

RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO ELECTRONICO
2. **TÍTULO:** DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA ANTENA DE ULTRA ANCHO DE BANDA (UWB)
3. **AUTORES:** Juan José Morales Hernandez
4. **LUGAR:** Bogotá, D.C
5. **FECHA:** febrero de 2018
6. **PALABRAS CLAVE:** antena, ancho de banda, comisión federal de comunicaciones, telecomunicaciones, espiral logarítmica, Tecnologías planares, sustrato, ANSYS Electronics HFSS®, IEEE 802.15.3a, IEEE 802.15.4a, constante dieléctrica.
7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** En este trabajo se encuentra la investigación concerniente al diseño y simulación de una antena compatible con el estándar UWB, cumpliendo la reglamentación para emisiones de frecuencias electromagnéticas par dicho estándar, esta tecnología está en desarrollo y propone una alternativa para la comunicación de equipos multimedia a corta distancia con velocidades de transmisión en el orden de los Gbit por segundo, el diseño es elaborado con las técnicas adquiridas en las diferentes asignaturas de antenas y electiva técnica del programa de ingeniería electrónica, el software usado para la simulación fue ANSYS Electronics HFSS®, el resultado en ancho de banda es de más de 2 GHz y la impedancia es de aproximadamente 50Ω a lo largo del espectro trabajado por la antena.
8. **LÍNEAS DE INVESTIGACION:** Línea de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la de la USB: tecnologías de la información y telecomunicaciones (TIC). Campo Temático del Programa: Electromagnetismo y antenas.
9. **METODOLOGÍA:** Es de carácter empirico-analitico, con un enfoque metodológico sobre la simulación y diseño de las antenas de ultra ancho de banda.
10. **CONCLUSIONES:** En este documento se diseñó y simulo sobre el software ANSYS Electronics HFSS® una antena planar UWB, con la pretensión que sea de aporte en este campo de investigación puesto que se hizo una búsqueda de diseños compatibles trabajados en documentos científicos indexados, del análisis se concluye que en su mayoría los elementos irradiantes de dichos diseños carecen de esquinas y terminaciones angulares, que este tipo de implementación facilita el aumento del ancho de banda; para conseguir un aporte a esta demostración se seleccionó un diseño con la transición de los bordes más suavemente posible, un espiral logarítmico, pero si dicho espiral está encerrado dentro de un cuadrado, el diseño seguiría incluyendo esquinas, es por eso que se optó por encerrar el espiral dentro de un circulo completando así un diseño sin ninguna esquina o terminación angular, con resultados que satisfacen en cuanto a ancho de banda el estándar trabajado.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ANTENA DE ULTRA ANCHO DE
BANDA(UWB).**

JUAN JOSÉ MORALES HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA BOGOTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTÁ-2018

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ANTENA DE ULTRA ANCHO DE
BANDA (UWB).**

**Contribución a proyecto de investigación dentro de la universidad como trabajo de
grado para optar por el título de ingeniero electrónico.**

Asesores: ingeniero, Mauricio Andrés Polochè Arango

Ingeniero, Héctor Fabian Guarnizo Mendez

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA BOGOTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTÁ-2018

Tabla de contenido.

Introducción	1
1.Estado del arte.....	3
1.1Definición del problema.....	3
1.2 Referentes.....	4
2.1 Implementación de diseños para comprobar principios de operación.	63
2.2 Antena planar parche alimentada por microstrip, de banda angosta.....	63
2.3 Antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.....	68
2.4 Antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en uwb.	70
2.5 Comparación de las tres antenas simuladas.	73
3. Diseño de una antena para uso en UWB.....	76
3.1 Diseño de la espiral logarítmica.	76
3.2 Diseño de la cavidad	79
3.3 Alimentación de la antena.....	83
3.4 Acople de los elementos prediseñados en el software de simulación.....	84
4. Resultados simulados.....	86
Conclusiones.....	94
Bibliografía.....	96

Lista de figuras

Figura 1 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB con rechazo de bandas mediante elementos parasitarios) (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009).....	5
Figura 2 Curva de respuesta en Frecuencia versus VSWR relación de onda estacionaria para (Diseño de antena UWB con rechazo de bandas mediante elementos parasitarios) (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009)	6
Figura 3 Vista frontal de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007).....	7
Figura 4 Vista frontal y trasera de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007).....	9
Figura 5 pérdidas por retorno (RL) de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007) .	10
Figura 6 Vista frontal y trasera de (Diseño de una antena UWB para sistemas de tomografía microondas) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007).	11
Figura 7 S ₁₁ de (Diseño de una antena UWB para sistemas de tomografía microondas) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007)	12
Figura 8 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010)(Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007)	13
Figura 9 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010)	14
Figura 10 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008)	15
Figura 11 . S ₁₁ de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008).	16
Figura 12 Vista frontal y trasera de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011).....	17
Figura 13 . S ₁₁ de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011)	18
Figura 14 Vista frontal y trasera de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008).....	19
Figura 15 S ₁₁ de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008)	20
Figura 16 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013).....	21
Figura 17 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013).....	22
Figura 18 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013).	23
Figura 19 relación de onda es estacionaria VSWR de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013)	24
Figura 20 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013).	25
Figura 21 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013)	26
Figura 22 Vista frontal y trasera de (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006)	27

Figura 23 .S11 (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006)	28
Figura 24 Diagrama de construcción de (Diseño de guía de onda impresa sobre dieléctrico para antena de banda ancha en aplicaciones de alta ganancia) (prasad & Biswas, 2016)	29
Figura 25 S11 (Diseño de guía de onda impresa sobre dieléctrico para antena de banda ancha en aplicaciones de alta ganancia) (prasad & Biswas, 2016)	30
Figura 26 Vista frontal y trasera de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012).....	31
Figura 27 S11 de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012).....	32
Figura 28 Vista frontal y trasera de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014).....	33
Figura 29 S11 de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014)	34
Figura 30 Vista frontal y trasera de (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017)35	
Figura 31 relación de onda estacionaria y ganancia para (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017)	37
Figura 32 Vista 3D de (Diseño de antena planar con carga capacitiva para aplicaciones en UWB) (Wang & Du, 2015).....	38
Figura 33 S11de (Diseño de antena planar con carga capacitiva para aplicaciones en UWB) (Wang & Du, 2015)	38
Figura 34 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016)	39
Figura 35 relación de onda estacionaria para (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016)	40
Figura 36 Vista frontal y trasera de (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB) (Xiaoyang et al., 2016).....	41
Figura 37 Relación de onda estacionaria para (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB) (Xiaoyang et al., 2016).....	43
Figura 38 Vista frontal (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015).....	44
Figura 39 Perdidas por retorno de (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015).	45
Figura 40 Vista frontal y trasera de (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.)	46
Figura 41 S11 (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.).....	47
Figura 42 Vista frontal y trasera de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000).....	48
Figura 43 S11 de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000).....	49
Figura 44 Vista frontal y trasera de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD).	50
Figura 45 S11 de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD).....	51

Figura 46 Vista frontal y trasera de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005).....	52
Figura 47 S11 de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005)	53
Figura 48 Vista frontal y trasera de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014).....	54
Figura 49 S11 de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014).	55
Figura 50 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015).	56
Figura 51 S11 de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015).	57
Figura 52 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012).....	58
Figura 53 S11 de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012)	59
Figura 54 Diagrama de construcción antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta.(Hui & A. Iphone, 2000).....	65
Figura 55 Respuesta modelo replicado (S11) que fue simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta, sin mejora mediante anillos resonadores.(Hui & A. Iphone, 2000).....	66
Figura 56 Diseño en 3D simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta con mejoras.(frontal)	66
Figura 57 Diseño en 3D simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta con mejoras.(trasero).....	67
Figura 58 Respuesta S11 original tomado del documento (Hui & A. Iphone, 2000)	67
Figura 59 Respuesta obtenida S11 modelo reproducido. Simulación antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta, con mejora mediante anillos resonadores.....	67
Figura 60 Diagrama de construcción antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.	68
Figura 61 Diseño 3D de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB	69
Figura 62 Respuesta modelo replicado (S11), simulado de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.....	70
Figura 63 Diagrama de construcción antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB.....	71
Figura 64 Figura 65. Diagrama modelo replicado y construcción antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB.....	72
Figura 65 Respuesta replicada S11, simulado de antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB.....	73
Figura 66 Izquierda. Brazo inicial de la espiral logarítmica, al centro Segundo brazo de la espiral logarítmica. Derecha los dos brazos juntos	78
Figura 67 Grafica de la espiral logarítmica en un plano polar.....	79
Figura 68 Grafica del ancho de la guía de onda rectangular en función del modo transversal eléctrico y la frecuencia de corte.	80
Figura 69 Diagrama de dimensiones de la guía de onda rectangular.	83
Figura 70 Transición de línea microstrip a SIW	84

Figura 71 Vista frontal (Izq) y trasera (der) del diseño de antena UWB propuesto.	86
Figura 72 Vista en tres dimensiones del diseño de antena UWB propuesto.	87
Figura 73 Diagrama de construcción de la guía de onda para el diseño de antena UWB propuesto.....	88
Figura 74 Impedancia (Z) simulado del diseño de antena UWB propuesto.	90
Figura 75 S11 simulado del diseño de antena UWB propuesto.....	90
Figura 76 Plano E y plano H para el diseño de antena UWB propuesto	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 S11 simulado del diseño de antena UWB propuesto.....	5
Tabla 2 dimensiones de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007).....	8
Tabla 3 S11 de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007).....	8
Tabla 4 Dimensiones de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007).....	9
Tabla 5 Dimensiones de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007).....	11
Tabla 6 Dimensiones de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010).....	13
Tabla 7 Dimensiones de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008)	15
Tabla 8 Dimensiones de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011)	17
Tabla 9 Dimensiones de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008).....	19
Tabla 10 Dimensiones de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013).....	21
Tabla 11 Dimensiones de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013)	23
Tabla 12 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013).....	25
Tabla 13 Dimensiones de (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y 20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006).....	28
Tabla 14 Dimensiones de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012)	31
Tabla 15 Dimensiones de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014)	33
Tabla 16 Dimensiones de (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017).....	35
Tabla 17 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016).....	40
Tabla 18 Dimensiones de (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB) (Xiaoyang et al., 2016).....	42

Tabla 19 Dimensiones de (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015).....	44
Tabla 20 Dimensiones de (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.)	47
Tabla 21 Dimensiones de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000).....	48
Tabla 22 Dimensiones de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD)	50
Tabla 23 Dimensiones de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005)	52
Tabla 24 Dimensiones de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014)	54
Tabla 25 Dimensiones de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015)	56
Tabla 26 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012)	58
Tabla 27 Tabla de comparación para los diseños de antenas nombradas en el estado del arte	60
Tabla 28 Dimensiones de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta	65
Tabla 29 Dimensiones de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.....	69
Tabla 30 Dimensiones de antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB	71
Tabla 31 Resumen de las antenas simuladas en capítulo 2.....	75
Tabla 32 Valores usados en la ecuación 3.1 y 3.2 para el diseño de la espiral logarítmica	77
Tabla 33 Medidas del diseño de antena UWB propuesto	87
Tabla 34 Medidas de la guía de onda para el diseño de antena UWB propuesto	89

LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1 cálculo de las coordenadas de la espiral logarítmica en Matlab.

Anexo 2. Diseño de la espiral logarítmica en AutoCAD.

ACRONIMOS

FCC Federal Communications Commission, Comisión Federal de Comunicaciones.

UWB Ultra Wide Band, Ultra Banda Ancha.

HFSS High Frequency Structure Simulator, Simulador de Estructuras de Alta Frecuencia.

WLAN Wireless Local Area Network, red de área local inalámbrica.

VSWR Voltage Standing Wave Ratio, Relación de Onda de Voltaje Estacionario.

WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access.

CPW Coplanar Waveguide, Guía de Onda Coplanar.

SIW Substrate Integrated Waveguide, Guía de Onda integrada a sustrato.

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

WPAN Personal Area Network

RESUMEN.

El diseño de antenas de ultra-ancho de banda ha adquirido importancia en la investigación y desarrollo de las telecomunicaciones debido al anuncio de la FCC en el que se informa la posibilidad de su uso comercialmente sin licencia, esto ha generado un crecimiento notorio en el interés de ampliar los campos de aplicación. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo surge de la necesidad de generar un mayor conocimiento frente a este tipo de antenas y sus diseños.

Se describe cómo se diseña y simula una antena de ultra-ancho de banda, partiendo de sus características geométricas y cálculos de cada uno de los componentes, utilizando la configuración para alcanzar el ancho de banda establecido, además, se realiza la simulación en ANSYS Electronics HFSS®, complementándola gracias al uso de Matworks Matlab y Autodesk-Autocad. Para este diseño el elemento encargado de irradiar la señal tiene forma de espiral logarítmica y es la clave para alcanzar los requerimientos en ancho de banda.

La contribución al estado del arte en este campo es la implementación de un elemento de radiación poco convencional, en forma de espiral logarítmica, la cual forma diferentes objetos de la naturaleza como conchas de mar y huracanes. La solución para los requerimientos que plantea el proyecto de investigación, deben ser compatible con tecnologías planares y adheridas al sustrato. Por ende, es importante determinar los factores que afectan el comportamiento de la antena, explicando cómo se procedió para su configuración en cada uno de ellas y la presentación y análisis de los resultados. Finalmente, esta investigación se presenta como contribución a un proyecto de investigación en la facultad de Ingeniería dentro de la

universidad San Buenaventura, sede Bogotá, como trabajo de grado para el programa de Ingeniería Electrónica.

Objetivos.

Objetivo general.

- Diseñar y simular una antena de ultra ancho de banda.

Objetivos específicos

- Realizar el estado del arte relacionado con los procedimientos de diseño y metodologías usadas en el contexto de ultra ancho de banda.
- Realizar un análisis comparativo de los casos de aplicación encontrados.
- Identificar e implementar en el software ANSYS Electronics HFSS®, tres prototipos de antenas en aras de entender y comprobar sus principios de operación.
- Calcular y diseñar los elementos que componen la antena de ultra ancho de banda.
- Simular la antena de ultra ancho de banda diseñada mediante ANSYS Electronics HFSS®.

Alcances.

- Será diseñada y simulada una antena de ultra ancho de banda que cumpla con las especificaciones de ancho de banda de para el estándar UWB de la FCC.
- Será usado un elemento de radiación no convencional para verificar su acción sobre la antena y la respuesta en ancho de banda.

Limitaciones.

- El propósito del diseño es investigativo no es viable ser llevado a un prototipo dado que esta tecnología no ha sido implantada comercialmente aun, las simulaciones de la herramienta de software son altamente confiables por eso se asumen como el comportamiento real del diseño.

Introducción.

Este trabajo trata del diseño, simulación y análisis de una antena compatible con UWB y el cumplimiento de la normatividad en ancho de banda del diseño propuesto, esta tecnología no tiene implementación comercial aun pero cuando los requerimientos en ancho de banda de los dispositivos principalmente multimedia requieran más velocidad de transmisión esta tecnología podría ser la llamada a reemplazar a otras tecnologías de telecomunicaciones de distancia corta, velocidad de transmisión muy alta (superior a 100Mbit/s) y posiblemente en el orden de los GHz para redes Wpam de dispositivos multimedia UWB(ultra ancho de banda) es considerado por la FCC “a partir del 2002” como cualquier tipo de tecnología de telecomunicaciones inalámbricas que ocupe en el espectro electromagnético un ancho de banda de 500Mhz o superior y autoriza su uso comercial sin licencia (I. Oppermann, 2004),

El estudio acerca de cómo implementar esta tecnología a nivel comercial y el desarrollo de la capa física está a cargo de los grupos de investigación de la IEEE 802.15.3a y IEEE 802.15.4a los objetivos de su investigación son el desarrollo de dispositivos UWB compatible que tengan interoperabilidad plena con los otros estándares de IEEE 802 manejen velocidades superiores a los 100Mbit/s y tengan cobertura a más de 10 metros, uno de los retos de estos diseños son las antenas porque la FCC estipula que las frecuencias de emisión de las antenas deben tener supresión de las bandas de operación 2,4 GHz y 5-6GHz y el mayor ancho de banda posible.

Este trabajo se hace usando las herramientas trabajadas por las asignaturas correspondientes al diseño de antenas como los modelos de guía de onda o el simulador ANSYS Electronics HFSS®, software que junto con la habilidad del autor se les confía la fiabilidad de los datos de las simulaciones.

Fue usado como elemento irradiante de la antena una espiral logarítmica por recomendación del asesor y con la finalidad de aportar un diseño a el tema de investigación correspondiente a las formas geométricas de las figuras carentes de esquinas y terminaciones angulares.

En este documento está la información correspondiente al estado del arte el cual cuenta con las figuras correspondientes a las formas geométricas de las antenas y las medidas de cada antena así como otra información técnica de cada diseño, la simulación de tres antenas para corroborar principios de operación simple en tecnologías planares, el diseño de la antena y sus componentes analizados por separado, y los resultados obtenidos mediante el software para finalizar con las conclusiones del autor,

CAPITULO 1

1.Estado del arte.

1.1Definición del problema.

Las antenas juegan un papel fundamental en la implementación de un sistema de comunicaciones inalámbrico, debido a que es el elemento encargado de irradiar y recibir ondas de radio, el parámetro que determina el uso de espectro electromagnético de una antena se llama ancho de banda, para determinar el ancho de banda de una antena es usado el coeficiente de reflexión S_{11} el cual es representado mediante un gráfico de Bode en el cual la atenuación de la señal en el puerto 1 indica mayor radiación electromagnética al ambiente, en un sistema de comunicaciones basado en UWB la antena además de irradiar sobre una porción considerablemente amplia del espectro electromagnético debe funcionar como un filtro para evitar interferencias sobre comunicaciones pertenecientes a otros estándares.

El ancho de banda de una antena es definido como “el rango de frecuencias sobre el cual trabajaba, respecto a algunas características definidas por un estándar determinado”, el ancho de banda puede ser tomado a partir del rango de las frecuencias a cada lado de la frecuencia central (la frecuencia de resonancia para un dipolo, por ejemplo). Para las antenas de banda ancha, el ancho de banda suele ser expresado como la relación entre las frecuencias superiores e inferiores de funcionamiento aceptable. Por ejemplo, un ancho de banda de 10: 1 indica que la frecuencia

superior es 10 veces mayor que la más baja (Constantine A. Balanis, 2008). En febrero de 2002, la FCC emitió la regulación comercial para el uso de la llamada tecnología UWB, definiendo el límite B_f a un mínimo de 0.20 de acuerdo con la ecuación (1.1) donde f_H es la frecuencia superior y f_L la frecuencia inferior ambas de potencias como mínimo de -10 dB, además de la FCC indica que la señal solo puede ser considerada UWB si tiene un ancho de banda de más de 500MHz. (I. Oppermann, 2004)

$$B_f = 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} \quad (1.1)$$

Uno de los elementos a los cuales más atención se le prestara es a la forma geométrica del elemento irradiante de la antena, pues en la discusión acerca de cómo incrementar el ancho de banda de una antena se menciona que para este fin es de ayuda que dicho elemento irradiante carezca de esquinas y terminaciones angulares, además de una transición de bordes suaves, esto debido a que para contribuir a esta hipótesis será implementada una antena cuyo elemento irradiante tenga la transición de bordes más suave posible como lo es una espiral logarítmica.

1.2 Referentes

Para el desarrollo del estado del arte fueron escogidos los siguientes diseños de antenas compatibles con la condición descrita y de contribución a la investigación, que se presenta a continuación:

1.2.1 Diseño de antena UWB con rechazo de bandas mediante elementos parasitarios.

(A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009) Este diseño de antena UWB destaca sus elementos parasitarios, implementados de tal manera que funcionan como filtro para frecuencias de otros estándares de comunicación que trabajan sobre la misma banda, dichos elementos pueden trabajar sobre una sola banda ancha, una banda angosta o tres bandas angostas. El sustrato usado es RO4003C con una constante dieléctrica de 3.38, la altura del sustrato es 0.58mm, la simulación es trabajada en el software HFSS v10. Esta antena trabaja desde los 3GHz hasta los 11GHz con rechazo de bandas de manera configurable. El patrón de radiación tiene dos lóbulos grandes, la conclusión más importante es que los elementos parasitarios atenúan las señales para las frecuencias calculadas en -10 db.

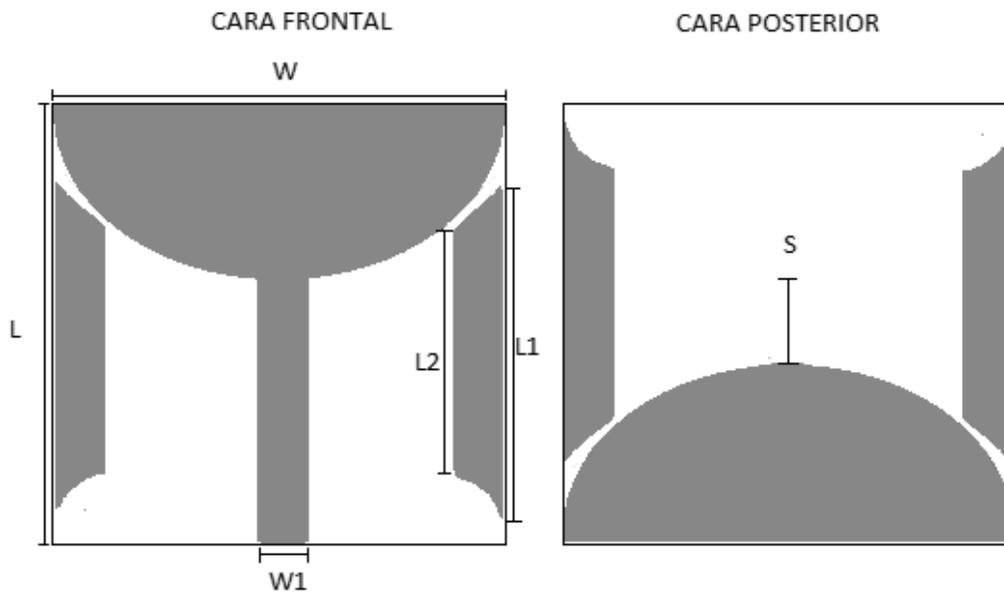


Figura 1 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB con rechazo de bandas mediante elementos parasitarios) (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009).

Tabla 1 S11 simulado del diseño de antena UWB propuesto.

Medida	valor(mm)
W	25

L	25.5
L1	20
L2	17
W1	1.18
S	0.5

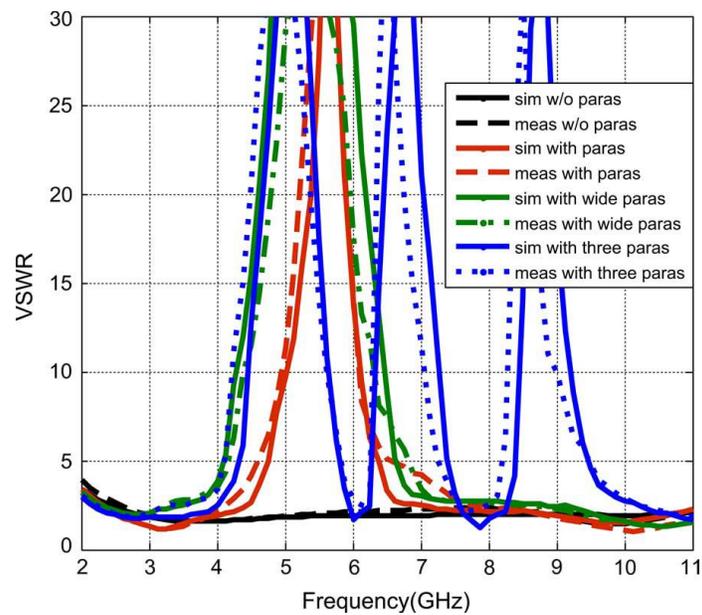


Figura 2 Curva de respuesta en Frecuencia versus VSWR relación de onda estacionaria para (Diseño de antena UWB con rechazo de bandas mediante elementos parasitarios) (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009)

1.2.2 Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda.

(Amin M Abbosh, 2007) La frecuencia de operación de este diseño va desde 3.1GHz hasta 10.6GHz. De la misma manera que en (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009) menciona la

importancia de rechazar las sub bandas ubicadas entre 4.9GHz y los 5.9GHz en los cuales trabaja IEEE802.1 en los estados unidos e HIPERLAN/2 en Europa. La impedancia de entrada es de 50Ω , el sustrato usado es el GML1032 con constante dieléctrica de 3.2 y grosor de 1,52mm, el tamaño de la antena es de 27x27mm, las simulaciones fueron hechas con el software HFSS v10, los resultados son incluyen simulaciones y mediciones de la antena, el patrón de radiación tiende a ser omnidireccional, las pedidas por retorno varían entre los -10db y -16db, dichas perdidas cambian drásticamente cuando se agrega la ranura supresora de la banda 4.9GHz - 5.9GHz obteniendo una respuesta conforme a lo esperado, una perdida por retorno de -2db en esta banda.

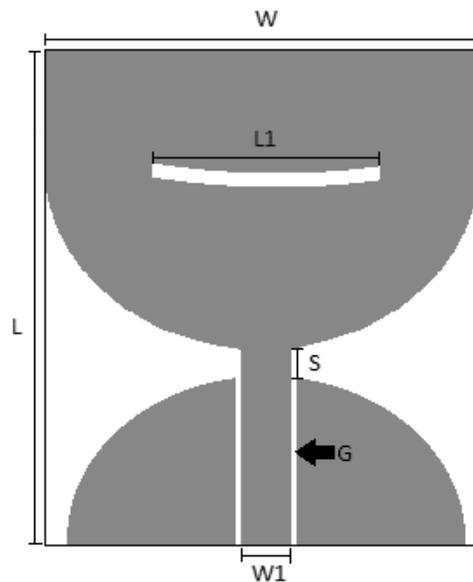


Figura 3 Vista frontal de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007)

Como el plano de tierra para este diseño esta sobre la cara frontal, la cara posterior es una lámina de cobre del mismo tamaño que el sustrato y no está incluido en la ilustración.

