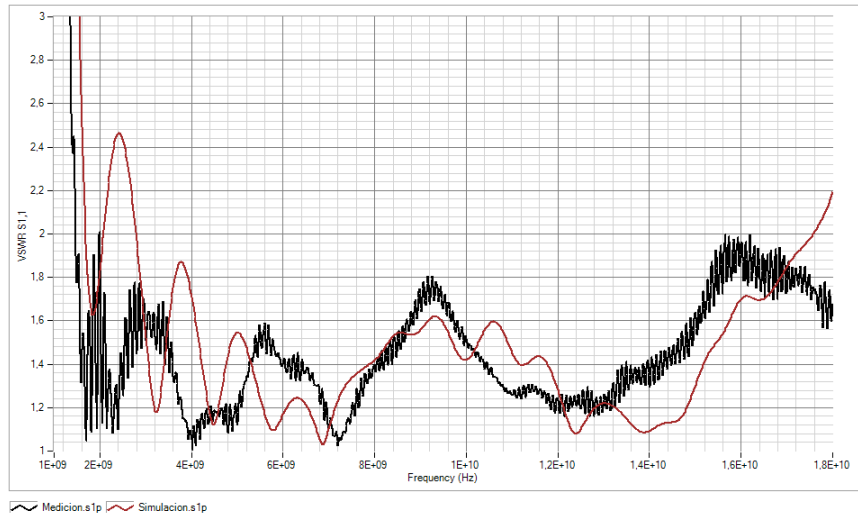
## 6. Resultados

### 6.1. Análisis

Se logro obtener una antena de banda ancha en el rango de frecuencias de 2 GHz a 18 GHz donde su ROE es menor a 2. En la siguiente Figura (11) se encuentra la comparación del parámetro de reflexión entre la simulación del segundo diseño y su fabricación. En este se puede observar ciertas diferencias producto de diversos factores, de los cuales los más significativos se acreditan a la diferencia entre tener un material completamente conductor(simulación) y solo tener una fina lamina de plata sobre la superficie(fabricación). Otro gran factor es el hecho de las imperfecciones en las uniones de las piezas ensambladas.



(a) S11



(b) ROE

Figura 11: Reflexión. simulación vs medición

## 6.2. Propuestas

Para solucionar ciertas diferencias y defectos proponemos cambiar el método de fabricación. Éste podría ser con una CNC la cual moldee las diferentes piezas de encastre en un material metálico como aluminio soldando las uniones para obtener una mejor interfaz. Estas modificaciones aumentarían el costo de producción de la antena pero a su vez se obtendrían mejores resultados en sus propiedades electromagnéticas además de aumentar la resistencia mecánica y añadir la posibilidad de manejar mayores potencias.

## 7. Conclusión

Luego de diversas simulaciones y mediciones se logro obtener una antena de banda ancha entre las frecuencias de 2 GHz a 18 GHz con una ROE menor a 2. Se superaron con creces los objetivos planeados dando un excedente de 6 GHz de ancho de banda además se aprecio una mejora en la adaptación con respecto a las simulaciones como se nota en la Figura (11). Producto del método de fabricación esta antena es ideal para hacer ensayos en instituciones educativas gracias a su bajo costo de producción. En el futuro este proyecto podría evolucionar con la implementación de las nuevas tecnologías en el área de la impresión 3D, contemplando la posibilidad de remplazar el material ABS con un material conductor, eliminaría la necesidad de laminar la antena con una pintura conductiva.