Tabla 2 dimensiones de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007)

Medida	valor(mm)
L	27
W	27
S	0.38
G	0.33
W1	1.20
L1	15.6

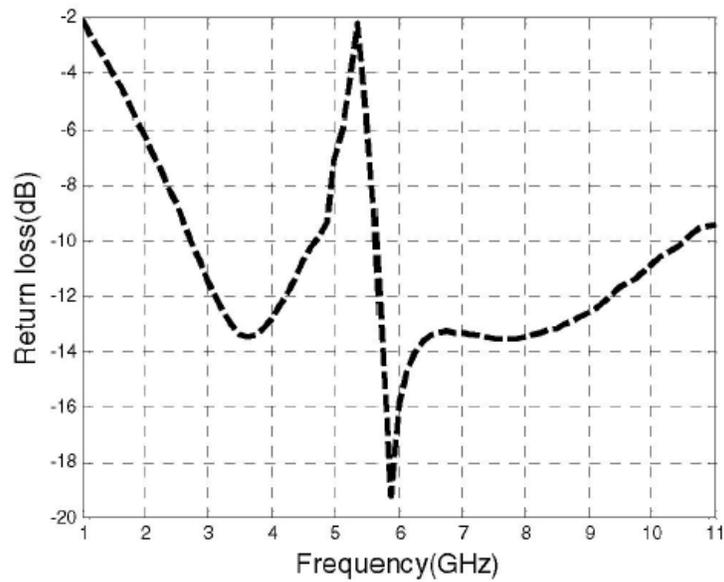


Tabla 3 S11 de (Método de diseño para antenas UWB planares con posibilidad de rechazo de sub-banda) (Amin M Abbosh, 2007)

1.2.3 Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos.

(Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007) Este diseño de antena UWB es para una aplicación diferente a las telecomunicaciones, nos habla del uso de esta tecnología en tomografía microondas para la detección de posibles quistes cancerígenos en el cuerpo humano, esta antena debe tener la particularidad de funcionar sobre una banda de frecuencias ultra ancha 1.8GHz hasta 12GHz con la máxima directividad posible, el diseño de la antena tiene forma cónica con ranura, igual que en (Amin M Abbosh, 2007) la altura del sustrato, depende de la menor frecuencia de trabajo. La impedancia de entrada es de 50Ω , el sustrato usado es Rogers RT6010LM con una constante dieléctrica de 10.2, las dimensiones de la antena son de 35x35mm, el conductor tiene un grosor de $17\mu\text{m}$ y la simulación es hecha mediante HFSS v10.

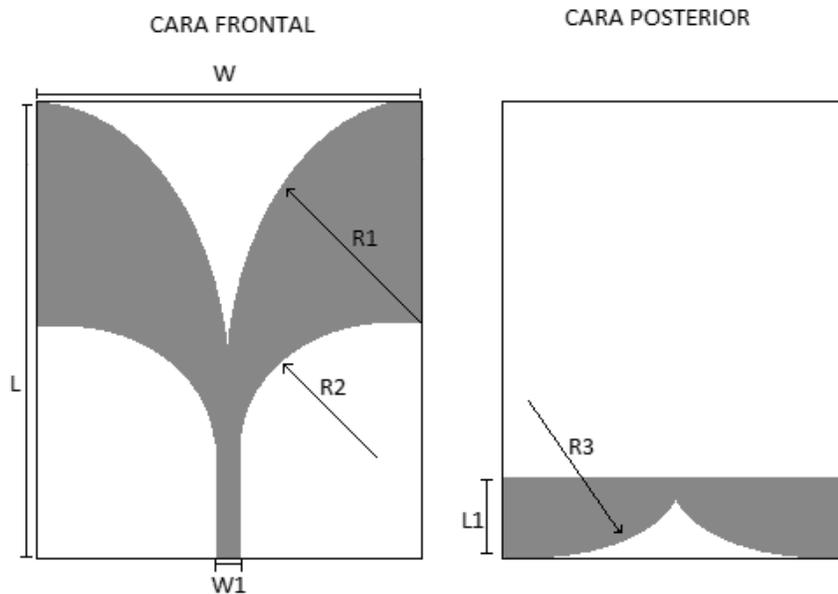


Figura 4 Vista frontal y trasera de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007).

Tabla 4 Dimensiones de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007)

Medida	Valor(mm)
--------	-----------

L	35
W	35
W1	1.20
R1	42
R2	15.2
R3	15.6
L1	14

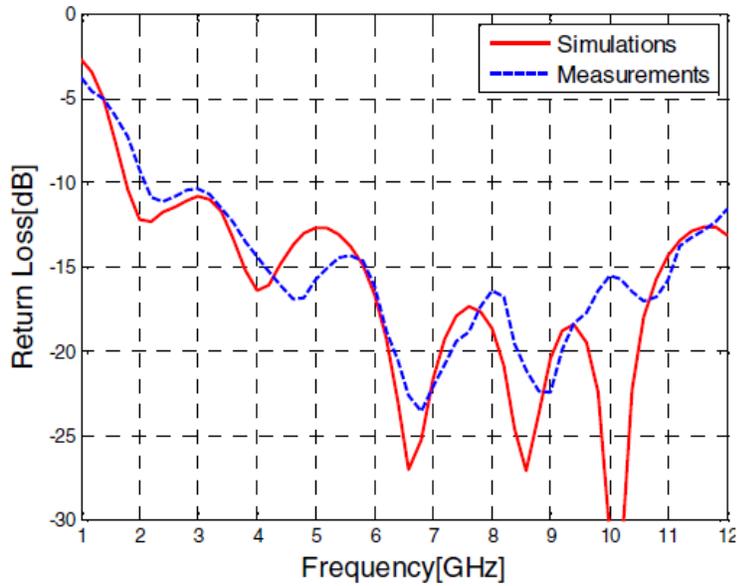


Figura 5 pérdidas por retorno (RL) de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007).

1.2.4 Diseño de una antena UWB para sistemas de tomografía microondas.

(Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007) Como alternativa a los rayos x se hacen investigaciones como la descrita a continuación o como en(Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007), aprovechando

las variaciones del campo eléctrico por efecto de acumulaciones de tejido, el diseño es un monopolo planar circular, para la aplicación definitiva se usa un arreglo de antenas de las mismas especificaciones, la información es adquirida y adecuada en un analizador microondas con interface a computador, la frecuencia de operación abarca desde los 3.1 hasta 10.6GHz, la impedancia de entada es de 50Ω , el sustrato utilizado es Rogers RT6010LM con una constante dieléctrica de 10.2 y un grosor de 0.64mm, la lámina de cobre tiene un espesor de $17\mu\text{m}$, el área es $28\times 28\text{mm}^2$, las perdidas por retorno de esta antena para el rango diseñada son de -5 hasta -20 dB.

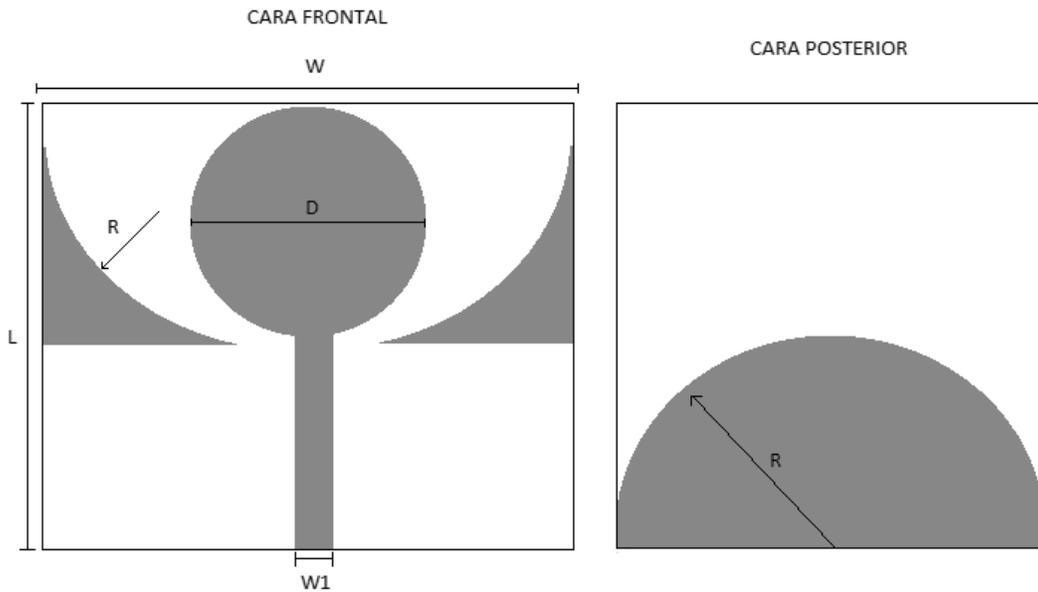


Figura 6 Vista frontal y trasera de (Diseño de una antena UWB para sistemas de tomografía microondas) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007).

Tabla 5 Dimensiones de (Diseño de una antena UWB planar de alta fidelidad para operación en medios altamente dieléctricos) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007)

Medida	valor (mm)
L	28

W	28
W1	1.17
R	14
D	14

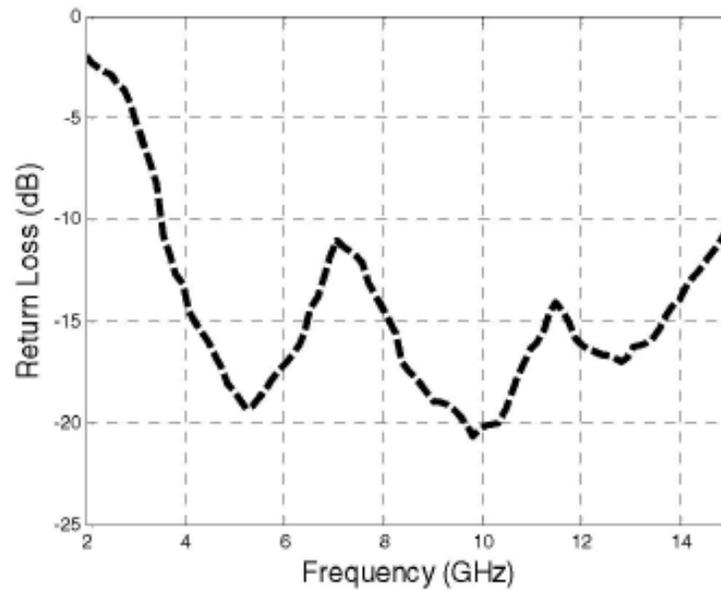


Figura 7 S11 de (Diseño de una antena UWB para sistemas de tomografía microondas) (Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007)

1.2.5 Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas.

(Barakat & El-Khamy, 2010) El artículo plantea al igual que (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009) y (A. M. Abbosh & Bialkowski, 2009) la necesidad de rechazar las señales entre los 5 y 6 GHz, así como por debajo de 3 GHz, el sustrato usado es Rogers RO3006 con una altura de 1.27mm y una permitividad relativa de ϵ_r 6.15, la de entrada impedancia es de 50Ω , las dimensiones del

substrato son 16x12mm, para conseguir el rechazo de banda es agregada una ranura en forma de u, la herramienta de simulación es HFSS y la de medición es la HP8719ES, las pérdidas por retorno se mantienen por debajo de -10 db desde los 3 hasta los 12GHz, el rechazo de la banda deseada es evidente llevando la señal hasta casi 0db cerca a los 5 GHz, los patrones de radiación presentan múltiples lóbulos uniformemente distribuidos.

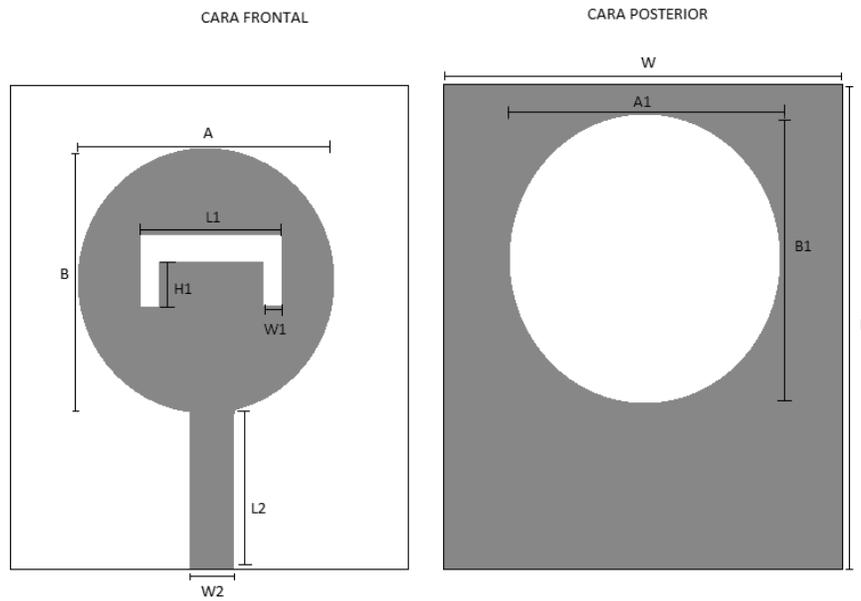


Figura 8 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010)(Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007)

Tabla 6 Dimensiones de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010)

Medida	valor (mm)
A	15
B	10.5
H1	1.9
L1	11.7

W1	1
W2	2
L2	13
L	50
W	50
A1	23
B1	24

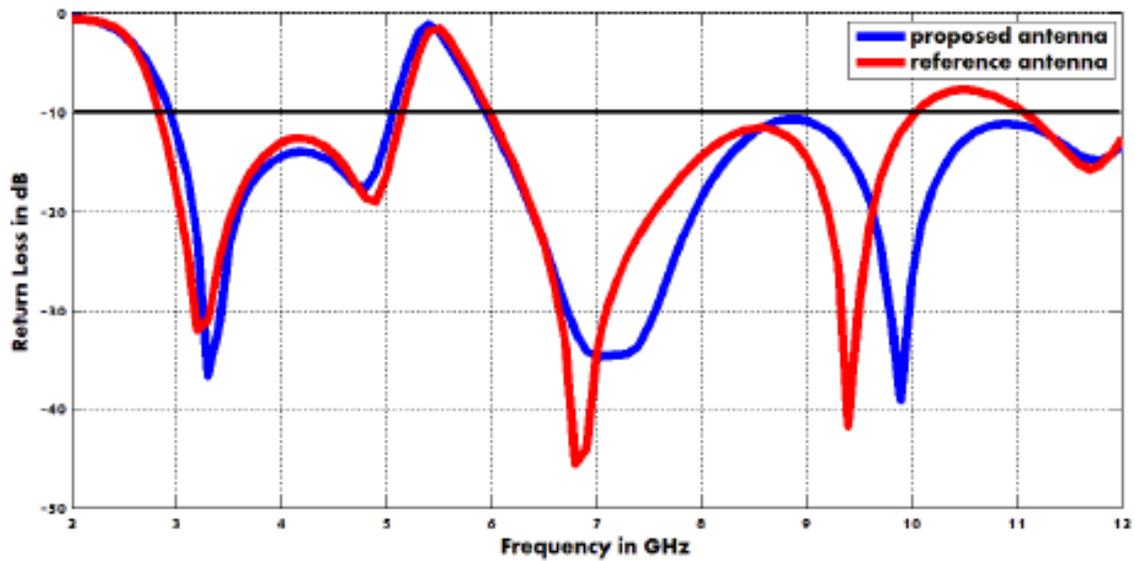


Figura 9 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con características de rechazo de sub bandas) (Barakat & El-Khamy, 2010)

1.2.6 Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia.

(Bialkowski & Abbosh, 2008) Este artículo presenta la construcción de una antena UWB para uso en telecomunicaciones en la banda de 3,1GHz hasta 10.6GHz, al igual que en (A. M. Abbosh &

Bialkowski, 2009; Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007; Amin M Abbosh & Bialkowski, 2007), este monopolo planar debe ser diseñado en una técnica la cual sea rechazada la banda 4,9-5.9GHz, para conseguir el efecto de rechazo de banda es usado un slot en forma de w dentro del radiador, la impedancia de entrada es de 50Ω , la simulación se hace en HFSS v10, el diseño destaca porque debajo de los 3GHz las emisiones son mínimas, el sustrato usado es Rogers RO4003C con constante dieléctrica 3.38, la altura del sustrato es 0.508mm. Para los resultados fueron diseñadas y fabricadas dos antenas, una sin el slot de rechazo de banda y otro con dicho slot, el cambio en la adaptación no es mucho, porque este artículo se enfoca en la eliminación de los armónicos generados.

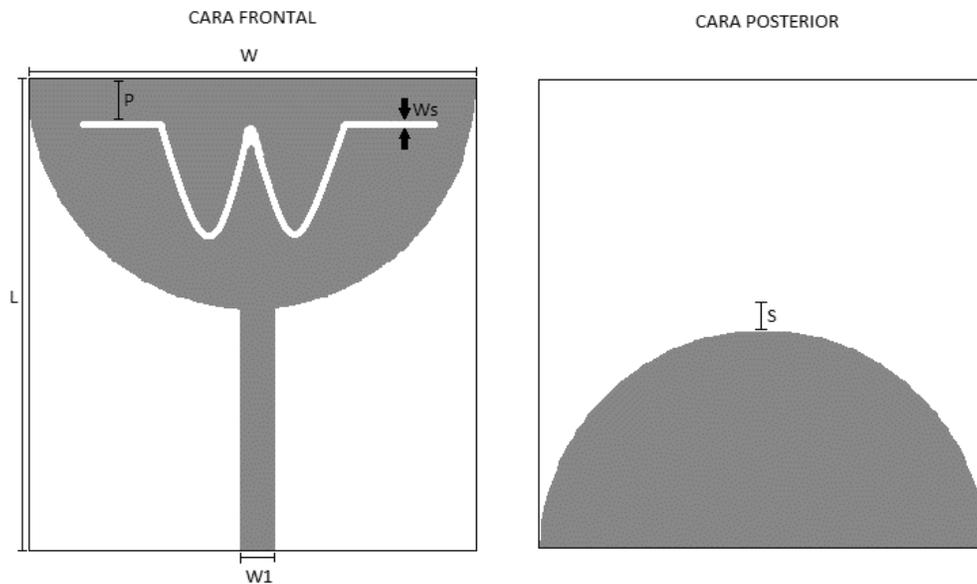


Figura 10 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008)

Tabla 7 Dimensiones de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008)

Medida	Valor(mm)
W	23

L	23.5
Ws	0.6
P	2
S	0.45
W1	1.18

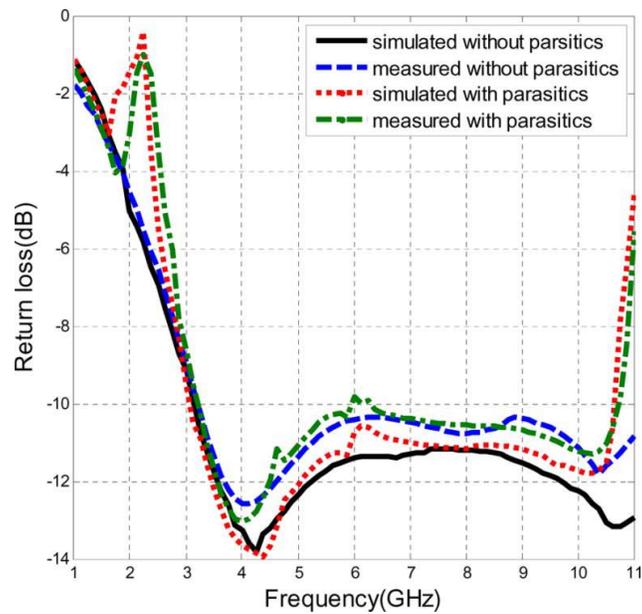


Figura 11 . S11 de (Diseño de antena UWB planar con rechazo de bandas de frecuencia) (Bialkowski & Abbosh, 2008).

1.2.7 Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta.

(Hayouni, Dakhli, Choubani, & Tan-Hoa Vuong, 2011) Este diseño de antena UWB está formado por un cuadrado con dos esquinas redondeadas, la antena es impresa en sustrato fr4 epoxi con permeabilidad de 4.4, la simulación es hecha mediante el software Ansoft HFSS, los resultados muestran un margen de operación desde los 3,55 hasta 11,7GHz con rechazo de banda desde

4,6GHz hasta 7,4 GHz. La aplicación de esta antena es en telecomunicaciones, las medidas del sustrato son de 35x30 mm, la antena es alimentada por una línea micro strip de 50Ω , la altura del sustrato es de 1,6mm, en este documento también están incluidos los resultados medidos de la antena mediante el analizador vectorial de campos electromagnéticos Agilent Performance Vector Network analyser (Anritsu 37369C) que trabaja entre 40MHz hasta 40GHz, en este diseño, el plano de tierra, cubre parcialmente la cara posterior de la antena, lo cual es poco usual en este tipo de implementaciones, para lo cual no son incluidos los patrones de radiación simulados.

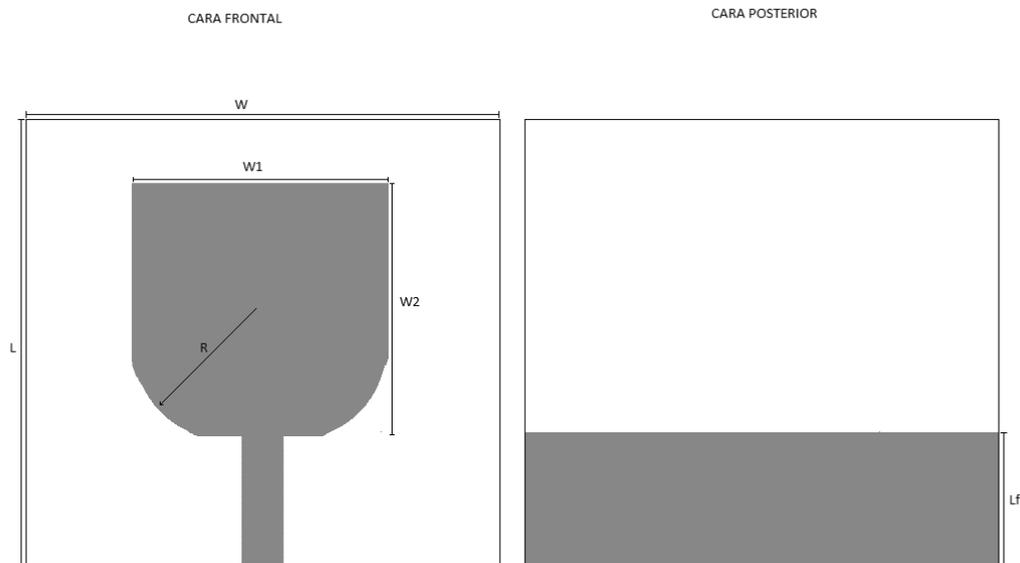


Figura 12 Vista frontal y trasera de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011)

Tabla 8 Dimensiones de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011)

Medida	Valor(mm)
W	30
L	35
W1	1.2

W2	1.4
R	3
LF	11.5

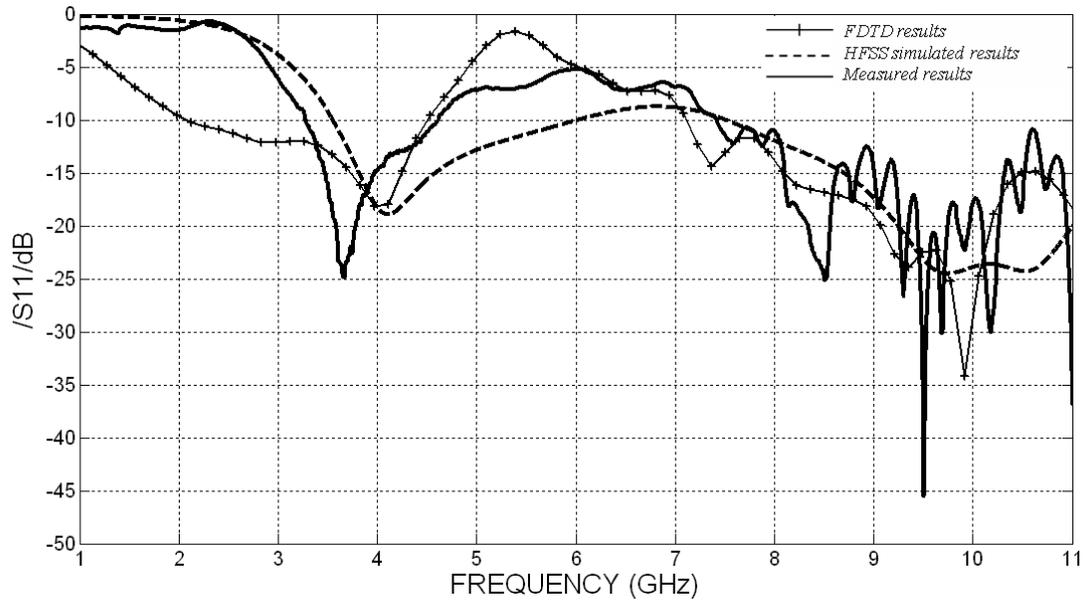


Figura 13 . S_{11} de (Análisis FDTD 3D de una antena UWB planar compacta) (Hayouni et al., 2011)

1.2.8 Antena planar UWB

(Hong-wei Deng, Jing Jiao, Xiao-xiang He, & Yong-jiu Zhao, 2008) En este documento es propuesta una antena UWB, dicha implementación es realizada mediante la impresión de un anillo radiador cuadrado con lo cual se consigue una respuesta adecuada ($s_{11}=-10\text{dB}$) entre 5,9GHz y 9,4GHz, el patrón de radiación es casi omnidireccional y semisintético, esta antena fue diseñada para ser usada en telecomunicaciones, el sustrato usado es fr4 epoxi con una altura de 1,5mm. Como conclusión del autor, la antena no cumple con los parámetros del estándar UWB (s_{11} entre

3,1GHz y10,6 GHz) y cabe destacar que los cambios geométricos son de manera brusca y en forma cuadrada.

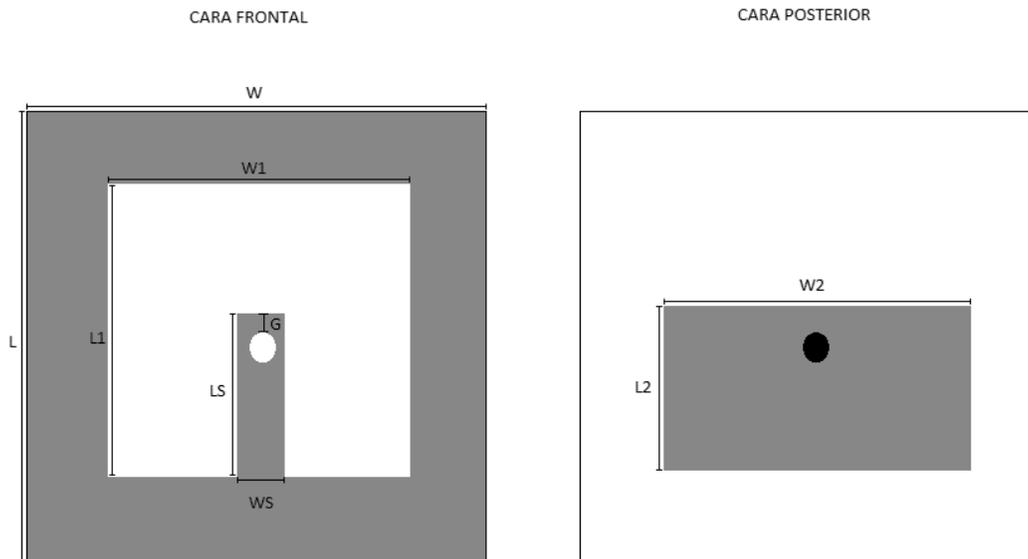


Figura 14 Vista frontal y trasera de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008)

Tabla 9 Dimensiones de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008)

Medida	Valor(mm)
W	19.2
L	19.2
LS	7.05
G	1.1
WS	2.1
L1	12

L2	6.6
W1	12
W2	11

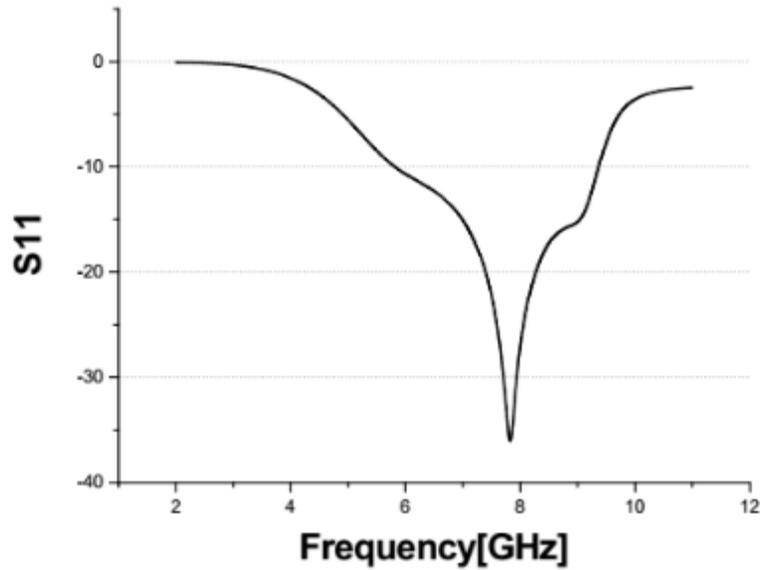


Figura 15 S11 de (Antena planar UWB) (Hong-wei Deng et al., 2008)

1.2.9 Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas.

(Jainal, Wakabayashi, Ayob, & Rahim, 2013) Este diseño de antena UWB es un típico Planar circular alimentado por cpw, pero destaca por una característica adicional, su slot inclinado en el elemento irradiador, esta antena es diseñada para trabajar en telecomunicaciones, puntualmente en WLAN (redes de área local inalámbricas), esta antena es elaborada en sustrato fr-4 con altura de

1,6mm, el elemento radiador y el plano de tierra están ubicados en la parte superior del sustrato, el slot inclinado dentro del el elemento radiador funciona como filtro para cumplir con los estándares de la FCC, la simulación es hecha mediante el software MWS (microwave transient solver analysis), la impedancia de entrada es 50Ω , las simulaciones son realizadas entre 3 GHz y 11GHz.

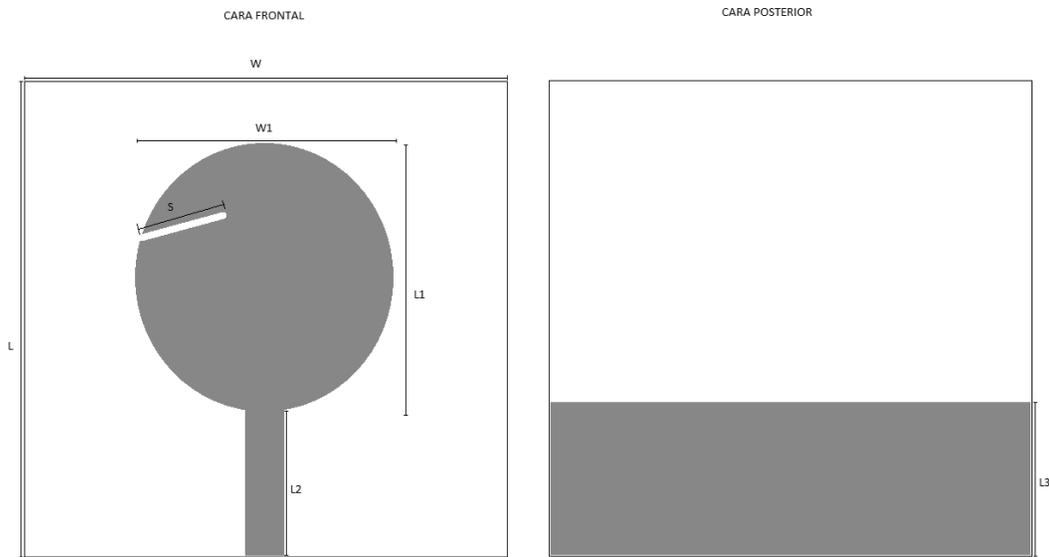


Figura 16 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013).

Tabla 10 Dimensiones de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013)

Medida	Valor(mm)
W	10.5
L	45
S	7.39

L1	8
W1	6.4
L2	3
L3	24

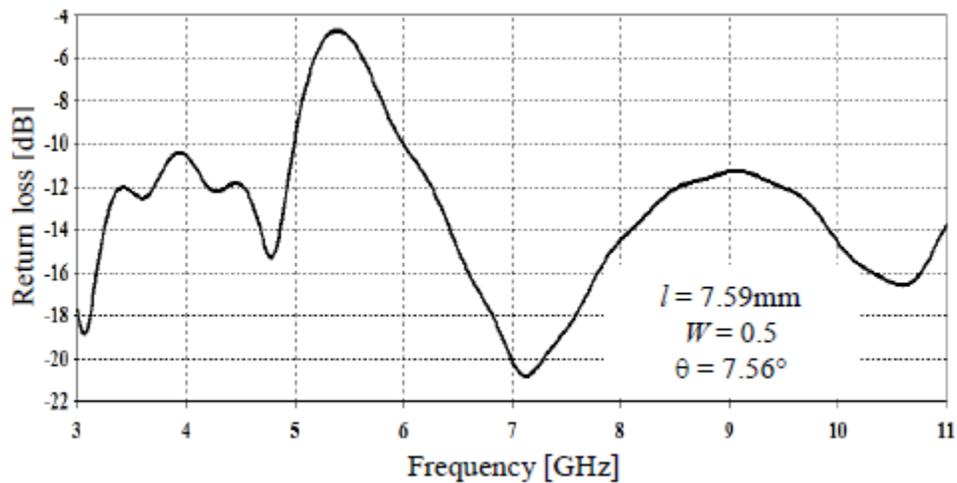


Figura 17 Vista frontal y trasera de (Antena UWB planar con ranura sencilla e irradiador elíptico incluyendo rechazo de sub bandas) (Jainal et al., 2013).

1.2.10 Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX.

(Liu Hao, Xu Ziqiang, & Wu Bo, 2013) Este artículo describe el diseño de una antena UWB, destacando dos mecanismos para el rechazo de las bandas en las cuales trabaja WLAN Y WiMAX frecuencias cercanas a 3,5Ghz y 5,5 GHz, para conseguir esto se usa un slot en el parche irradiante en forma de letra U y otro con forma cuadrada en el plano de tierra, esta antena es compatible con tecnologías planares, el sustrato usado es de tipo epoxico FR4 a un grosor de 1,5mm, con una

constante de permitividad 4.4, el área total de la antena es de $25 \times 30 \text{ mm}^2$, lo particular con este tipo de implementación para evitar interferencias con otros estándares es que no afecta considerablemente la respuesta sobre la banda UWB.

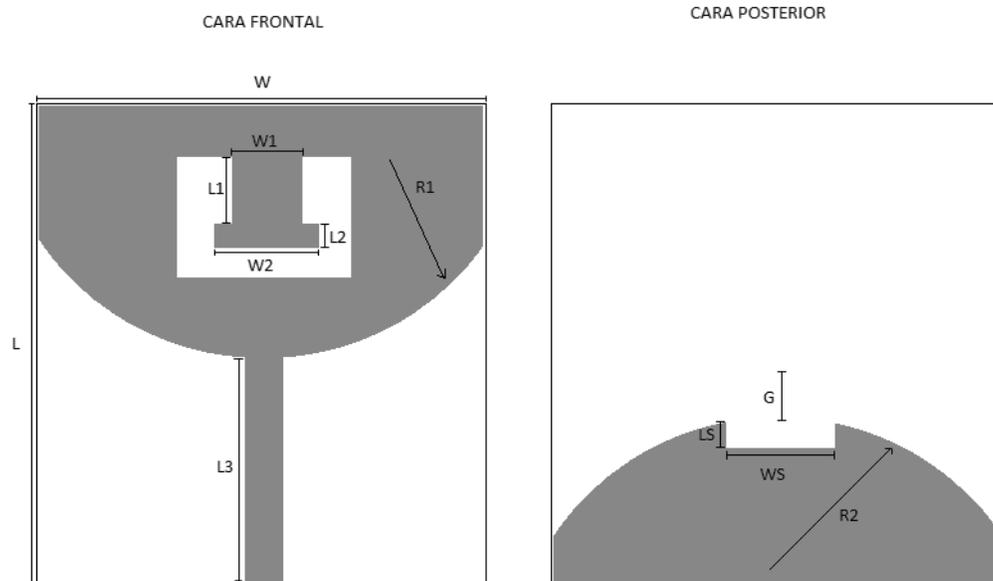


Figura 18 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013).

Tabla 11 Dimensiones de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013)

Medida	Valor(mm)
W	25
L	30
W1	4
L1	6
W2	8
L2	1.6

L3	10.5
G	2.7
LS	3
WS	4
R1	15.06
R2	16.3

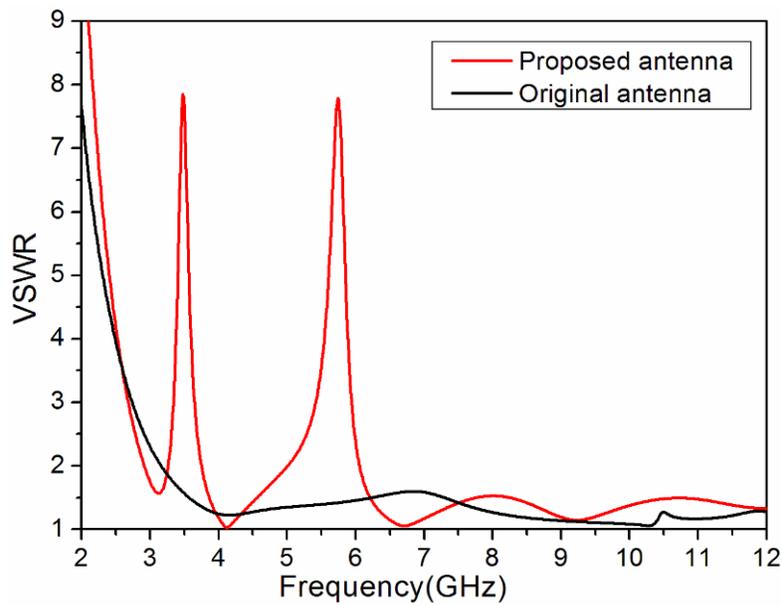


Figura 19 relación de onda es estacionaria VSWR de (Diseño de antena UWB planar con doble rechazo de bandas en WLAN y WiMAX) (Liu Hao et al., 2013)

1.2.11 Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID.

(Lu & Wang, 2013) El diseño de esta antena describe el uso de las tecnologías planares con polarización circular adicionando un slot cuadrado, para la cual puede ser usada en tecnologías

UHF RFID siendo simulada y construida. Esta antena es importante en la investigación a pesar de que trabaja otro estándar de comunicaciones, puesto que funciona con tecnologías planares. La banda de operación es 860Mhz hasta 960Mhz el sustrato usado es FR4 con un grosor de 0.8 mm, el área de la antena es $126 \times 121 \text{ mm}^2$, el documento propone 3 diseños de antenas similares cambiando la forma del slot y el diámetro del anillo, este artículo comparte con los diseños de antenas UWB la manera de calcular la cavidad resonante, pero se obtienen medidas superiores por la diferencia de frecuencia, las antenas son simuladas con el software HFSS y medidas con el equipo Agilent N5230A.

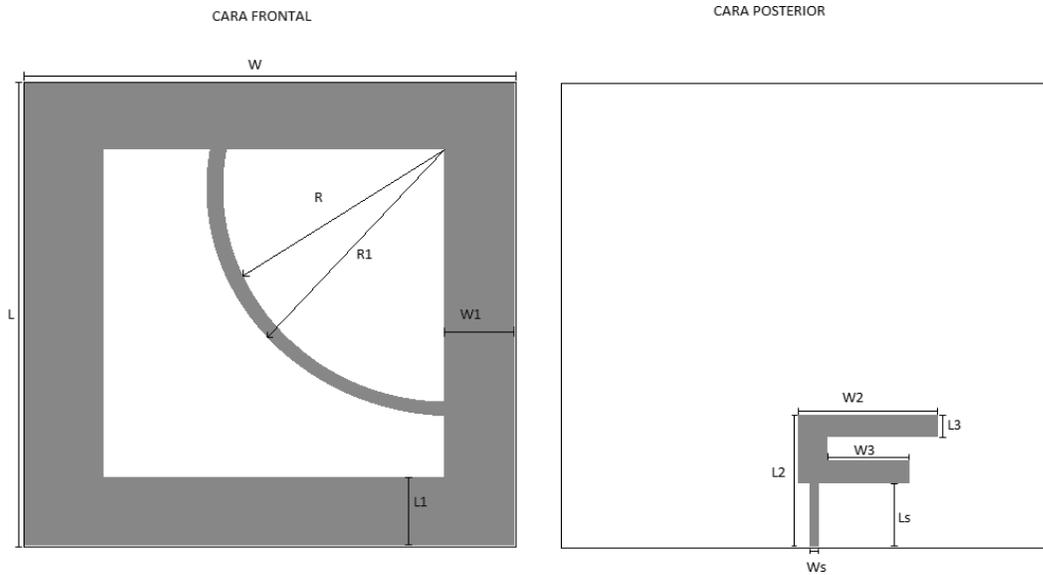


Figura 20 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013).

Tabla 12 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013)

Medida	Valor(mm)
W	121

L	126
L1	20
W1	15
R	66
R1	71
WS	1.48
LS	20
L2	47.5
W3	38
L3	27.5
W2	38

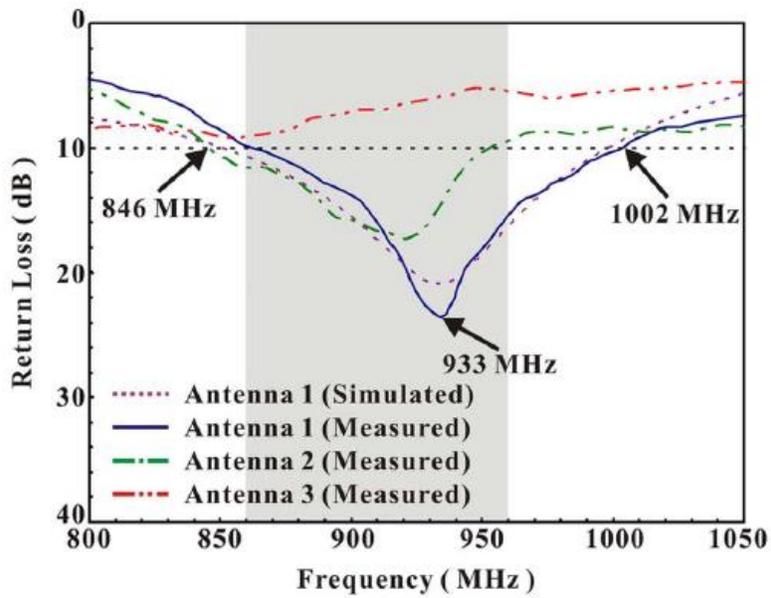


Figura 21 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha polarizada circularmente con slot cuadrado para lector UHF RFID) (Lu & Wang, 2013)

1.2.12 Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ.

(Peyrot-Solis, Galvan-Tejada, & Jardon-Aguilar, 2006) Este documento describe el diseño y la construcción de una antena con un ancho de banda muy grande desde los 5 GHz hasta los 20GHz, las otras características del diseño es su alta directividad y su simplicidad, esta antena es compatible con tecnologías planares pero no adheridas al sustrato, puesto que su separación con el plano tierra en vez ser a través de un sustrato, se hace formando un ángulo, este ángulo es responsable de la alta directividad de la antena, el área de la antena es $150 \times 150 \text{mm}^2$, el ancho es de 60mm, la altura de 22mm, el ángulo que separa el elemento radiador de tierra es de 45° , la impedancia de entrada de la antena es de 50Ω y fue simulada por el software CST Microwave Studio software.

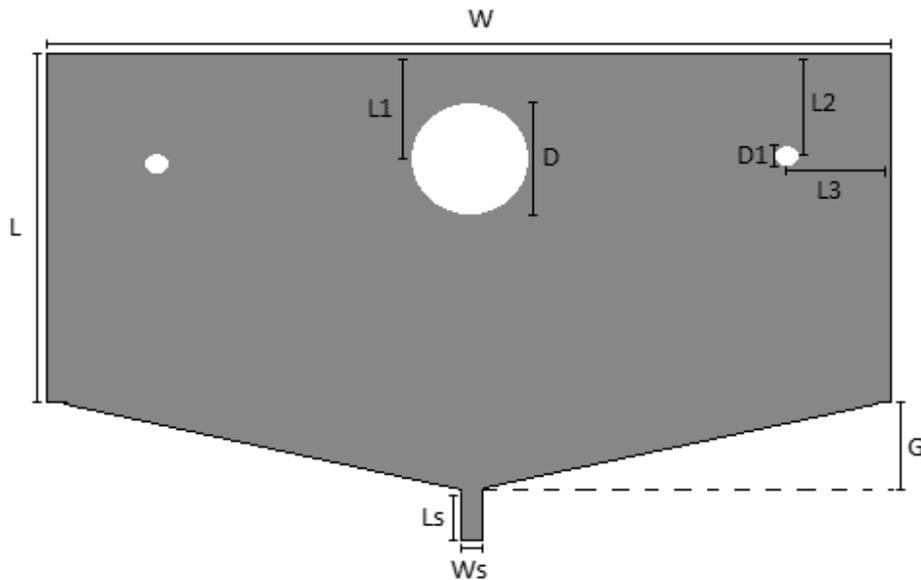


Figura 22 Vista frontal y trasera de (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006)

Tabla 13 Dimensiones de (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006)

Medida	Valor(mm)
W	60
L	22
L1	6.7
L2	10
L3	10
D	10
D1	4
LS	1
WS	3
G	16

Figura 23 .S11 (Antena planar UWB direccional para operación entre 5GHz y20 GHZ) (Peyrot-Solis et al., 2006)

1.2.13 Diseño de guía de onda impresa sobre dieléctrico para antena de banda ancha en aplicaciones de alta ganancia.

(prasad & Biswas, 2016) Este diseño de antena también tiene un ancho de banda amplio pero no es el mismo que define la FCC como UWB, esta antena está diseñada para trabajar en una banda de frecuencia conocida como la Ku-band, que abarca desde los 12Ghz hasta los 18Ghz, trabaja la

tecnología SIW o línea de onda adherida al sustrato por sus siglas en inglés, toda la siw es construida en un mismo material como en otros diseños similares, la antena es simulada mediante el software HFSS, el prototipo final es construido y fabricado, el sustrato usado es el RT/duroid 6006, el cual tiene una constante dieléctrica de 6,45 con un grosor de 1,5mm, esto tiene una limitación comercial puesto que entre mayor sea el grosor mejor ancho de banda se obtiene y la alimentación se hace a través de un conector coaxial.

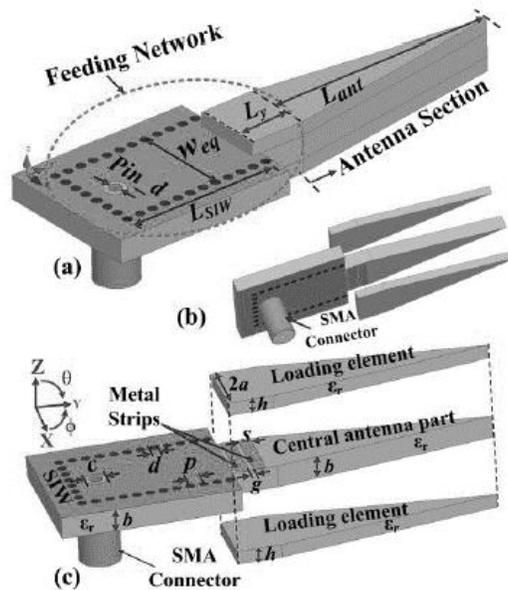


Figura 24 Diagrama de construcción de (Diseño de guía de onda impresa sobre dieléctrico para antena de banda ancha en aplicaciones de alta ganancia) (prasad & Biswas, 2016)

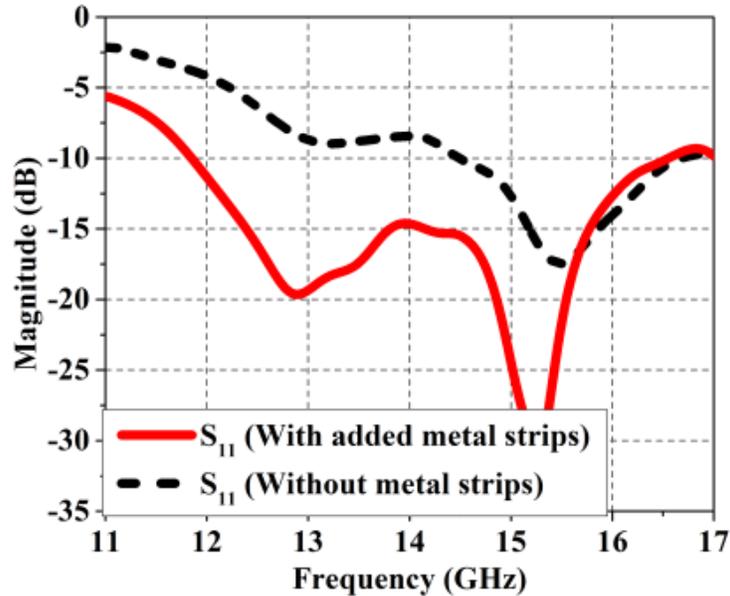


Figura 25 S11 (Diseño de guía de onda impresa sobre dieléctrico para antena de banda ancha en aplicaciones de alta ganancia) (prasad & Biswas, 2016)

1.2.14 Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB.

(Tammam et al., 2012) Este diseño de antena que cumple con las regulaciones de la FCC para el estándar UWB que trabaja en la banda 3,1 hasta los 10.6GHz, destaca por su tamaño extra reducido 12x18mm, el elemento radiador tiene forma de letra U y cuenta con dos ranuras rectangulares para rechazar las bandas que no pertenecen al estándar como las trabajadas en WLAN, el elemento de tierra tiene forma cuadrada y también tiene dos ranuras circulares para el mismo fin, la impedancia de la antena es de 50Ω , es fabricada en sustrato fr4 con constante dieléctrica de 4.25 y un grosor de 1.6mm, el grosor de la capa de metal es $18\mu\text{m}$ y es simulada en HFSS.

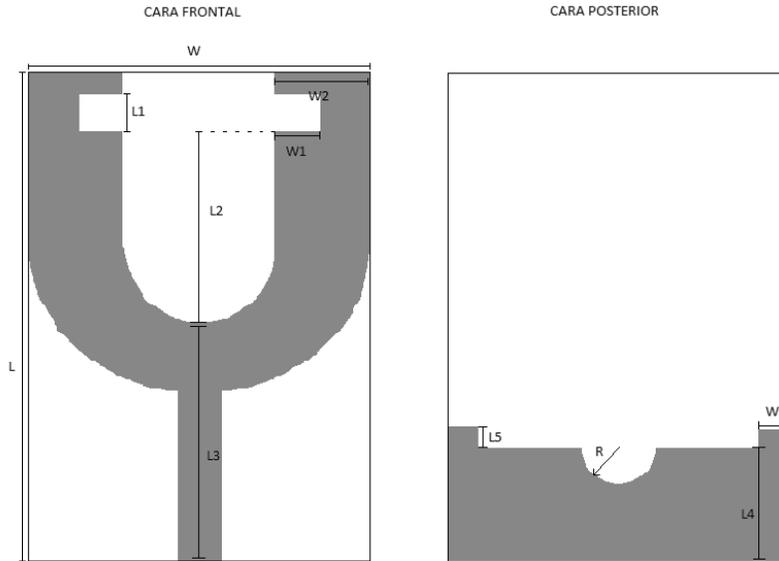


Figura 26 Vista frontal y trasera de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012)

Tabla 14 Dimensiones de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012)

Medida	Valor(mm)
W	12
L	18
L1	0.5
L2	3.5
L3	11.5
L4	5.5
L5	0.5
W1	2
W2	3
W3	1

R | 3

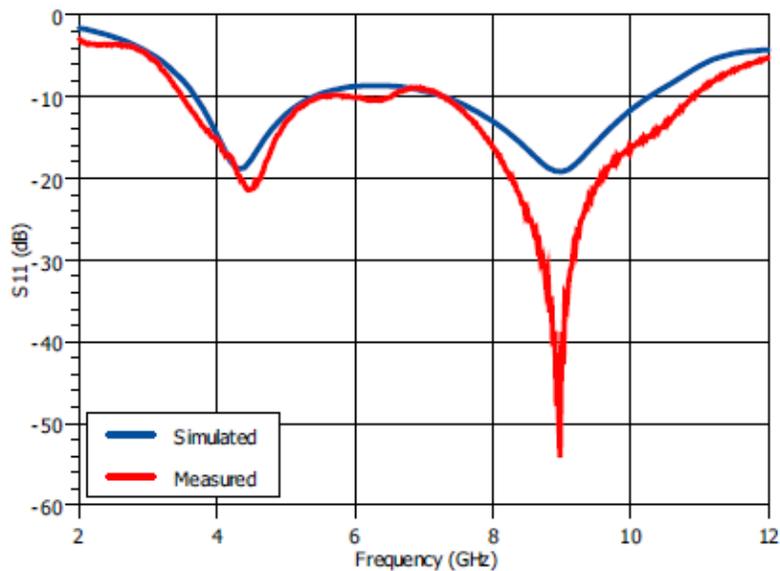


Figura 27 S11 de (Diseño y análisis de una antena compacta para aplicaciones en UWB) (Tammam et al., 2012)

1.2.15 Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB.

(Tan, Wang, Wang, Huang, & Liang, 2014) Este artículo describe el diseño y fabricación de una antena CPW (con guía de onda Planar) para ser trabajada en UWB, esta antena tiene la particularidad de tener el plano de tierra en la misma cara que el irradiador, dicho plano de tierra está dividido en dos secciones de extremo abierto en forma de letra L, la antena está diseñada para trabajar en la banda de frecuencias desde los 3.1GHz hasta los 10.6GHz de acuerdo con las regulaciones de la FCC, el sustrato usado en FR4 con una permitividad relativa de 4.6, su impedancia es de 50Ω , su tamaño es de 26X20mm, desafortunadamente la respuesta simulada

varía mucho a la medida, eso por la diferencia entre constantes dieléctricas del material en el software y el usado para la antena física, para la simulación es usado HFSS y para la medición es usado el analizador vectorial de redes Agilent (E8361A)

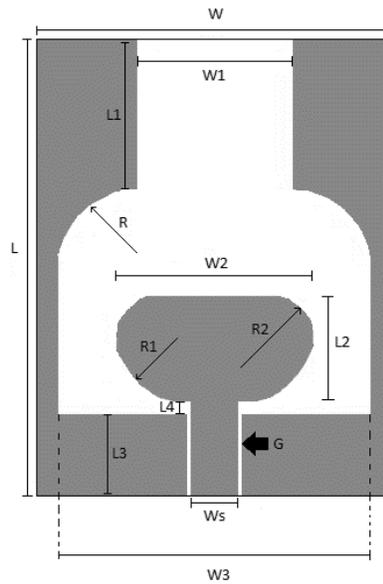


Figura 28 Vista frontal y trasera de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014)

Tabla 15 Dimensiones de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014)

Medida	Valor(mm)
W	20
L	26
W1	4.5
W2	11
W3	18
WS	2.2

L1	8.5
L2	6
L3	4.5
L4	0.8
R	4.5
R1	4
R2	2.1

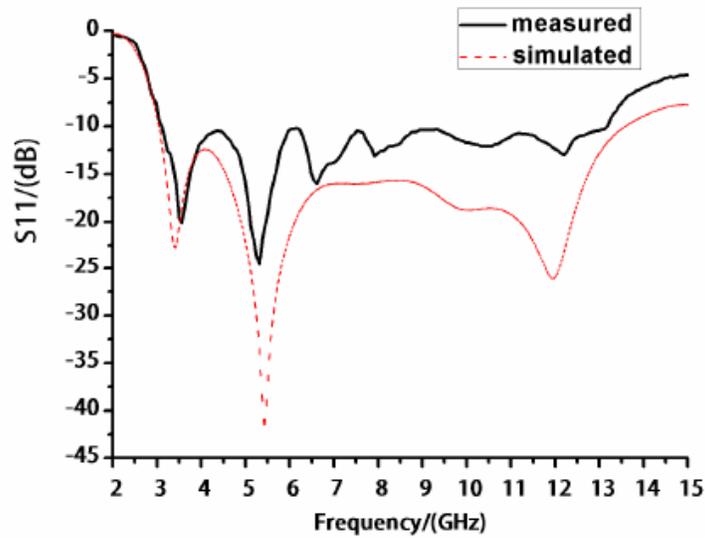


Figura 29 S11 de (Antena alimentada con guía de onda coplanar con plano de tierra en forma de letra L para aplicaciones en UWB) (Tan et al., 2014)

1.2.16 Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB.

(Vendik, Rusakov, Kanjanasit, Hong, & Filonov, 2017) Este artículo describe el diseño y construcción de antena monopolo Planar en forma circular alimentado por CPW, con plano de

tierra sobre la misma cara del elemento radiador destaca por que fue pensado para trabajar con las características de ancho de banda que la FCC exige, el método para conseguir dicho ancho de banda es el uso de múltiples anillos resonadores (ERR) por sus siglas en inglés, estos anillos están ubicados en la parte posterior de la antena, el rechazo de las bandas que no pertenecen al estándar UWB es controlado por las dimensiones de los ERR's, la antena funciona entre los 2.5Ghz hasta los 12Ghz, con bandas rechazadas en 3.3 a 3.6Ghz y 5.15 hasta 5.35Ghz, el sustrato usado es el Rogers RO3003 con un constante dieléctrica de 3 el grosor del sustrato es de 1.52mm, la antena tiene un área total de $50 \times 50 \text{mm}^2$ y la impedancia de la CPW es de 50Ω .

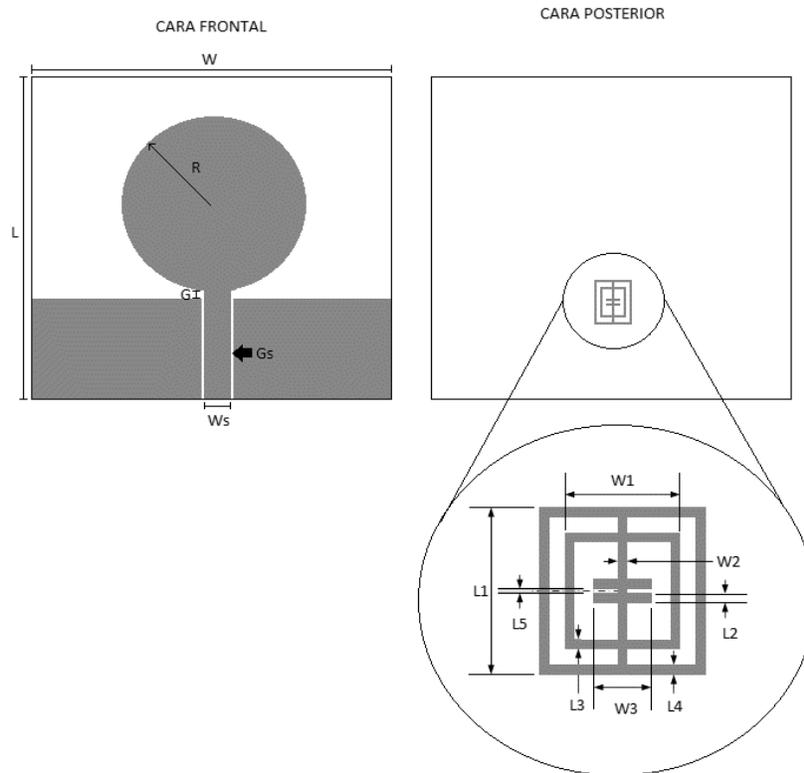


Figura 30 Vista frontal y trasera de (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017)

Tabla 16 Dimensiones de (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017)

Medida	Valor(mm)
--------	-----------

W	50
L	50
R	12.5
G	3
GS	0.2
WS	4
L1	8.7
L2	0.5
L3	0.5
L4	0.5
L5	0.5
W1	7
W2	0.3
W3	2

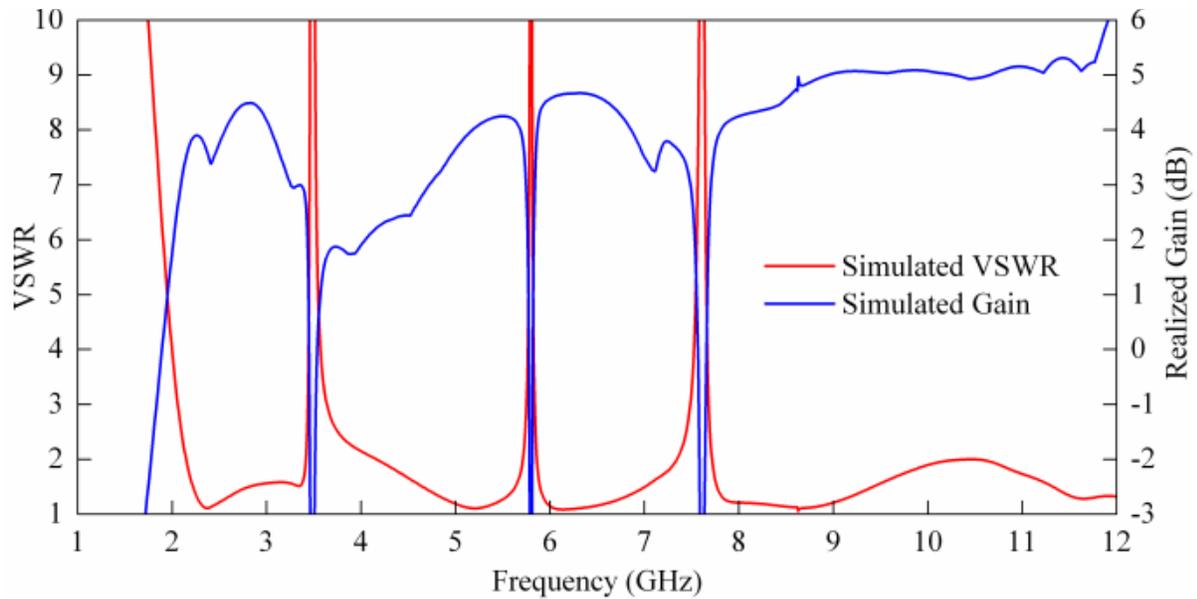


Figura 31 relación de onda estacionaria y ganancia para (Antena planar con rechazo de banda sencilla, doble o triple basada en anillo eléctrico resonador para aplicaciones en UWB) (Vendik et al., 2017)

1.2.17 Diseño de antena planar con carga capacitiva para aplicaciones en UWB.

(Wang & Du, 2015) Esta antena de banda ancha consiste en un arreglo de múltiples planos conductores dispuestos perpendicularmente al plano de tierra, está diseñada para comunicaciones militares sobre barcos y automotores, la antena está diseñada para trabajar entre los 500Mhz y los 3 Ghz, es compatible con tecnologías planares puesto que el elemento radiador está impreso sobre el sustrato, pero es poco usual su plano de tierra, el sustrato usado es FR4 con una constante dieléctrica de 4.4 grosor de 1mm y dimensiones $33.6 \times 30 \text{mm}^2$, otro aspecto poco común son sus múltiples conductores separados.

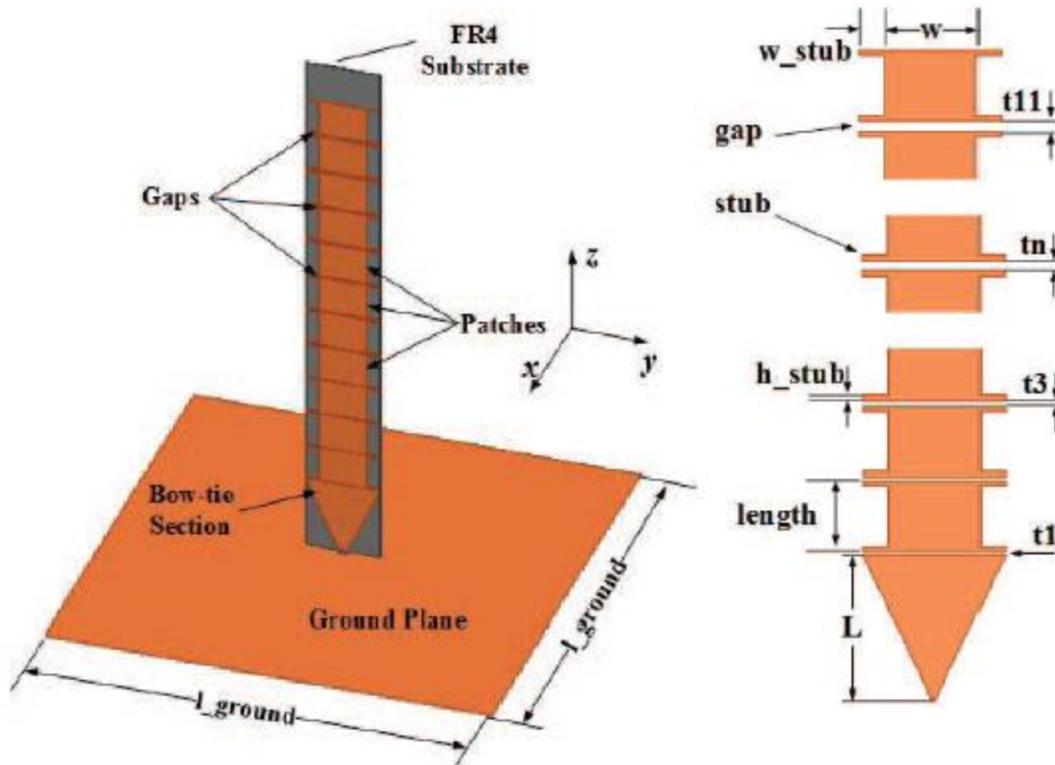


Figura 32 Vista 3D de (Diseño de antena planar con carga capacitiva para aplicaciones en UWB) (Wang & Du, 2015)

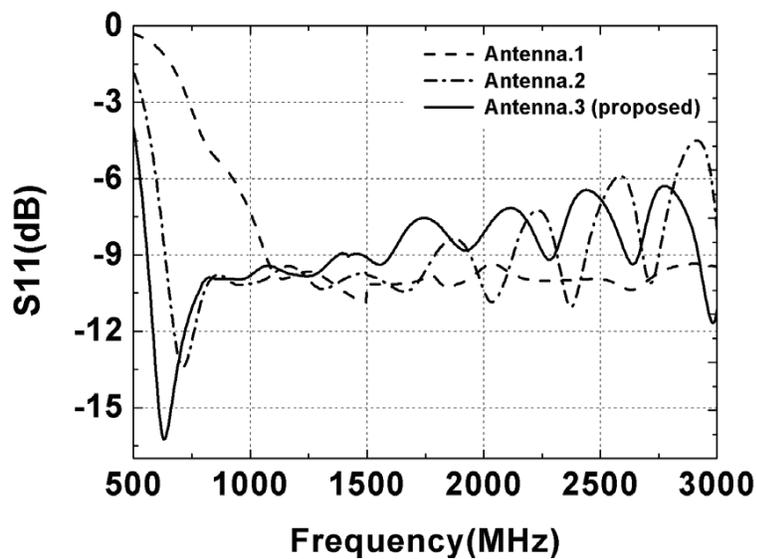


Figura 33 S11de (Diseño de antena planar con carga capacitiva para aplicaciones en UWB) (Wang & Du, 2015)

1.2.18 Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños.

(Wu & Gui, 2016) Este referente nos habla acerca del diseño y fabricación de una antena de banda ancha para aplicación en comunicaciones móviles, consiste en un elemento radiador con forma de letra f invertida otro elemento parasitario para el rechazo de banda y un plano de tierra, todo es dispuesto sobre la misma cara del sustrato, la antena es diseñada para trabajar las bandas 880 hasta 960Mhz, 1710 hasta 1880Mhz, 1850 hasta 1990Mhz, y otra banda 1920 hasta 2170Mhz, esta antena es compatible con tecnologías planares, la antena es impresa sobre un sustrato FR4 y es alimentada por un mini cable coaxial de 50Ω , dice que se usa el grosor de sustrato común de circuito de placa impreso, pero no indica puntualmente cual es, las dimensiones de la antena son $59 \times 10 \text{ mm}^2$, medidas prácticas para incorporarla a un smartphone comenta el autor, la simulación es hecha con HFSS y la medición con el analizador vectorial Agilent E50

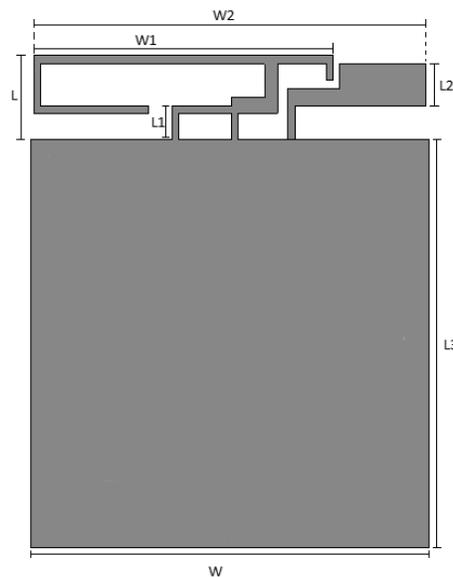


Figura 34 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016)

Tabla 17 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016)

Medida	Valor(mm)
W	60
L	10
W1	45
W2	59
L1	4
L2	5
L3	100

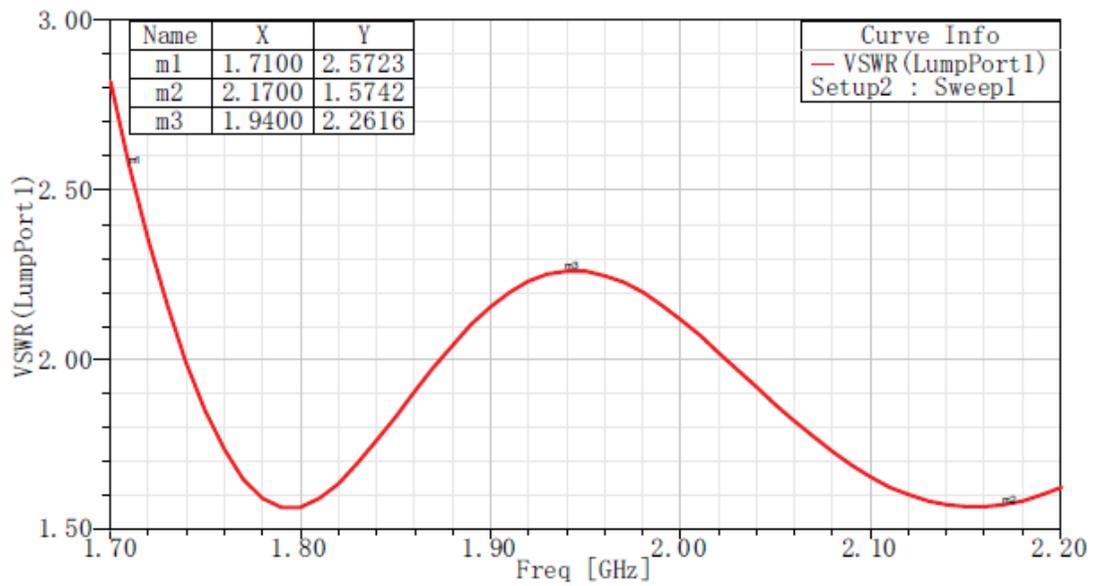


Figura 35 relación de onda estacionaria para (Antena planar de banda ancha de bajo perfil para aplicaciones en dispositivos inalámbricos extra pequeños) (Wu & Gui, 2016)

1.2.19 Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB.

(Xiaoyang, Long, Ming-Yang, Qiang-Qiang, & Qing-Ling, 2016) Esta antena destaca por sus excepcionales resultados dentro de los referentes de este trabajo, es una antena UWB e implementa una tecnología nombrada (CSRR) anillo resonador complementario para rechazo de bandas, es un monopolo planar con plano de tierra y elemento radiador semi-curvedo, otra característica importante es su disminuido tamaño, es simulada mediante el software HFSS entre los 2GHz y los 16GHz, las bandas rechazadas son cercanas a 3.55GHz, 5GHz y 5.5GHz, esta antena es fabricada con el sustrato RO4350 que tiene una constante dieléctrica de 3.66 a un espesor de 1.5mm, sus dimensiones son $18 \times 21 \text{ mm}^2$ y es alimentada por una guía coplanar de 50Ω .

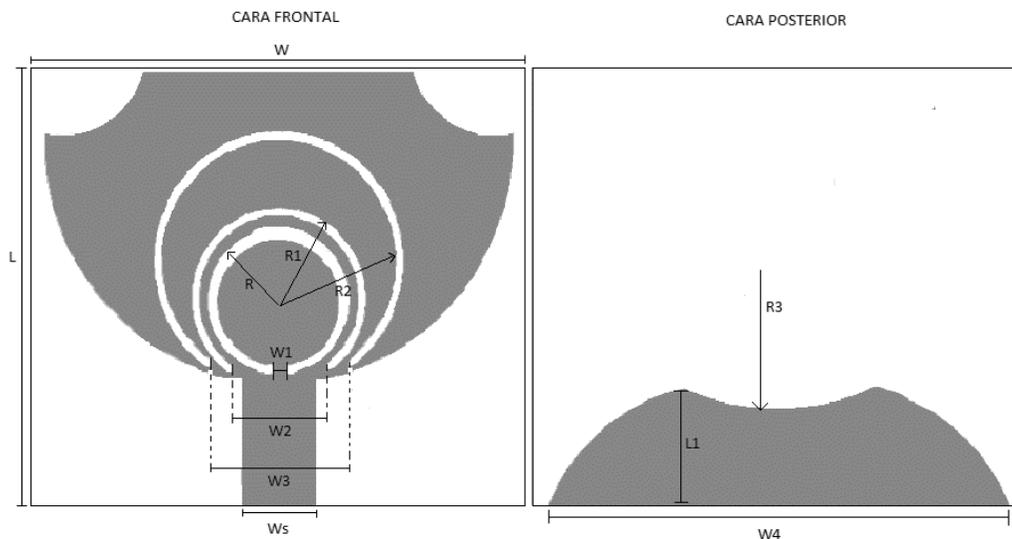


Figura 36 Vista frontal y trasera de (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB) (Xiaoyang et al., 2016)

Tabla 18 Dimensiones de (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB)
(Xiaoyang et al., 2016)

Medida	Valor(mm)
W	21
L	18
W1	0.4
W2	4.2
W3	6
W4	19.7
L1	4.8
R	3
R1	3.7
R2	5.3
R3	10.6
WS	3.2

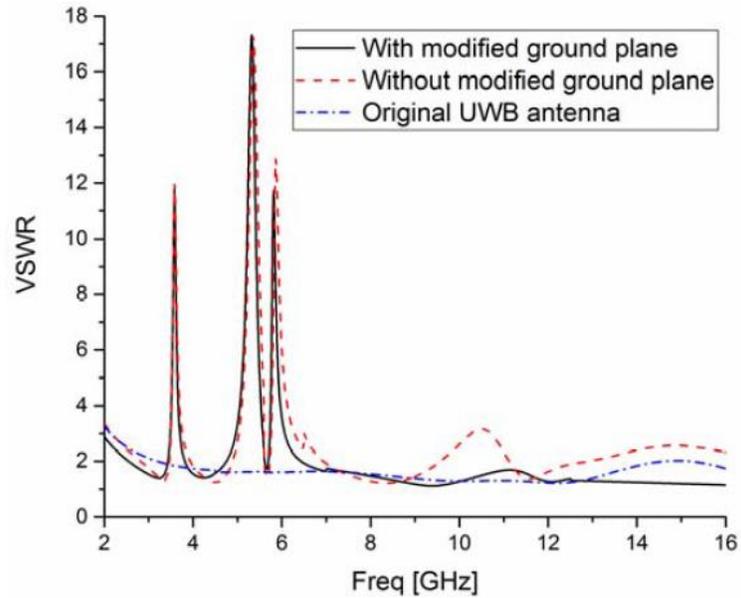


Figura 37 Relación de onda estacionaria para (Antena monopolo con rechazo de banda triple basada en modificaciones de CSRR para UWB) (Xiaoyang et al., 2016)

1.2.20 Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB.

(Chih-Chiang Chen, Yu-Rung Wu, Yu-Wen Peng, & Sim, 2015) Este documento presenta un diseño de antena UWB alimentado por guía de onda coplanar caracterizado por plano de tierra en forma de letra L y elemento radiador en forma de letra U, el diseño es compacto, sus dimensiones son de $26 \times 20 \times 0.6 \text{ mm}^2$, es fabricada con sustrato FR4 con permitividad relativa de 4.4 y la simulación es realizada mediante HFSS, con resultados adecuados al estándar UWB.

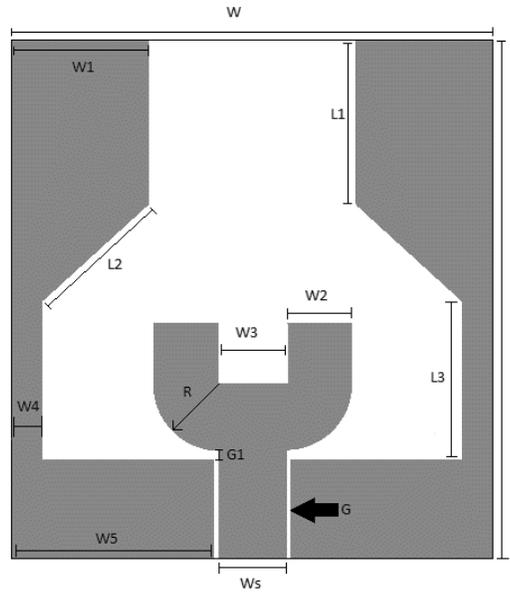


Figura 38 Vista frontal (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015)

Como el plano de tierra para este diseño esta sobre la cara frontal, la cara posterior es una lámina de cobre del mismo tamaño que el sustrato y no está incluido en la ilustración.

Tabla 19 Dimensiones de (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015)

Medida	Valor(mm)
W	20
L	26
W1	5.5
W2	3.1
W3	4
W4	1

W5	8.6
WS	2.8
R	4
L1	8.5
L2	6.4
L3	8.5
G	0.3
G1	0.8

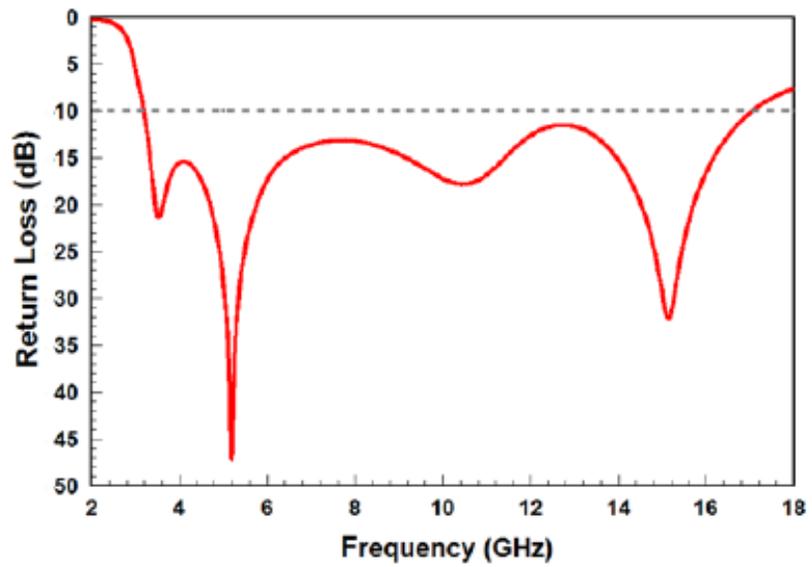


Figura 39 Perdidas por retorno de (Antena pequeña alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Chih-Chiang Chen et al., 2015).

1.2.21 Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB.

En (Guo, Zhang, Ong, & Chia, n.d.) se trabaja un dipolo planar para aplicaciones de UWB el sustrato usado es RO4003 con una constante dieléctrica de 3.38 y un grosor de 8.8mm, la alimentación se hace a través de microcinta para una impedancia de entrada de 50Ω , la antena tiene un área de $62 \times 16\text{mm}^2$ esta antena no tiene rechazo de ninguna banda, trabaja adecuadamente desde los 2.8GHz hasta los 11.2GHz, los patrones de radiación tienen buena omnidireccionalidad. Aunque la forma en que son presentados los resultados como el S11 o los patrones de radiación es bastante clara, el diagrama de diseño de la antena no lo es, puesto que le hacen falta algunas dimensiones.

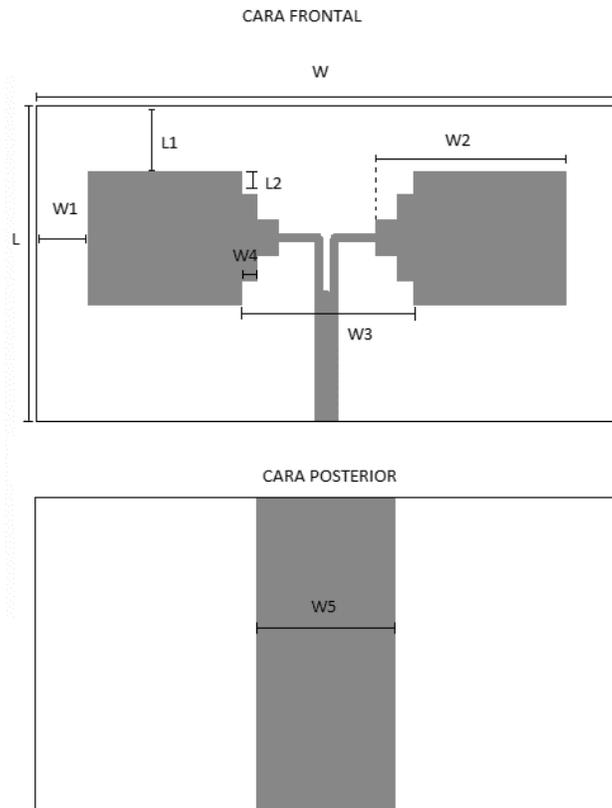


Figura 40 Vista frontal y trasera de (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.)

Tabla 20 Dimensiones de (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.)

Medida	Valor(mm)
W	62
L	16
W1	10
W2	14.5
W3	12
W4	1.5
W5	12
L1	12
L2	1.5

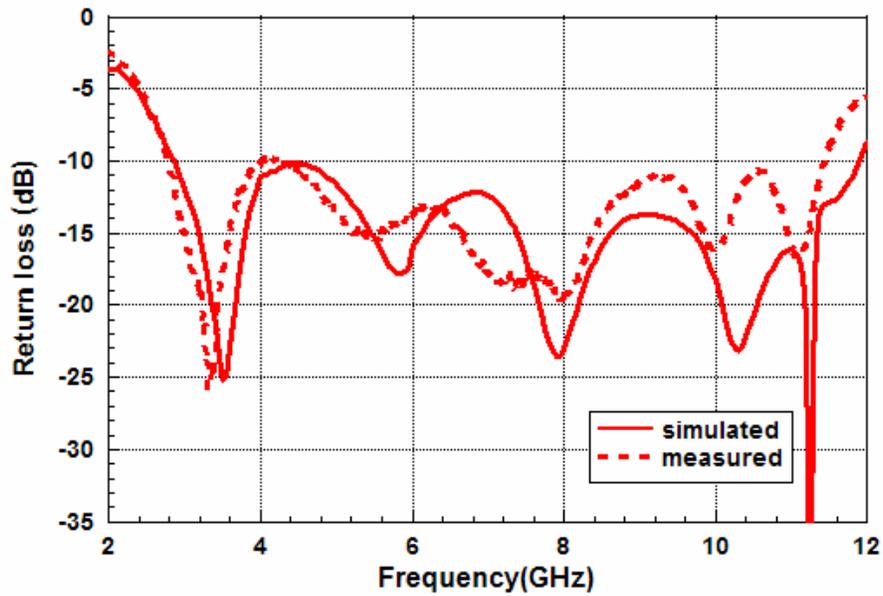


Figura 41 S11 (Antena planar balanceada para aplicaciones en UWB) (Guo et al., n.d.)

1.2.22 Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares.

(Hui & A. Iphones, 2000) En este documento es tratado el diseño de una antena planar alimentada por línea micro cinta para aplicación sobre la frecuencia de 2.4Ghz en el escrito describe los inconvenientes del uso de esta técnica como el bajo desempeño y los armónicos generados, para solucionar estos inconvenientes el autor dentro de su investigación implementa de una serie de anillos los cuales mejoran la adaptación de la antena y suprimen los armónicos generados, la antena es impresa sobre sustrato Rodgers con una constante dieléctrica de 3.38 y una altura de 0.81mm.

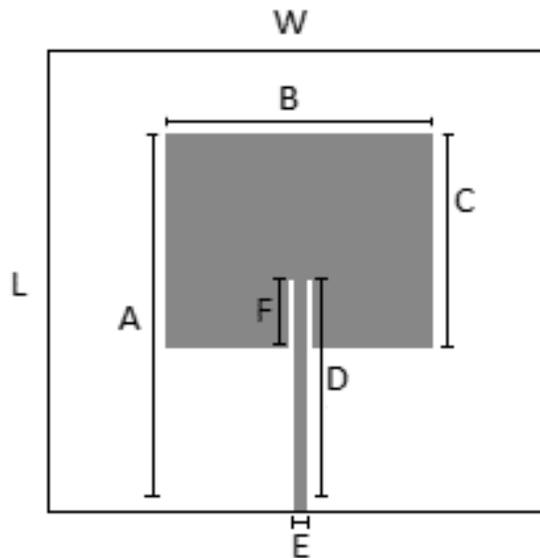


Figura 42 Vista frontal y trasera de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000)

Tabla 21 Dimensiones de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000)

Medida	Valor(mm)
--------	-----------

W	84.4
L	81
A	57.4
B	42.1
C	33.8
D	36.4
E	1.9
F	11

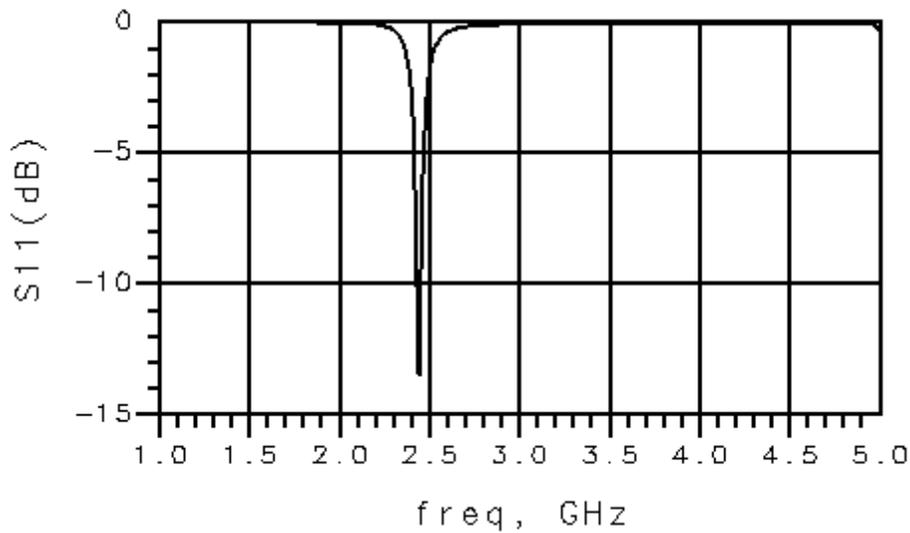


Figura 43 S_{11} de (Antena parche micro cinta con rejilla de anillos anulares) (Hui & A. Iphones, 2000).

1.2.23 Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB.

(Liang, Guo, Chiau, & Chen, 205AD) Un monopolo circular con elemento radiador en forma de disco, alimentado por guía de onda coplanar, Para aplicaciones de ultra ancho de banda, este es diseñado para tener una impedancia de entrada de 50Ω , el sustrato usado es Rogers 5880 con una constante dieléctrica de 2.2 y a una altura de 1.6mm, las prestaciones de esa antena son notorias como su facilidad de construcción, ya que su respuesta es casi ideal para aplicaciones UWB. Por su reducido tamaño, este diseño no tiene rechazo de ninguna banda.

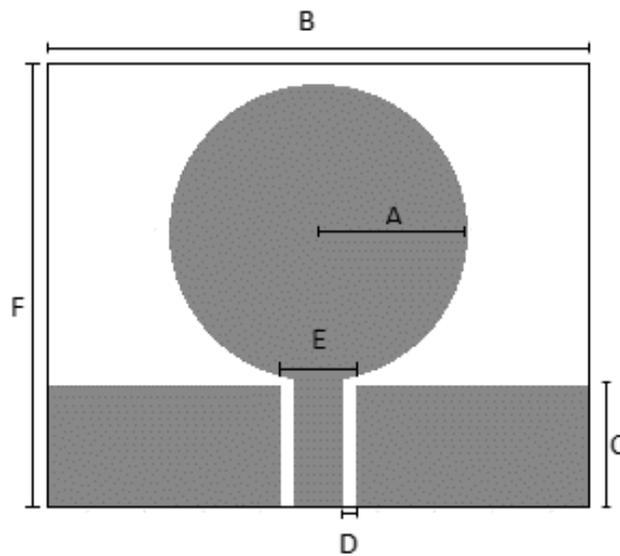


Figura 44 Vista frontal y trasera de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD).

Tabla 22 Dimensiones de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD)

Medida	Valor(mm)
A	12.5
B	47
C	10.7

D	0.33
W3	4.9
F	39

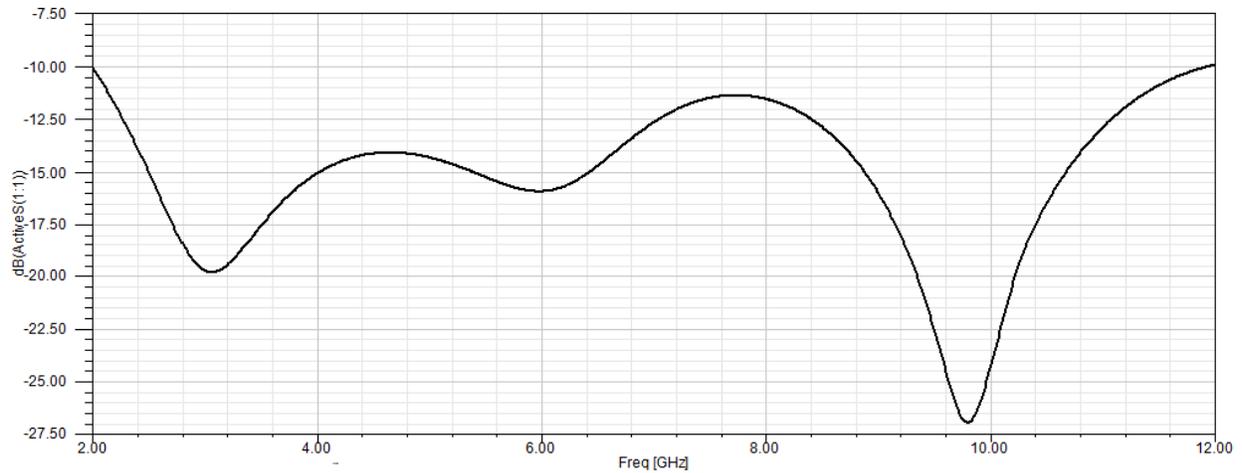


Figura 45 S11 de (Antena monopolo circular alimentada por guía de onda coplanar para aplicaciones en UWB) (Liang et al., 205AD)

1.2.24 Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB

(Low, Cheong, & Law, 2005) Este documento presenta el diseño y construcción de una antena para UWB muy compacta y económica esta no tiene rechazo de ninguna banda y opera desde los 3.1Ghz hasta los 10.6Ghz. La antena es compatible con tecnologías planares y adheridas al sustrato, es alimentada por línea microcinta de 50Ω el área de la antena es de $30 \times 30mm^2$ y es hecha con el sustrato FR4 de constante dieléctrica de 4.4. Los análisis del prototipo son hechos en el simulador vectorial HP 8722ES.

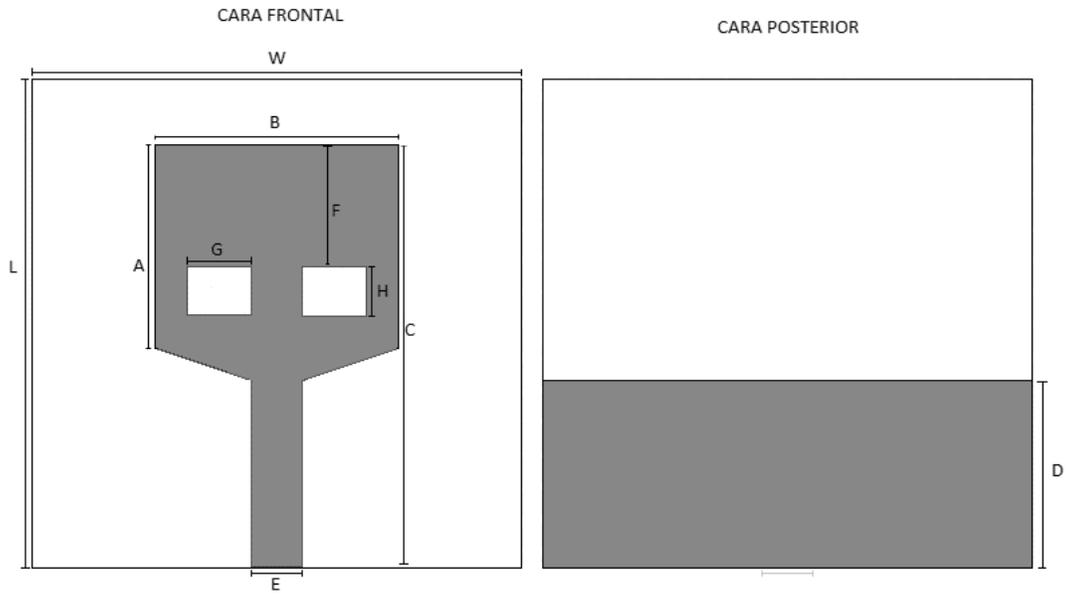


Figura 46 Vista frontal y trasera de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005)

Tabla 23 Dimensiones de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005)

Medida	Valor(mm)
W	30
L	30
A	12.5
B	15
C	26
D	11.5
E	3.02
F	7.5
G	4
H	3

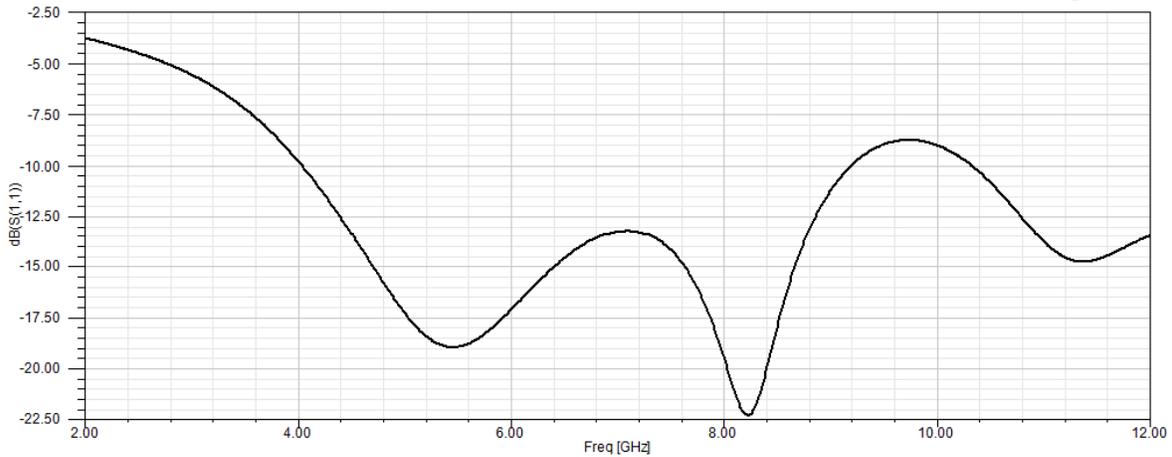


Figura 47 S11 de (Antena planar de bajo costo para aplicaciones en UWB) (Low et al., 2005)

1.2.25 Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias.

(Zhao, Li, & Yin, 2014) Este es un diseño de antena de banda ancha tipo planar parche, de tamaño reducido $12 \times 18 \text{ mm}^2$, el plano de tierra para este diseño ocupa solo una parte de la cara posterior de la antena, está diseñada para funcionar en el rango de 3GHz hasta los 17 GHz teniendo en cuenta el S11 menor o igual a -10db. Para el diseño fue escogido el sustrato FR4 con una constante dieléctrica de 4.4 y una altura de 1.6mm, la impedancia de entrada es de 50Ω , los patrones de radiación son bastante simétricos. El documento indica cuales son las dimensiones que se varían para obtener el mejor ancho de banda y no indica cual es la aplicación de esta antena.

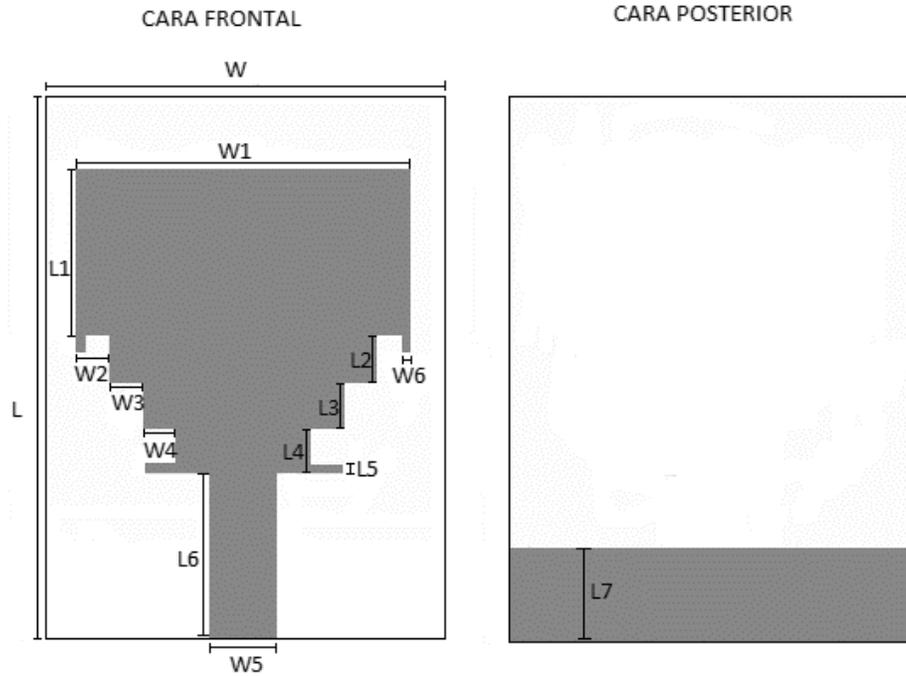


Figura 48 Vista frontal y trasera de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014)

Tabla 24 Dimensiones de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014)

Medida	Valor(mm)
W	12
L	18
W1	10
W2	1
W3	1
W4	1
W5	2
W6	0.2
L1	7

L2	1.5
L3	1.5
L4	1.5
L5	0.2
L6	4.5
L7	3

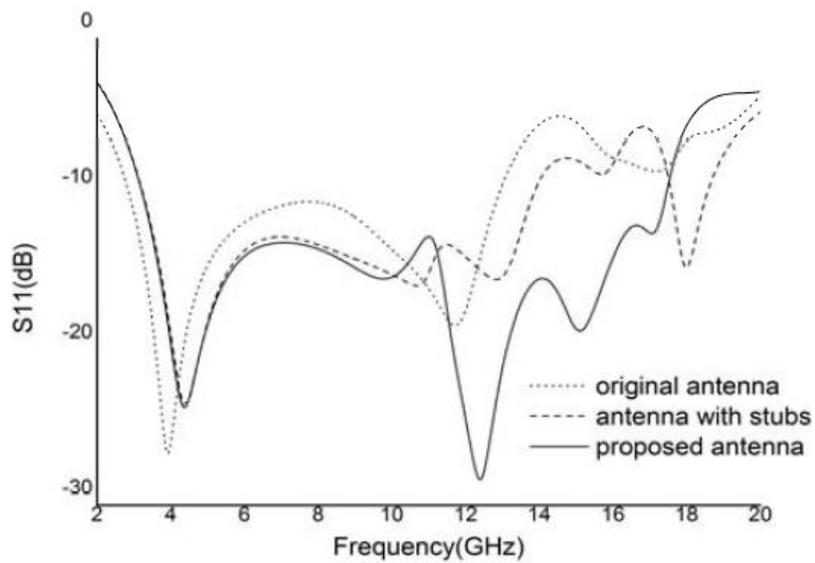


Figura 49 S11 de (Antena de banda ancha planar compacta tipo parche y terminaciones parasitarias) (Zhao et al., 2014).

1.2.26 Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa.

(Yahya & Itami, 2015) Este es un diseño de antena planar para aplicaciones UWB basado sobre uno recurrente en esta tecnología, el monopolo circular alimentado por CPW, la diferencia de este

radica en lo que en español sería una superficie de frecuencia selectiva que se encarga de reflejar la radiación de la parte posterior de la antena hacia el frente, incrementando la directividad de la antena y sobre todo su ganancia. El documento no indica cual es nombre del sustrato usado, pero su constante dieléctrica es 3,48 y su altura es 1,524mm. La antena tiene un área de 50X50mmmm², las simulaciones son realizadas en el software CST microwave software estudio. Este documento no indica las dimensiones de la guía de onda coplanar ni tampoco la impedancia.

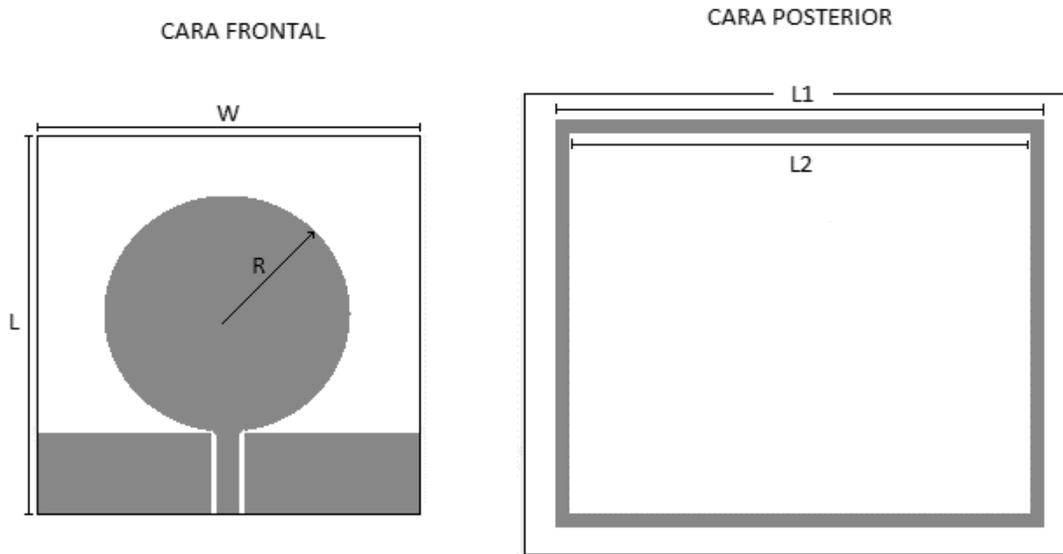


Figura 50 Vista frontal y trasera de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015).

Tabla 25 Dimensiones de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015)

Medida	Valor(mm)
W	50
L	50
L1	5.25

L2	5
R	14.5

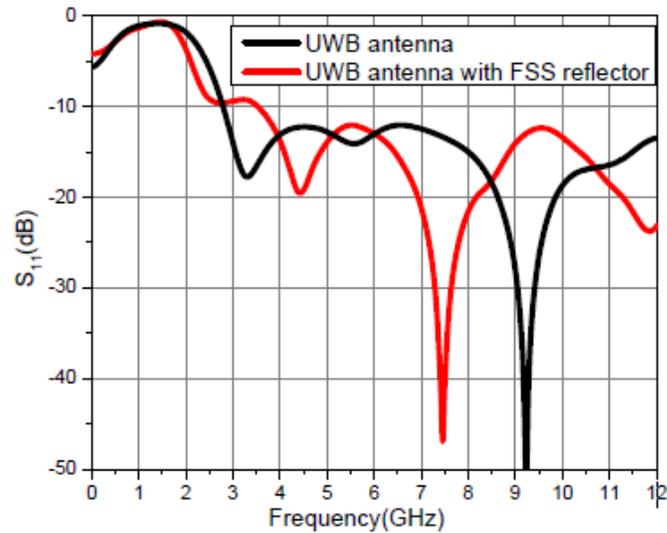


Figura 51 S11 de (Diseño de antena plana UWB de ganancia constante usando FSS monocapa) (Yahya & Itami, 2015).

1.2.27 Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato.

(Xu, Chen, Qing, & Hong, 2012) Este diseño de antena también puede funcionar sobre una banda muy ancha, pero no la establecida por a FCC, trabaja sobre la banda de 140GHz, se basa en una antena planar con múltiples aperturas tipo slot y es alimentada por guía de onda coplanar, el ancho de banda es desde los 130GHz hasta los 140GHz, esto se logra mediante un arreglo de cuatro elementos irradiantes sobre la misma antena, el área es de $23 \times 20 \text{mm}^2$, la altura del sustrato es de

0.7mm, el diseño es simulado mediante el equipo Agilent network analyzer E8361A, las simulaciones son realizadas con el software CST Microwave Studio, los patrones de radiación son muy directivos con un lóbulo principal alargado y otros pequeños en proporción.

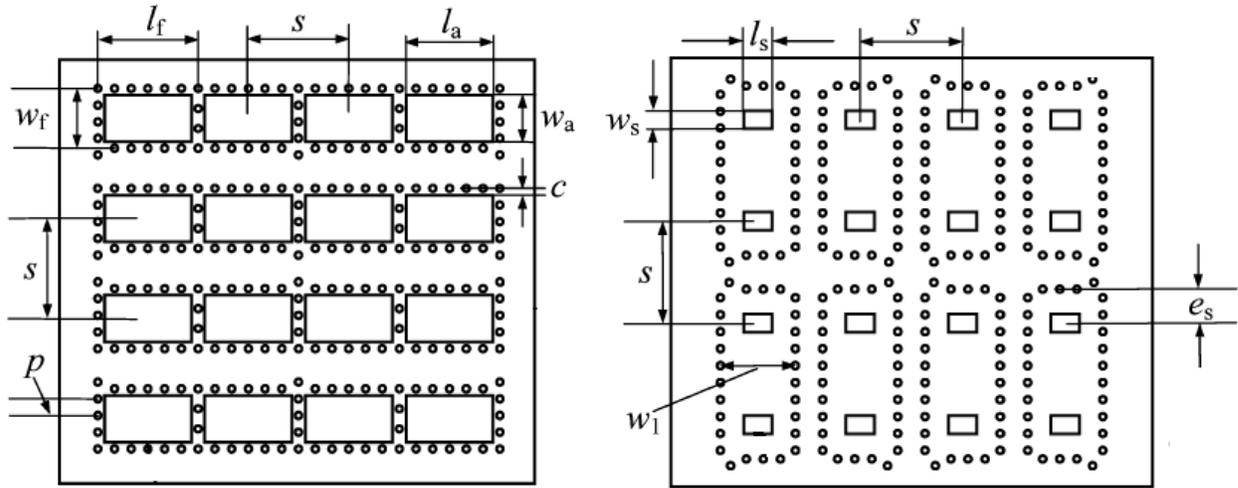


Figura 52 Vista frontal y trasera de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012)

Tabla 26 Dimensiones de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012)

Medida	Valor(mm)
Lf	1.5
S	1.5
La	1.3
Wf	0.9
P	0.25
Ls	0.42

W1	1.1
es	0.5
Wa	0.7
C	0.1

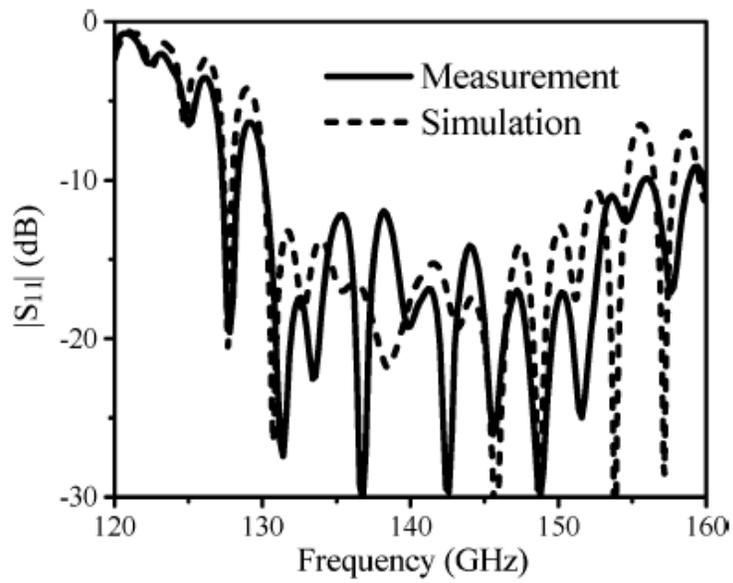


Figura 53 S_{11} de (Antena planar de banda ancha para ser usada sobre los 140GHz con guía de onda integrada al sustrato) (Xu et al., 2012)

1.3 Tabla de comparación para los diseños de antenas nombradas en el estado del arte.

Referente	antena UWB	supresión de bandas	sustrato constante dieléctrica		diseño con bordes redondeados	altura del sustrato mm	tecnologías planares y adheridas al sustrato	área de la antena mm	
3	si	si	RO4003C	3.38	si	0.58	si	25 X 25.5	
4	si	si	GML1032	3.2	si	1.52	si	27 X 27	
5	si	no	RT6010LM	10.2	si	0.64	si	35 X 35	
6	si	no	RT6010LM	10.2	si	0.64	si	28 X 28	
7	si	si	RO3006	6.15	si	1.27	si	16 X 12	
8	si	si	RO4003C	3.38	si	0.5	si	23.5 X 23	
9	si	si	FR4	4.4	si	1.6	si	35 X 30	
10	si	no	FR4	4.4	no	1.5	si	19.9 X 19.9	
11	si	si	FR4	4.4	si	1.6	si	10.5 X 45	
12	si	si	FR4	4.4	si	1.5	si	25 X 30	
13	no	no	FR4	4.4	si	0.8	si	121 X 126	
14	si	no	sin sustrato					no	150 X 150
15	si	no	DR 6006	6.45	no	1.5	no	N.A.	
16	si	si	FR4	4.25	si	1.6	si	12 X 18	
17	si	no	FR4	4.6	si	0.0**	si	26 X 20	
18	si	si	RO3003	3	si	1.52	si	50 X 50	
19	si	no	FR4	4.4	no	1	no	33.6 X 30	
20	no	no	FR4	4.4	no	1.5	si	59 X 10	
21	si	si	RO4350	3.66	si	1.5	si	18 X 21	
22	si	no	FR4	4.4	no	1.6	si	20 X 26	
23	si	no	RO4003	3.38	no	8.8	si	62 X 16	
24	no	no	RO3003	3	no	0.81	si	84.4 X 81	
25	si	no	RO5880	2.2	si	1.6	si	12.5 X 47	
26	si	no	FR4	4.4	no	1.6	si	30 X 30	
27	si	no	FR4	4.4	no	1.6	si	12X18	
28	si	no	*	3.48	si	1.52	si	50X50	
2	si	no	sin sustrato					no	23X20

Tabla 27 Tabla de comparación para los diseños de antenas nombradas en el estado del arte

1.4 ANÁLISIS GENERAL DEL ESTADO DEL ARTE.

De la anterior tabla podemos evidenciar que casi todos los referentes son diseños de ultra ancho de banda, salvo 3 diseños los cuales son compatibles con tecnologías planares y adheridas al sustrato y por eso se incluyen en el trabajo, que el 37% de los diseños tiene algún tipo de mecanismo o parámetro que les permite el rechazo de bandas como lo exige la FCC, la antena de mayor área es de $150 \times 150 \text{mm}^2$ y no es una antena adherida al sustrato, la de menor área es de $16 \times 12 \text{mm}^2$ y usa un sustrato RO3006. Por otro lado, el 59% de los diseños tienen bordes redondeados y carecen de esquinas en sus elementos irradiantes, el sustrato más usado es el FR4 y este en ningún caso tiene un grosor superior a 1.6mm, el sustrato de mayor grosor es de 8.8mm.

Diferentes factores repercuten sobre el ancho de banda, como el sustrato seleccionado principalmente por su constante dieléctrica ϵ_0 o la altura del sustrato o el área de la antena, en los referentes analizados cuando se cambia drásticamente uno de estos parámetros los otros también lo hacen como por ejemplo (Amin M. Abbosh & Bialkowski, 2007) en el cual se usa un sustrato con una constante dieléctrica muy alta respecto a los demás referentes (10.2) pero las dimensiones de la antena son también más grandes $35 \times 35 \text{mm}^2$, en (Constantine A. Balanis, 2008) se indica que la manera más sencilla de incrementar el ancho de banda de una antena es aumentar la altura del sustrato, pero esto tiene limitaciones a nivel comercial pues las alturas de sustratos que son manejadas por los fabricantes son estándares, así pues se evidencia que para sustratos como el fr4 hay alturas de 1, 6 y 1,5 mm o del sustrato RO3006 de 3mm. según la teoría del diseño para cada antena las ecuaciones del cálculo geométrico cambian, pero para la aplicación en los dispositivos para los cuales se formula comercialmente UWB es importante mantener el área de la antena al mínimo. Cabe mencionar que lo que se pretende demostrar con el presente trabajo es que un

elemento irradiante con una figura geométrica con cambio de bordes suave como una espiral ayuda a aumentar el ancho de banda de una antena se destaca que todas las antenas en la que se evidencio esta práctica cumplen con el estándar trabajado y que diseños de bordes cuadrados como (Hayouni et al., 2011) o (Hong-wei Deng et al., 2008) no tienen un desempeño óptimo de acuerdo a lo contemplado por el estándar,

En este trabajo fueron encontradas tres aplicaciones para la tecnología UWB la principal es telecomunicaciones, usando la reglamentación impuesta por la FCC otra aplicación menos recurrente es la tomografía microondas usada para encontrar quistes cancerígenos mediante la respuesta que las acumulaciones de tejido presentan a determinadas frecuencias, la tercera aplicación es el monitoreo por radar, pero en este tipo de aplicaciones no se implementan tecnologías planares ni adheridas al sustrato.

La mayor parte de las simulaciones fueron hechas en el software ANSYS HFSS, con la décima versión o anterior, sin embargo, hay algunos referentes que usaron otros como MWS (microwave transient solver analysis) o CST Microwave Studio software. Para las mediciones de las antenas que fueron construidas la mayor parte de referentes usaron equipos de marca Agilent en diferentes especificaciones por ejemplo Agilent network analyzer E8361A o Agilent vectorial analyzer E507, otros pocos diseños simulados usaron equipos como el hp 8722es.

CAPÍTULO 2

2.1 Implementación de diseños para comprobar principios de operación.

Para explicar el principio de funcionamiento de una antena compatible con tecnologías planares fueron reproducidos y simulados tres diseños en el software ANSYS Electronics HFSS® y con esto comparar sus respuestas según el algoritmo y la geometría del elemento irradiador como también sus características de diseño.

2.2 Antena planar parche alimentada por microstrip, de banda angosta.

En primer lugar se reprodujo el trabajo (Hui & A. Iphones, 2000) en ANSYS Electronics HFSS® para comprobar su principio de operación un trabajo mediante el cual se hace un análisis de la antena parche; en lo que respecta a esto, el autor indica cuales son los aspectos más importantes para el diseño de una antena de este tipo: Patrón de radiación, ancho de banda, ganancia, plano de tierra, altura, impedancia de entrada, rigidez mecánica, polarización y pérdidas por inserción. Luego indica las ventajas de las antenas construidas con tecnologías planares, como su bajo perfil de construcción, su sencillez y economía de fabricación y su robustez mecánica cuando son montadas en superficies rígidas, en contraparte indica las desventajas de las antenas planares, como su baja eficiencia, su baja potencia, falsa radiación de polarización, pérdidas de onda superficial y ancho de banda reducido. Como solución a estos problemas, la investigación en este artículo se

centra en la implementación de una rejilla de perforaciones en forma circular sobre el plano de tierra para perturbar la formación de modos en el sustrato.

A esta técnica se le conoce como (PBG), brecha de banda fotónica. En este caso, para este artículo, la implementación consiste en realizar dos tipos de perforaciones al plano de tierra, una anular y otra circular. La antena es construida para trabajar en la frecuencia ISM 2,4Ghz en aplicaciones como WLAN y RFID; en el documento se discute la efectividad de esta tecnología en la supresión de armónicos y ondas superficiales y se pretende una mejora sustancial en general de la antena.

Para una evidencia completa de la ventaja de la implementación de esta tecnología y de sus aportes al desempeño de una antena planar es necesario hacer la comparación entre una antena parche-micro cinta convencional y una con perforaciones.

Para la alimentación de la antena es usada una microcinta configurada a 50Ω , con una distancia (D) 36.4mm y ancho (E) 1.9mm, las dimensiones del parche son (C) 33.8mmx (B) 42.2mm con una distancia de punto de inserción de (F) 11mm el espesor del sustrato es de (G) 0.8128mm con constante dieléctrica de 3.38 y tangente de pérdidas de 0.001 y un ancho de 1.9mm.

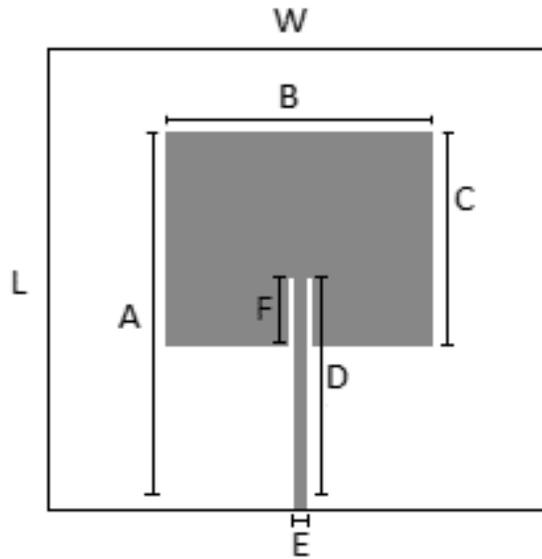


Figura 54 Diagrama de construcción antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta. (Hui & A. Iphones, 2000)

Tabla 28 Dimensiones de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta

Medida	Valor(mm)
W	84.4
L	81
A	57.4
B	42.1
C	33.8
D	36.4
E	1.9
F	11

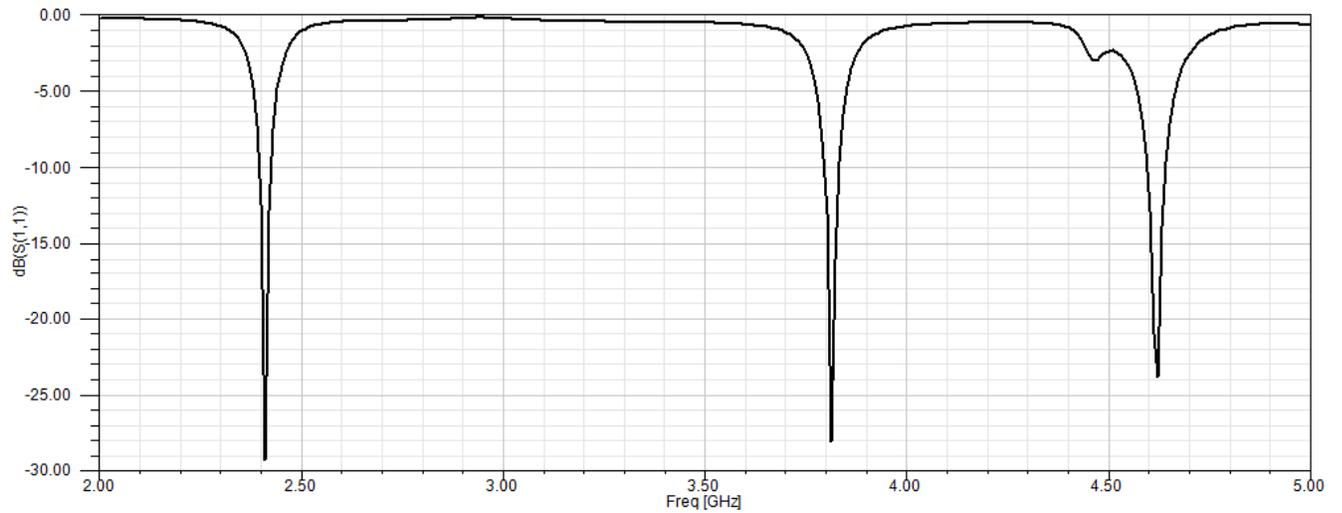


Figura 55 Respuesta modelo replicado (S_{11}) que fue simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta, sin mejora mediante anillos resonadores. (Hui & A. Iphones, 2000)

Como se puede observar la frecuencia fundamental es aproximadamente 2,4Ghz además existe un armónico en 3,8Ghz y otro en 4, 6Ghz. Lo cual es indebido y como se indico es uno de los problemas con este tipo de antenas.

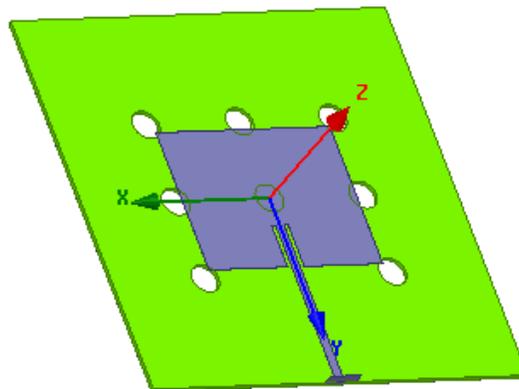


Figura 56 Diseño en 3D simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta con mejoras. (frontal)

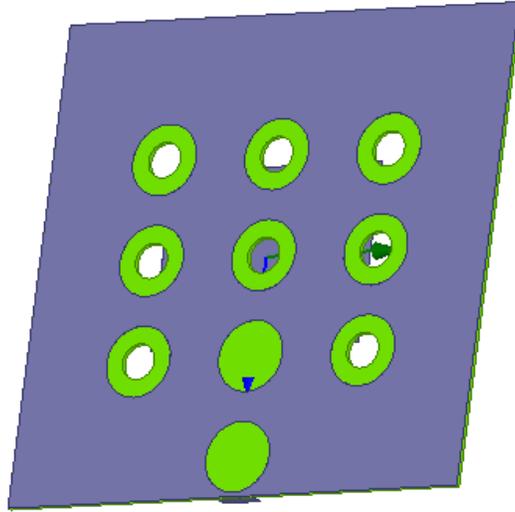


Figura 57 Diseño en 3D simulado de antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta con mejoras.(trasero)

Una vez realizada esta simulación se procede con la segunda parte de este trabajo que consiste en realizar las perforaciones al sustrato y al plano de tierra, analizando cómo cambian los parámetros de la antena. Dichas perforaciones tienen por radio interior 3mm y radio exterior 6mm y están periódicamente a 16.9mm en vertical y 21,1mm en horizontal.

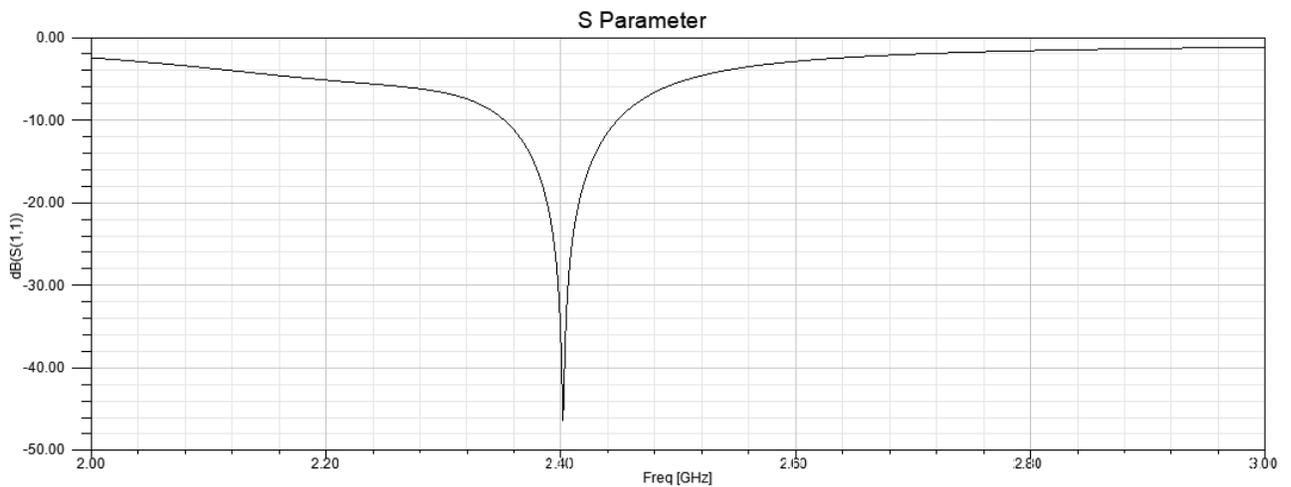


Figura 58 Respuesta obtenida S11 modelo reproducido. Simulación antena planar parche alimentada por micro cinta, de banda angosta, con mejora mediante anillos resonadores.

Los resultados obtenidos son similares y verifican el algoritmo usado en el artículo, ya que son eliminados todos los armónicos y se incrementa el ancho de banda a 77Mhz, por otro lado, se evidencia un aumento en las perdidas por inserción -14.39db, pero no se cambia la frecuencia de resonancia 2,41Ghz.

2.3 Antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.

La segunda antena simulada es (Liang et al., 205AD) un monopolo circular con elemento radiador en forma de disco, alimentado por guía de onda Coplanar, Para aplicaciones de ultra ancho de banda, este es diseñado para tener una impedancia de entrada de 50Ω , el ancho de banda tenido en cuenta para el s_{11} es inferior a -10db.

Este monopolo de disco circular es alimentado por guía de onda coplanar, de estructura metálica de capa única, con plano de tierra del mismo lado que el elemento irradiante de radio (A) 12.5mm, ancho de la antena de (B) 47mm, longitud del plano de tierra de (C) 10.7mm, brecha de la guía de onda (D) 0.33mm, grosor de la guía de (E) 4.9mm y altura del sustrato de (G) 1.6mm

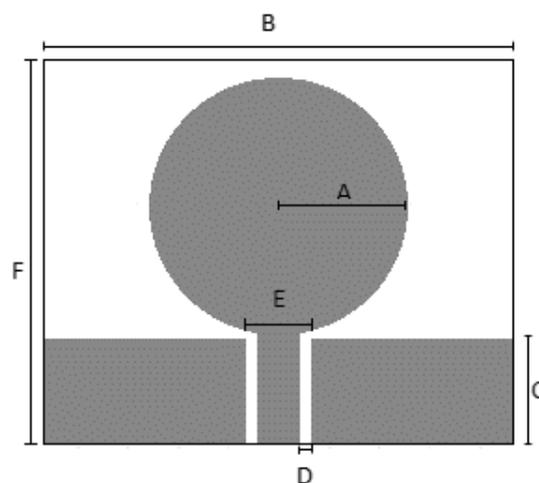


Figura 59 Diagrama de construcción antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.

Tabla 29 Dimensiones de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB

Medida	Valor(mm)
A	12.5
B	47
C	10.7
D	0.33
W3	4.9
F	39

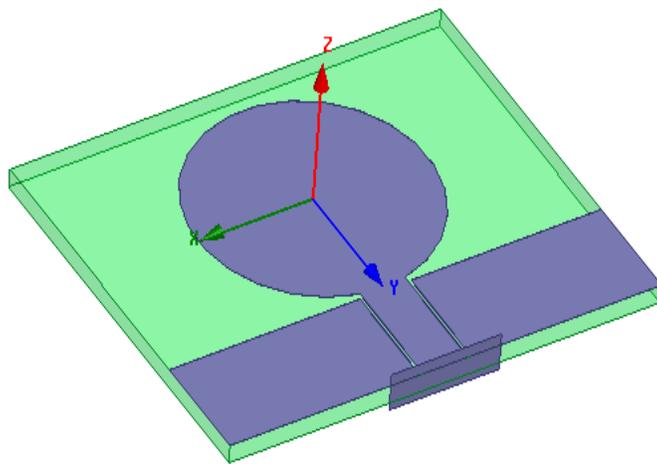


Figura 60 Diseño 3D de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB

La construcción de esta antena es bastante sencilla y los resultados satisfactorios, es de destacar que el plano de tierra está sobre la misma cara que el elemento radiador, cada una de las dimensiones tiene repercusiones sobre el desempeño de la antena, pero el comportamiento según la frecuencia está determinado por el radio de la circunferencia y el ancho de la antena, la adaptación con la guía de onda es modificada por la brecha entre la guía de onda y el disco.

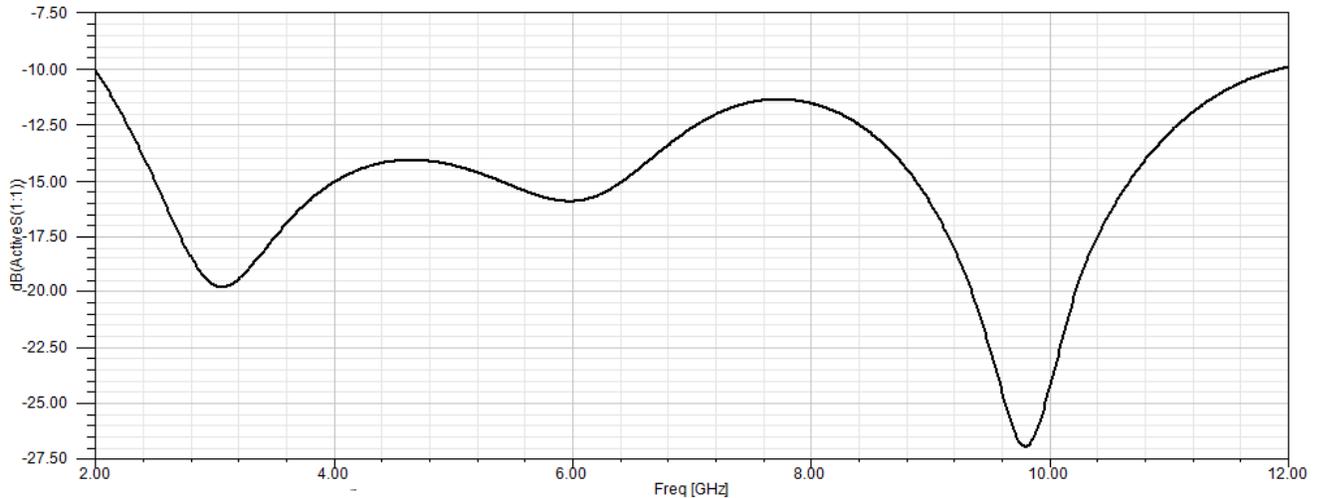


Figura 61 Respuesta modelo replicado (S11), simulado de antena planar parche redondo para aplicaciones en UWB.

Todo el s11 entre 2Ghz y 12Ghz está por debajo de -10db es algo para destacar de esta configuración de antena.

2.4 Antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en uwb.

La tercera antena simulada en ANSYS Electronics HFSS® es otra antena UWB (Low et al., 2005), este artículo indica que la verdadera importancia de las tecnologías planares en la fabricación de antenas, es la integración con la placa de circuito impreso para la fabricación de dispositivos, por ende, estas antenas tienen que ser pequeñas, en este documento se expone un diseño que consta de un parche cuadrado con dos cortes triangulares a los lados y otros dos cuadrados al interior del parche, alimentado por una micro cinta de 50Ω y con plano de tierra posterior recortado a la altura del final de la micro cinta.

Las características del diseño están bien definidas en el documento, el cual se basa en la construcción de una antena simple pequeña y de radiación omnidireccional, con bajas distorsiones y un gran ancho de banda, es hecha en sustrato fr4 epoxi, con un área $3 \times 3 \text{mm}^2$ y con una altura de 1.6mm.

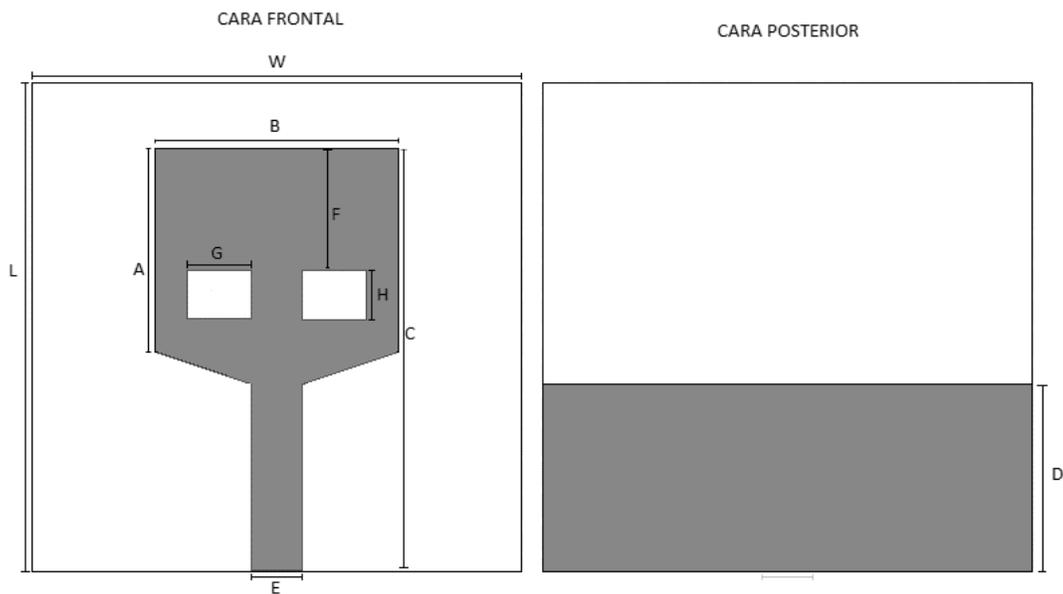


Figura 62 Diagrama de construcción antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB.

Tabla 30 Dimensiones de antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB

Medida	Valor(mm)
W	30
L	30
A	12.5
B	15
C	26

D	11.5
E	3.02
F	7.5
G	4
H	3

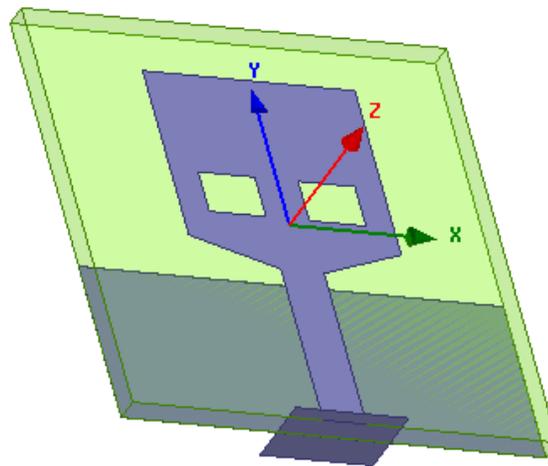


Figura 63 Diagrama modelo replicado y construcción antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB

El autor describe tres técnicas base para una buena impedancia y ancho de banda en este diseño, las cuales constan de ranuras rectangulares en el parche, la conexión cónica entre el parche y la micro cinta, un plano de tierra posterior que contenga la misma longitud de la micro cinta.

Este diseño es simulado en ANSYS Electronics HFSS® con las mismas medidas que en el artículo.

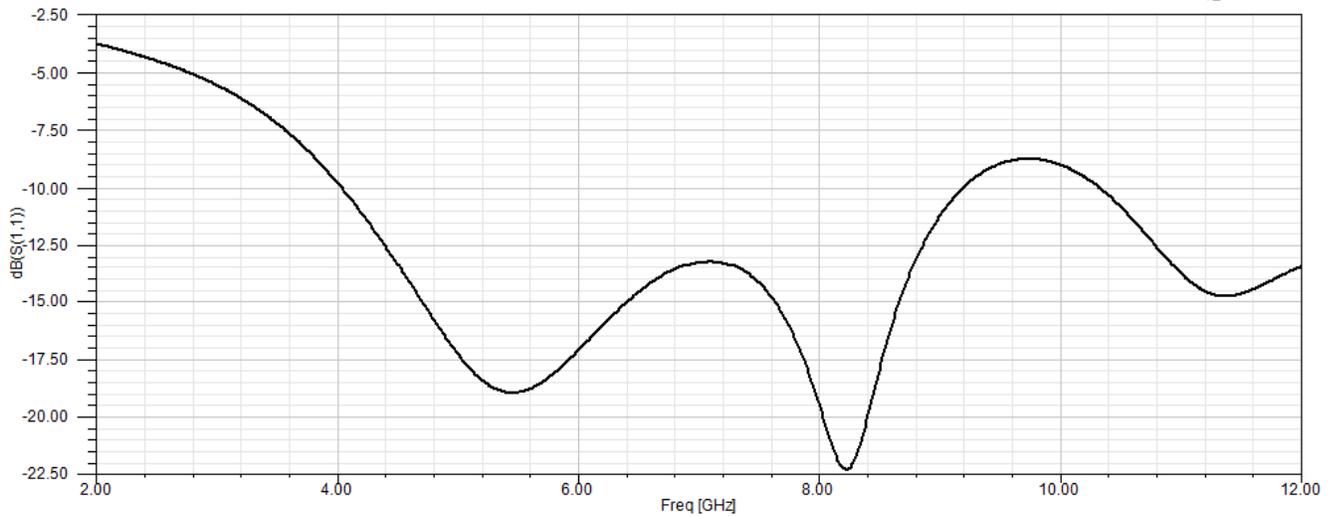


Figura 64 Respuesta replicada S11, simulado de antena planar parche con bordes angulares y perforaciones rectangulares, para aplicaciones en UWB.

En esta simulación tenemos un ancho de banda por debajo de -10db de 5.21Ghz con pico de operación a los 8.26Ghz, un armónico en 5.42Ghz y otro en 11.3Ghz.

2.5 Comparación de las tres antenas simuladas.

Para el análisis fueron seleccionadas tres antenas con características de tecnología compatible para la solución propuesta en esta investigación. Está claro que la primera no corresponde a una antena UWB, pero se simula y explica para dejar constancia de que una antena planar y adherida al sustrato también puede funcionar en una banda angosta, además, con pérdidas por retorno o S11 muy altas, es decir, sobre la frecuencia de resonancia para la cual fue diseñada la antena, esta es capaz de convertir en radiación electromagnética toda la corriente eléctrica que es ingresada al inicio de la guía de onda, lo cual es el ideal, para la mencionada antena una frecuencia de 2.4GHz,

en dicho diseño esta conversión de energía eléctrica a electromagnética, causa una atenuación de -48db sobre el punto de alimentación de la antena. A esta longitud de onda trabajan múltiples equipos de telecomunicaciones de alcance corto como los módems Wifi o algunos teléfonos inalámbricos.

La segunda antena si es una antena UWB, es un modelo muy recurrente cuando se estudia esta tecnología, su respuesta es alta a lo largo de todo el espectro que abarca el estándar (3.1GHz hasta 10.6GHz), pero sus pérdidas por retorno nunca superan los -30db y en el peor de los casos pueden ser de -13db; esto quiere decir, que la energía eléctrica nunca sin importar que longitud de onda se trabaje, va a ser convertida en su totalidad en radiación electromagnética, dejando un porcentaje de corriente estancado sobre la guía de onda disipándose como calor y sobre algunas frecuencias, la radiación se acerca al punto crítico, que según la mayoría de referentes del estado del arte, es inaceptable para este tipo de antenas un S11 mayor de -10db.

La tercera antena simulada también es una UWB, a diferencia de la anteriormente descrita, esta presenta una mejora en las pérdidas por retorno y su diseño geométrico, en cuanto a que parte de otro principio, que nada es redondo, lo cual es un punto clave en esta investigación dado que uno de los objetivos es comprobar que si se diseña la antena planar con bordes que cambien suavemente, se mejora el ancho de banda.

A manera de conclusión de este capítulo podemos decir que satisfacer un ancho de banda impecable a lo largo del espectro UWB y al mismo tiempo obtener unas pérdidas por retorno aceptables es una labor compleja, dado que cuando se cambia un parámetro de la antena, en pro de satisfacer uno de estos el otro se ve afectado y según la aplicación para la cual sea destinada la antena, se debe tomar una decisión sobre el diseño usado. Por ejemplo, si el equipo de destino funciona con baterías, se buscan unas pérdidas por retorno mejores y así aprovechar mejor la

corriente eléctrica, pero si se requiere mayor cobertura sobre el espectro electromagnético se debe optar por ancho de banda superior.

2. 6 TABLA DE COMPARACIÓN DE LAS ANTENAS SIMULADAS.

Tabla 31 Resumen de las antenas simuladas en capítulo 2

antena	ancho de banda (GHz)	diseño con esquinas	constante dieléctrica del sustrato	área(mm)	altura de sustrato (mm)	aplicación	máxima adaptación (db)
parche planar de banda angosta	0.097	si	3.38	84X81	0.8128	Wlan	-47
planar parche redondo UWB	>10 GHz	no	2.2	47X39	1.6	UWB	-26
planar parche cuadrado con perforaciones cuadradas	8GHz	no	4.4	30X30	1.6	UWB	-22.5

CAPITULO 3

3. Diseño de una antena para uso en UWB.

Observados los modelos anteriormente trabajos se optó por proponer una antena funcional en el espectro demarcado por el estándar UWB o ultra ancho de banda, el cual según la FCC está comprendido entre los 3.1 GHz y los 10.6 GHz, para realizar una contribución original y con la intención de aportar a la discusión acerca de cómo influyen los cambios suaves en las formas de los elementos irradiantes de las antenas sobre el ancho de banda, se escogió un modelo de antena que tiene por dicho elemento una espiral logarítmica, figura que tiene una transición de Bordes suave, para lo cual es necesario usar diferentes tipos de tecnologías y técnicas las cuales son descritas en este apartado.

En cuanto a las herramientas teóricas para el diseño de cada uno de los componentes, podemos decir que será usada una cavidad resonante, una línea de alimentación compatible con tecnologías planares o SIW y el elemento radiador, que es el punto central del trabajo el cual consiste en una figura fractal, que luego será impreso sobre el plano de tierra de la cavidad. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante mencionar que para poder incorporar esa figura en el software de simulación electromagnética ANSYS Electronics HFSS®, son requeridas otras herramientas de software adicionales.

3.1 Diseño de la espiral logarítmica.

La singularidad de esta antena es su elemento radiador no convencional, el cual es una espiral logarítmica de doble brazo, representada en coordenadas polares, las ecuaciones de uno de los brazos son:

$$R1 = ae^{b(\beta - \beta_0)} \quad \beta_0 > \beta > \beta_{ed} \quad (3.1)$$

$$R2 = ae^{b(\beta - \beta_0 - \omega)} \quad \beta_0 > \beta > \beta_{ed} + \omega \quad (3.2)$$

Donde la primera ecuación corresponde a la sección más corta del brazo de la espiral, R1 es la distancia radial o la magnitud de la curva externa, a es el punto de inicio de la espiral, b es la constante de crecimiento de la espiral, esta magnitud define el tipo de espiral de la ecuación, por otro lado, β es el ángulo de expansión o variable de entrada la cual se encuentra entre β_0 y β_{ed} .

La segunda ecuación corresponde al segundo brazo de la elipse, que es casi idéntico en características a la anteriormente descrita, la única diferencia es ω que representa el desfase entre las curvas, por eso hay una más adelantada a otra en el plano radial.

Los valores usados para el diseño:

Tabla 32 Valores usados en la ecuación 3.1 y 3.2 para el diseño de la espiral logarítmica

variable	valor
a	0,508mm
b	0,35

ω	0.5rad
β_0	0.67rad
β_{ed}	4.7rad

El segundo brazo del diseño se obtiene rotando el anteriormente creado 180°, Para graficar las curvas en Matlab se usan los comandos mencionados en el anexo número uno.

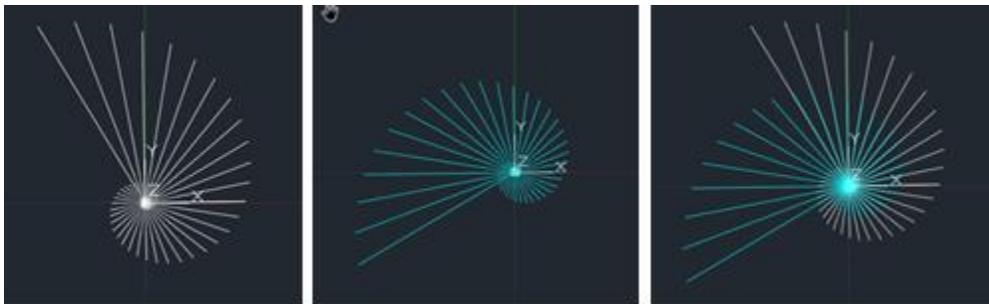


Figura 65 Izquierda. Brazo inicial de la espiral logarítmica, al centro Segundo brazo de la espiral logarítmica. Derecha los dos brazos juntos

Estos comandos dan como resultado dos cosas, la primera es la gráfica de la espiral en un plano polar y la segunda son los vectores con las muestras de las distancias radiales para hacer la reconstrucción discreta de la curva.

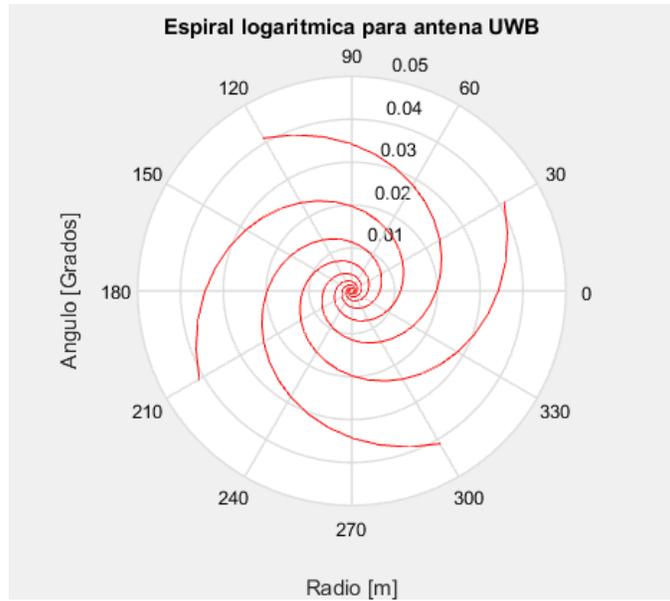


Figura 66 Grafica de la espiral logarítmica en un plano polar.

Para poder ingresar estos puntos en ANSYS Electronics HFSS® y reconstruir las espirales con los datos obtenidos hasta ahora, sería necesario un cambio de coordenadas polares a rectangulares y esto es poco práctico, por esto se usa otra herramienta de software que tiene interoperabilidad con ANSYS Electronics HFSS®, Autodesk AutoCAD como se explica en el anexo 2.

3.2 Diseño de la cavidad

Para hacer una configuración óptima con el diseño en espiral propuesto se hace necesario el uso de una cavidad resonadora, en el siguiente apartado se explica cómo se calculan las dimensiones de la cavidad y como se incorpora junto al resultado del apartado anterior en ANSYS Electronics HFSS®. Lo que se pretende es usar la cavidad como guía de ondas (Bohórquez, J., Forero, H., Herrera, I., Castiblanco, J., Peña, N., Guarnizo, 2009) y las dimensiones de la cavidad están

determinadas por varios factores (POZAR, 1985), así se determina el ancho de la guía en función de la frecuencia de corte f_c .

$$a = \frac{m}{\sqrt{\frac{f_c * \epsilon_r}{c^2} - \left(\frac{n}{h}\right)^2}} \quad (3.3)$$

Donde

a=ancho de la cavidad.

f_c = frecuencia de corte.

h=altura de la guía de onda.

ϵ_r =permitividad del material Duroid 5880.

C=velocidad de la luz en el vacío.

n=0.

m=1.

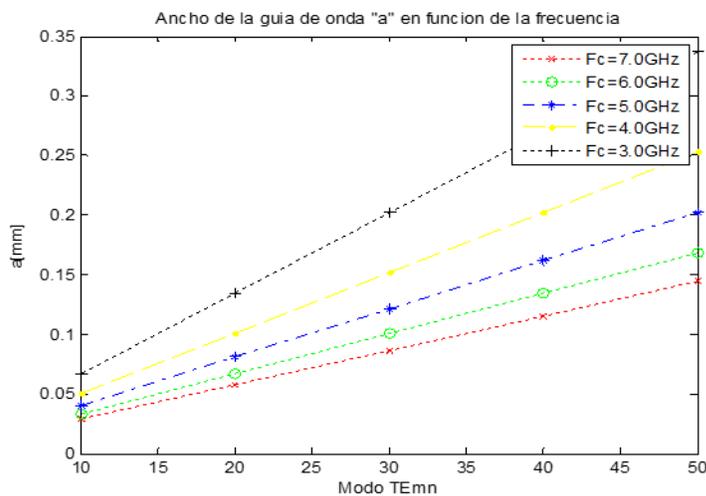


Figura 67 Grafica del ancho de la guía de onda rectangular en función del modo transversal eléctrico y la frecuencia de corte.

La grafica muestra la amplitud de la cavidad rectangular contra la frecuencia de corte y el modo transversal eléctrico.

Una vez definida la distancia a se procede a calcular la potencia disipada en las paredes de la cavidad, la cual se expresa en función del modo de resonancia y las demás variables físicas que intervienen en el proceso así:

Primero se calcula la resistencia superficial de las paredes de la cavidad.

$$R_s = \sqrt{\frac{\omega \mu_0}{2\sigma}} \quad (3.4)$$

Donde ω = velocidad angular, μ_0 = Permeabilidad del espacio libre= $4*\pi*10^{-7}$ H/m y σ = Conductividad del metal= $5.813*10^7$ s/m.

luego Se calcula la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.5)$$

Donde c = velocidad de la luz en el vacío, f =frecuencia.

Como último requisito para simplificar la ecuación tenemos la: Impedancia intrínseca del medio:

$$\eta = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3.6)$$

Donde ϵ_r es la permitividad relativa del material.

Así la potencia disipada en las paredes de la cavidad es:

$$p_c = \frac{R_s \epsilon_0^2 \lambda^2}{8\eta^2} \left(\frac{L^2 ah}{d^2} + \frac{hd}{a^2} + \frac{L^2 a}{2d} + \frac{d}{2a} \right) \quad (3.7)$$

Las variantes faltantes son h que es la altura del sustrato, a que es el ancho de la cavidad y d que es el diámetro de la cavidad.

Se define el modo de resonancia para a cavidad como el 101 puesto que en este modo se obtienen la menores perdidas a causa de las paredes metálicas en la cavidad, una definido esto, se puede determinar la frecuencia de corte f_c de la guía de onda como la antena de ultra ancho de banda trabaja desde los 31GHz hasta os 10.6GHz se selecciona como frecuencia de resonancia como $f_0 = 6.98\text{GHZ}$, para luego calcula la constante de propagación β_{mn} en base a este valor,

Para determinar las dimensiones físicas de la cavidad se empieza tomando $f_c = 6,5\text{GHZ}$ y se define $a = 15,5\text{mm}$, lo que se pretende es variar d , de acuerdo con la siguiente secuencia.

$$a = \frac{c}{f_c * 2 * \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$k = \omega \sqrt{\mu \epsilon}, \omega = 2\pi f_0$$

$$\beta_{mn} = \sqrt{k^2 + \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{h}\right)^2}; m = 1, n = 0$$

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\beta_{mn}}$$

$$d = \frac{\lambda_g}{2}$$

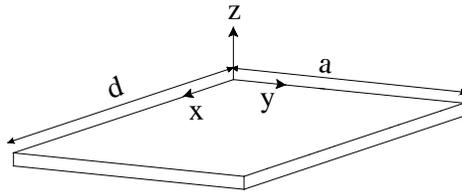


Figura 68 Diagrama de dimensiones de la guía de onda rectangular.

Con los procedimientos descritos en presente apartado se obtiene que $a=d= 102.5\text{mm}$ y la altura de la cavidad es determinada por altura del sustrato.

3.3 Alimentación de la antena

La presente antena debe ser compatible con tecnologías planares e integradas al sustrato, por esto la alimentación es llevada a cabo por medio de una SIW (Substrate integrated Wave-guide), como referente tenemos (Luo, Hu, Dong, & Sun., 2008) (Z. C. Hao, 2005) en donde dicha SIW es impresa sobre la cara superior de la cavidad, y la señal es inyectada a la antena por medio de una línea micro-cinta de 50Ω y longitud variable.

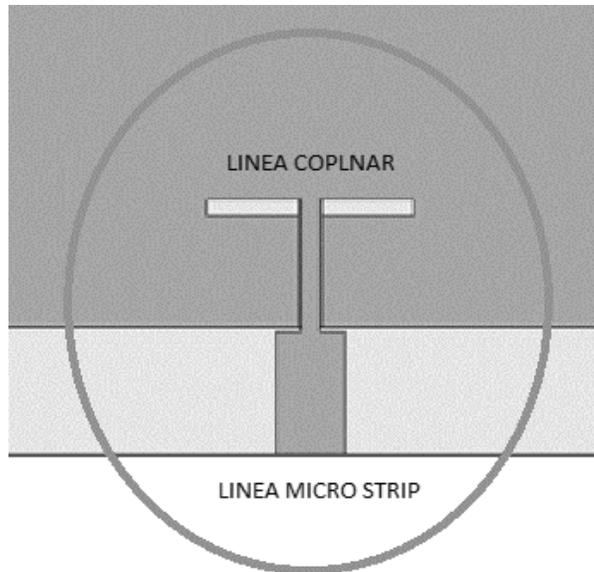


Figura 69 Transición de línea microstrip a SIW

3.4 Acople de los elementos prediseñados en el software de simulación.

Para el diseño final de la antena sobre ANSYS Electronics HFSS® los muros de la cavidad son reemplazados por postes metálicos ubicados periódicamente a distancia constante de borde del plano de tierra y el plano de alimentación. El diámetro de los postes es 1mm y la distancia entre el centro de los postes es de 1,9mm (Dyson, 2003), El sustrato usado es el duroid 5880 con un grosor de 3,175 mm, la figura 66 relaciona las dimensiones del plano de tierra de la antena en donde se encuentra la espiral, los valores de la cavidad están determinados por el apartado dedicado a esa temática, a destacar en la figura 66 están las medidas R , L_2 y en la figura 67, las medidas L y W los cuales son parámetros de adaptación de la antena, estos permiten mejorar la respuesta de la antena, por medio de una de las grandes utilidades de ANSYS Electronics HFSS® “análisis paramétrico” el cual varía una o varias magnitudes de la antena y mide su respuesta a lo largo del

espectro seleccionado, presentando como resultado de este análisis varias curvas S11 y patrones de radiación pertenecientes a las diferentes combinaciones geométricas posibles, así seleccionar la mejor.

CAPITULO 4

4. Resultados simulados.

Para el diseño de la antena en el software HSS, las paredes de la cavidad son reemplazadas con postes metálicos, de acuerdo con lo calculado en el apartado anterior, el sustrato escogido es el Rogers Duroid 5880 con constante dieléctrica de $\epsilon=2.2$, altura de $h=3.17\text{mm}$; y el diseño implementado:

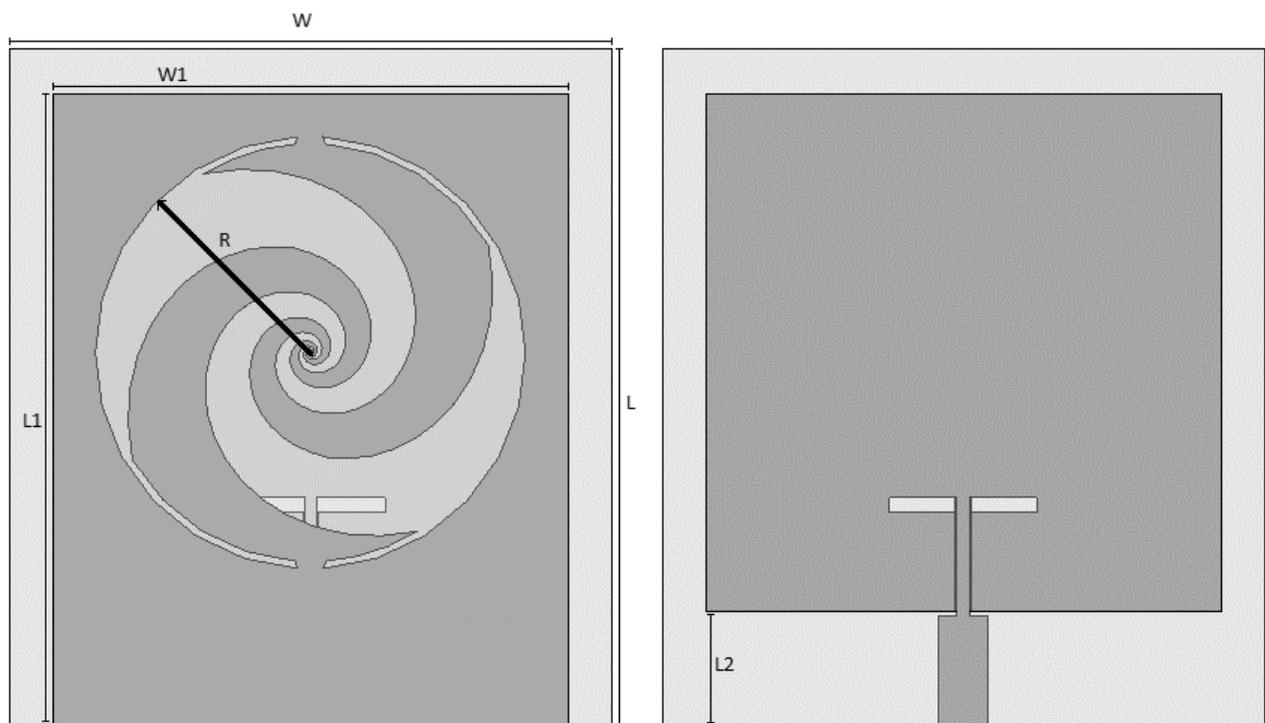


Figura 70 Vista frontal (Iza) y trasera (der) del diseño de antena UWB propuesto.

Tabla 33 Medidas del diseño de antena UWB propuesto

Medida	Valor(mm)
W	120
L	134
W1	102.5
L1	125.2
L2	22.7
R	41.7

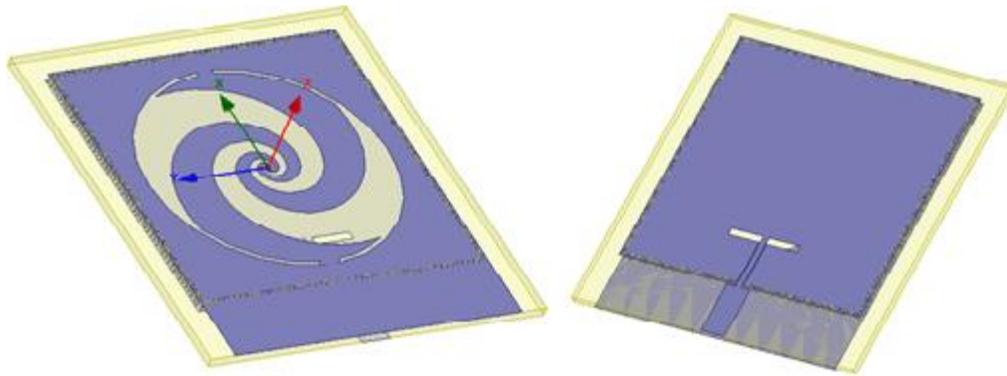


Figura 71 Vista en tres dimensiones del diseño de antena UWB propuesto.

Las condiciones de este diseño lo hacen fácil de prototipar pues la distancia mínima es de 0,3 lo cual posibilita su construcción mediante la técnica de fresado CNC, los costos de mano de obra por la fabricación de la placa de circuito impreso son muy inferiores a el costo del sustrato el cual para la fecha de redacción de este documento se encuentra a 1'200.000 COP y dado que la tecnología aún está en desarrollo no hay aplicación comercial para relacionarlo, pero dado que

los dispositivos siguen incrementando la demanda de velocidad de transmisión esta tecnología posibilita velocidades en el orden de los Gbit/s y este trabajo estudia como mediante una simulación se demuestra que es posible alcanzar el ancho de banda requerido por un con restricciones de frecuencia aun en estado de investigación usando las herramientas adquiridas en las asignaturas de telecomunicaciones y el área de antenas del pregrado.

El diseño inicialmente se pensó con la distancia R como un cuadrado, pero dado que lo que se pretende es demostrar que los diseños con elementos radiadores carentes de esquinas y terminaciones angulares incrementan el ancho de banda se implementó una circunferencia, parámetro variado mediante la herramienta del software ANSYS Electronics HFSS® “análisis paramétrico” dando como dimensión óptima 41.7mm.

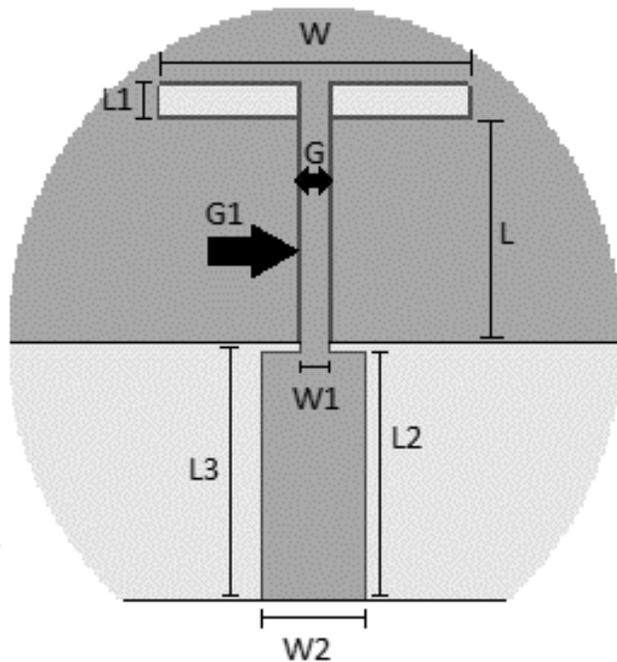


Figura 72 Diagrama de construcción de la guía de onda para el diseño de antena UWB propuesta

Tabla 34 Medidas de la guía de onda para el diseño de antena UWB propuesto

Medida	Valor(mm)
W	29.36
L	19.68
G	3.1
G1	0.35
L1	2.93
L2	21.75
L3	22.7
W1	2.4
W2	10

La imagen y la tabla muestran la configuración de alimentación de la antena que en conjunto son una transición de línea micro cinta a guía de onda adherida al sustrato diseñada a una impedancia de 50Ω .

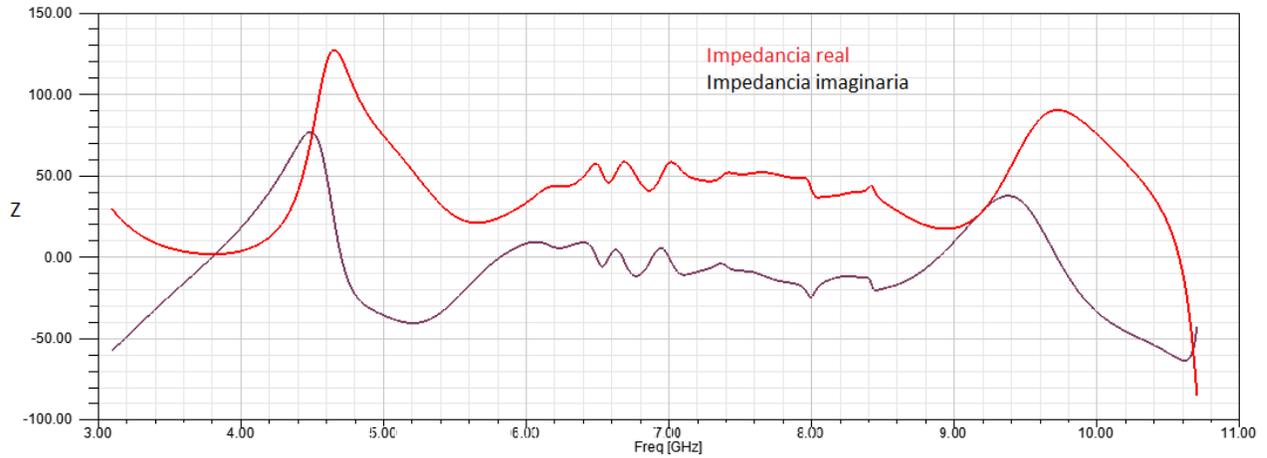


Figura 73 Impedancia (Z) simulado del diseño de antena UWB propuesto.

La figura 76 muestra un resultado simulado de impedancia satisfactorio debido a que se mantiene cercano a 50Ω entre los 6 GHz y los 8,5GHz en donde se encontró según la gráfica 77 el mejor S11.

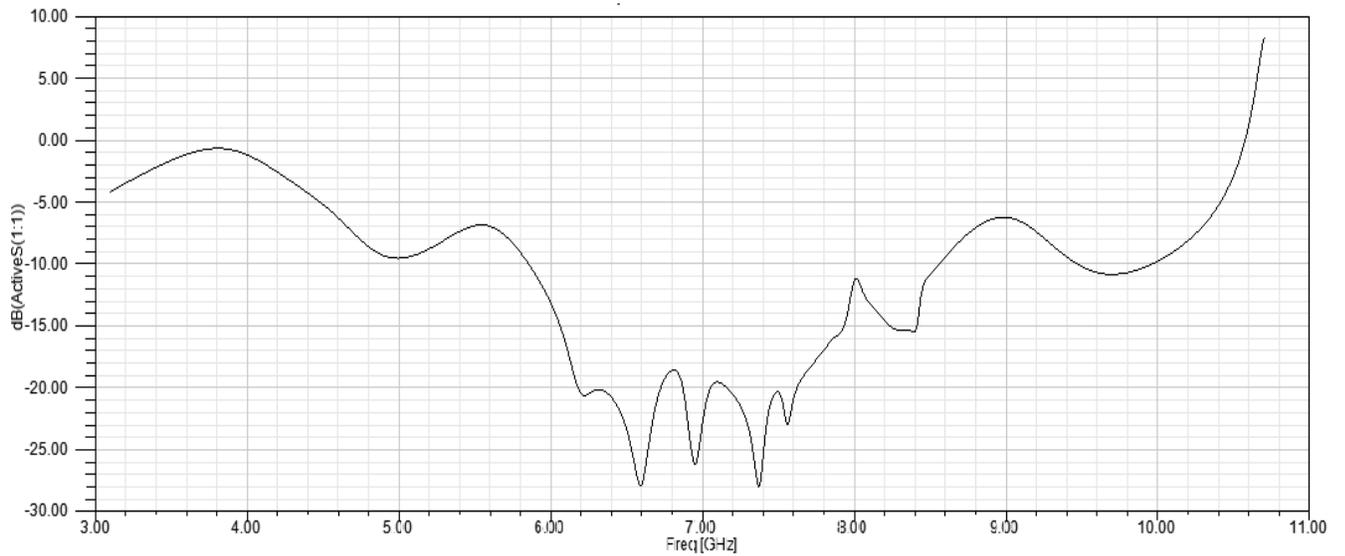


Figura 74 S11 simulado del diseño de antena UWB propuesto.

Para la configuración descrita anteriormente estas son las pérdidas por retorno o S11, según en el cual se evidencia un rango de funcionamiento entre 6GHz y 8.5GHz para un ancho de banda de 0.37 o 2,5GHz.

Tabla 35 resumen de parámetros de funcionamiento de la antena simulada.

frecuencia	s11	impedancia real	ganacia dbi
6	-7	35	5.11
6.2	-12	43	7.02
6.4	-17	47	8.3
6.9	-21	42	8.71
7.5	-21	47	9.11
7.7	-22	49	9.41

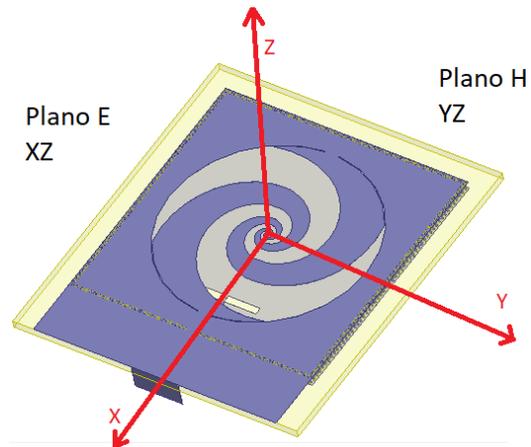


Figura 75 Plano E y plano H para el diseño de antena UWB propuesto

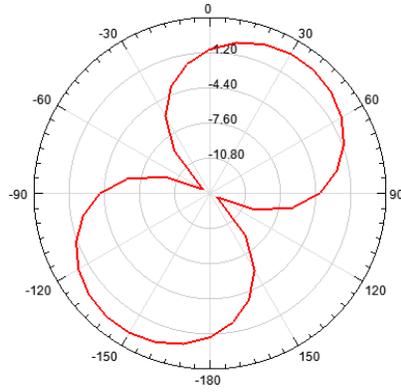


Figura 76 Ganancia (plano E) simulada a $f_0=7\text{GHz}$ de la antena propuesta

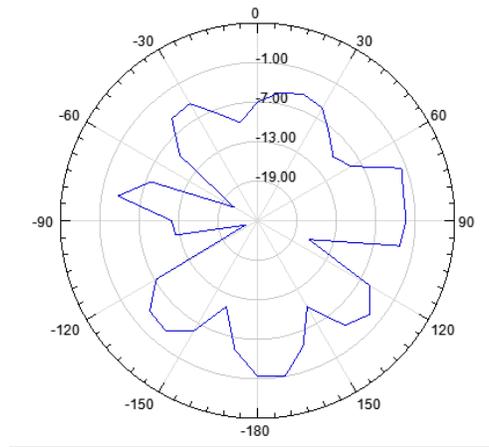


Figura 77 Polarización cruzada simulada a $f_0=7\text{GHz}$ de la antena propuesta

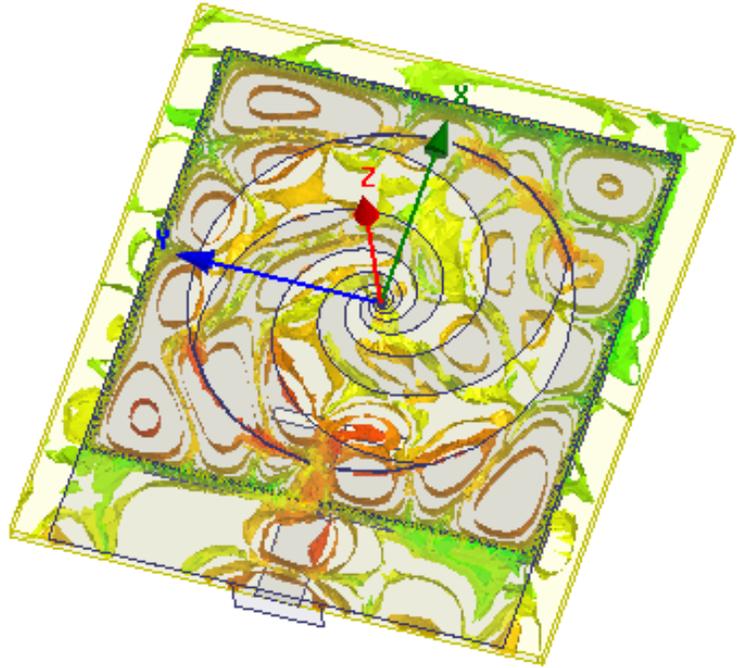
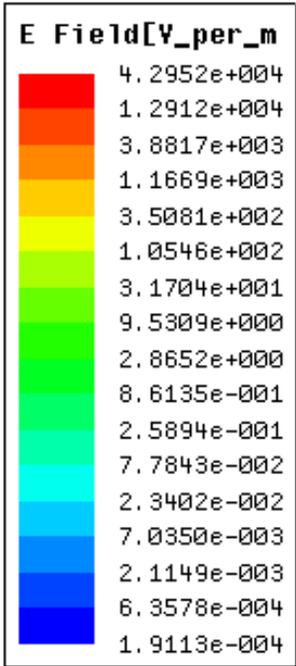


Figura 78 Simulación de la distribución de Campo eléctrico para la antena propuesta.

Conclusiones.

En este documento se diseñó y simuló sobre el software ANSYS Electronics HFSS® una antena planar UWB, con la pretensión que sea de aporte en este campo de investigación puesto que se hizo una búsqueda de diseños compatibles trabajados en documentos científicos indexados, del análisis se concluye que en su mayoría los elementos irradiantes de dichos diseños carecen de esquinas y terminaciones angulares, que este tipo de implementación facilita el aumento del ancho de banda; para conseguir un aporte a esta demostración se seleccionó un diseño con la transición de los bordes más suavemente posible, un espiral logarítmico, pero si dicho espiral está encerrado dentro de un cuadrado, el diseño seguiría incluyendo esquinas, es por eso que se optó por encerrar el espiral dentro de un círculo completando así un diseño sin ninguna esquina o terminación angular.

El mejor ancho de banda que se consiguió con este diseño fue de 2.5GHz comprendido entre 6 GHz y 8.5GHz, según lo definido por el estándar es aceptable además no presenta interferencia en las frecuencias menores a 3GHz y sobre la banda 5GHz-6Hz, cumpliendo así a cabalidad con el estándar UWB para telecomunicaciones, la máxima adaptación fue de -28db a una frecuencia de 7.37GHz y los demás resultados de la simulación como impedancia indican que es posible la implementación de un prototipo, pero dado que esta tecnología aun está en desarrollo e investigación una implementación a un equipo o solución en telecomunicaciones no es posible, el trabajo se hace con la finalidad de investigar esta tecnología que promete velocidades de más de 100Mbit/s en enlaces inalámbricos a un mínimo de 10 metros y demostrar que mediante herramientas de software se puede corroborar el principio de operación como una antena.

En teoría La respuesta en ancho de banda se puede incrementar variando parámetros como la posición de los brazos de la espiral respecto a la guía de onda(prasad & Biswas, 2016), el ancho de los brazos de la espiral, la constante de crecimiento de la espiral(Dyson, 2003), y los resultados analizados pertenecen a la mejor respuesta obtenida en las simulaciones.

Bibliografía

- Abbosh, A. M. (2007). Design Method for UWB Planar Antenna with Subband Rejection Capability. In *2007 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications* (pp. 1163–1166). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSPC.2007.4728531>
- Abbosh, A. M., & Bialkowski, M. E. (2007). Design of a high fidelity UWB planar antenna operating in a high dielectric medium. In *2007 IEEE Antennas and Propagation International Symposium* (pp. 241–244). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APS.2007.4395475>
- Abbosh, A. M., & Bialkowski, M. E. (2007). Design of UWB Planar Antenna for Microwave Imaging Systems. In *2007 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications* (pp. 193–196). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSPC.2007.4728288>
- Abbosh, A. M., & Bialkowski, M. E. (2009). Design of UWB Planar Band-Notched Antenna Using Parasitic Elements. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *57*(3), 796–799. <https://doi.org/10.1109/TAP.2009.2013449>
- Barakat, A., & El-Khamy, M. (2010). Bandwidth extension of UWB planar antenna with band-notched characteristics. In *IEEE Middle East Conference on Antennas and Propagation (MECAP 2010)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MECAP.2010.5724184>
- Bialkowski, M. E., & Abbosh, A. M. (2008). Design of UWB Planar Antenna With Improved Cut-Off at the Out-of-Band Frequencies. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, *7*, 408–410. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2008.2000724>

- Bohórquez, J., Forero, H., Herrera, I., Castiblanco, J., Peña, N., Guarnizo, H. (2009). Planar Substrate Integrated Waveguide Cavity-Backed Antenna. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 8, 1139–1142.
- Chih-Chiang Chen, Yu-Rung Wu, Yu-Wen Peng, & Sim, C.-Y.-D. (2015). A compact size CPW-fed UWB planar antenna. In *2015 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (iWEM)* (pp. 1–2). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/iWEM.2015.7365055>
- Constantine A. Balanis. (2008). *MODERN ANTENNA HANDBOOK*. A JOHN WILEY & SONS, INC.
- Dyson, J. (2003). The equiangular spiral antenna. *IEEE Antennas and Propagation, IRE Transactions on*, 181–187.
- Guo, Y. X., Zhang, Z. Y., Ong, L. C., & Chia, M. Y. W. (n.d.). A New Balanced UWB Planar Antenna. In *The European Conference on Wireless Technology, 2005*. (pp. 535–538). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ECWT.2005.1617770>
- Hayouni, M., Dakhli, N., Choubani, F., & Tan-Hoa Vuong. (2011). 3D FDTD analysis of a compact UWB planar antenna. In *2011 11th Mediterranean Microwave Symposium (MMS)* (pp. 210–214). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MMS.2011.6068564>
- Hong-wei Deng, Jing Jiao, Xiao-xiang He, & Yong-jiu Zhao. (2008). A novel UWB planar antenna. In *2008 8th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory* (pp. 133–136). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISAPE.2008.4735158>
- Hui, P., & A. Iphones. (2000). Microstrip Patch Antenna With Annular Ring Pbg. *Microwave*

Conference, 21, 1347–1351.

I. Oppermann, M. H. La'inen and J. I. (2004). *UWB Theory and Applications*. 2004 John Wiley & Sons, Ltd.

Jainal, S. F., Wakabayashi, T., Ayob, O., & Rahim, M. K. A. (2013). A UWB planar antenna comprising a single slot elliptical element with band notch characteristics. In *2013 IEEE International RF and Microwave Conference (RFM)* (pp. 133–137). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/RFM.2013.6757234>

Liang, J., Guo, L., Chiau, C., & Chen, X. (2013). CPW-Fed circular disc monopole antenna for UWB applications. *IEEE International Workshop on Antennas and Propagation (IWAP)*, (7–9), 505 – 508.

Liu Hao, Xu Ziqiang, & Wu Bo. (2013). Design of compact UWB planar antenna with dual band-notched for WLAN and WiMAX. In *2013 International Workshop on Microwave and Millimeter Wave Circuits and System Technology* (pp. 44–46). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/MMWCST.2013.6814547>

Low, Z., Cheong, J., & Law, L. (2005). Low-Cost PCB Antenna for UWB Applications. *Antennas and Wireless Propagation Letters*, 4, 237–239.

Lu, J.-H., & Wang, S.-F. (2013). Planar Broadband Circularly Polarized Antenna With Square Slot for UHF RFID Reader. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 61(1), 45–53. <https://doi.org/10.1109/TAP.2012.2220103>

Luo, G. Q., Hu, Z. F., Dong, L. X., & Sun., L. L. (2008). Planar Slot Antenna Backed by Substrate Integrated Waveguide Cavity. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 7, 236–239.

- Peyrot-Solis, M. A., Galvan-Tejada, G. M., & Jardon-Aguilar, H. (2006). Directional UWB planar antenna for operation in the 5-20 GHz band. In *2006 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility* (pp. 277–280). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/EMCZUR.2006.214924>
- POZAR, D. M. (1985). Microstrip antenna aperture-coupled to a microstripline. *IEE Electronics Letters*, *21*(2), 236–239.
- prasad, chandra, & Biswas, A. (2016). Planar Excitation of Dielectric Waveguide Antenna for Broadband and High Gain Application. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2016.2628164>
- Tammam, E., Yoshitomi, K., Allam, A., El-Sayed, M., Pokharel, R., & Yoshida, K. (2012). Design and analysis of a compact size planar antenna for UWB applications. In *2012 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)* (pp. 2811–2814). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/EuCAP.2012.6206390>
- Tan, M.-T., Wang, B.-Z., Wang, Z., Huang, H.-Y., & Liang, M.-S. (2014). A novel compact CPW-fed UWB planar antenna with L-shaped extended ground plane stubs. In *2014 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI)* (pp. 207–208). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APS.2014.6904435>
- Vargas, J. M. (2010). *Diseño e implementacion de una antena de gran ancho de banda*. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- Vendik, I., Rusakov, A., Kanjanasit, K., Hong, J., & Filonov, D. (2017). Ultra-Wideband (UWB) Planar Antenna with Single-, Dual-, and Triple-Band Notched Characteristic Based on Electric Ring Resonator. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 1–1.

<https://doi.org/10.1109/LAWP.2017.2652978>

Wang, Y., & Du, Z. (2015). Design of a planar broadband capacitive-loaded antenna with bow-tie section. In *2015 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)* (pp. 1–3). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/APMC.2015.7413099>

Wu, P., & Gui, X. (2016). A low-profile broadband planar antenna for super thin portable wireless devices. In *2016 IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICUWB.2016.7790473>

Xiaoyang, C., Long, J., Ming-Yang, L., Qiang-Qiang, Z., & Qing-Ling, Y. (2016). Compact triple-band-notched UWB planar monopole antenna based on modified CSRR. In *2016 IEEE 5th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)* (pp. 271–272). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APCAP.2016.7843202>

<https://doi.org/10.1109/APCAP.2016.7843202>

Xu, J., Chen, Z. N., Qing, X., & Hong, W. (2012). 140-GHz Planar Broadband LTCC SIW Slot Antenna Array. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *60*(6), 3025–3028.

<https://doi.org/10.1109/TAP.2012.2194673>

Yahya, R., & Itami, M. (2015). Design of constant gain UWB planar antenna using single-layer FSS. In *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting* (pp. 2015–2016). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/APS.2015.7305397>

Z. C. Hao, et al. (2005). Multilayered substrate integrated waveguide (MSIW) elliptic filter. *Microwave and Wireless Components Letters*, *2*, 95–97.

Zhao, Z., Li, L., & Yin, X. (2014). Compact planar broadband antenna with modified radiating

patch and parasitic stubs. In *Proceedings of 2014 3rd Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation* (pp. 173–175). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APCAP.2014.6992444>

ANEXOS.

ANEXO 1 CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DE LA ESPIRAL LOGARÍTMICA EN MATLAB.

Mediante las siguientes líneas de código en mattworks Matlab se obtienen los dos vectores con las coordenadas polares de la espiral logarítmica con factor de crecimiento 0.35 calculada entre $\varnothing_o=0.67\pi$, $\varnothing_{ed}=4.7\pi$., este código fue tomado de (Vargas, 2010)

```
clc
```

```
clear all
```

```
a=0.508e-3;
```

```
b=0.35;
```

```
omega=0.5*pi;
```

```

beta0=0.67*pi;

betaed=3.7*pi+pi;

paso=pi/180;

tamanopaso=10,

pasofin=paso*tamanopaso

teta=beta0:pasofin:betaed;

polar(teta,beta0.*exp(b.*(teta-beta0)), 'r')

hold on

polar(teta,-beta0.*exp(b.*(teta-beta0)), 'r')

for m=30.6:10:120.6

    teta1=m

    radio=0.0413

end

polar(teta1,radio, 'r')

teta=phi0:pasofin:phied+sigma;

polar(teta,rho0.*exp(a.*(teta-phi0-sigma)), 'r')

polar(teta,-rho0.*exp(a.*(teta-phi0-sigma)), 'r')

```

```
xlabel('Radio [m]'); ylabel('Angulo [Grados]');
```

```
title('Antena espiral en coordenadas polares')
```

```
n=0
```

```
angulo=phi0*180/pi
```

```
for teta=phi0:pasofin:phied
```

```
    n=n+1;
```

```
    B1(n)=rho0*exp(a*(teta-phi0));
```

```
    angulo1(n)=angulo;
```

```
    angulo=angulo+tamanopaso;
```

```
end
```

```
B1
```

```
angulo1
```

```
n=0
```

```
angulo=phi0*180/pi
```

```
for teta=phi0:pasofin:phied+sigma
```

```
    n=n+1;
```

$B2(n)=rho0*\exp(a*(teta-phi0-sigma));$

angulo1(n)=angulo;

angulo=angulo+tamanopaso;

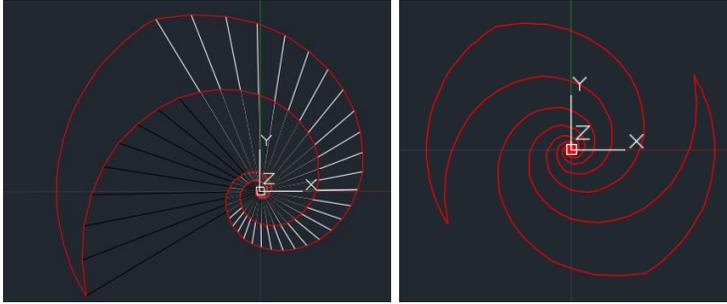
end

B2

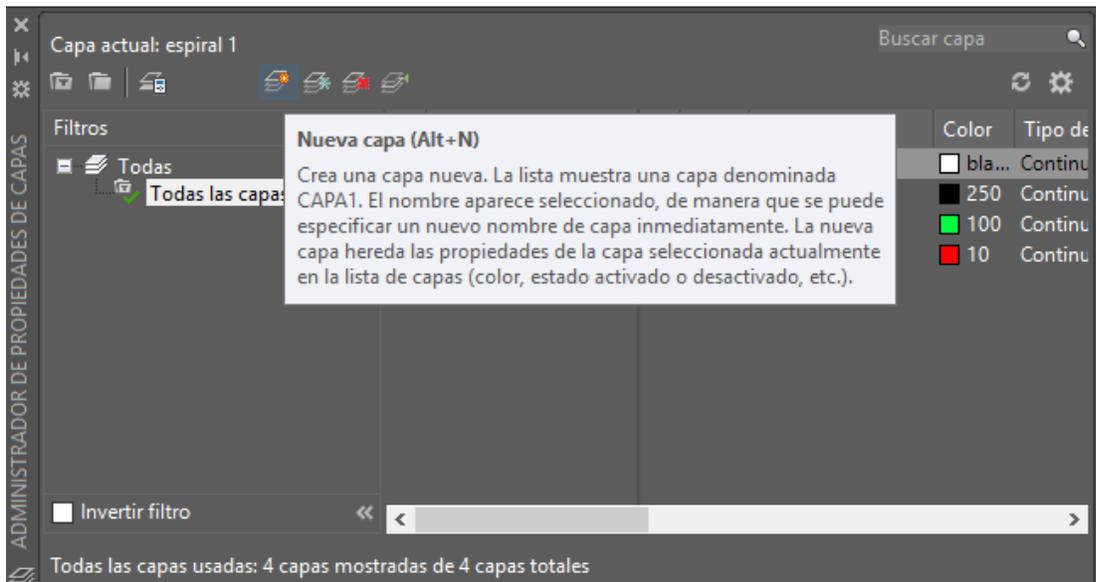
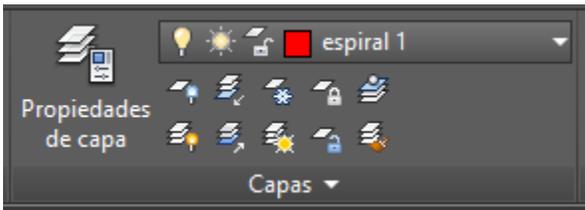
angulo1

ANEXO 2. DISEÑO DE LA ESPIRAL LOGARÍTMICA EN AUTOCAD.

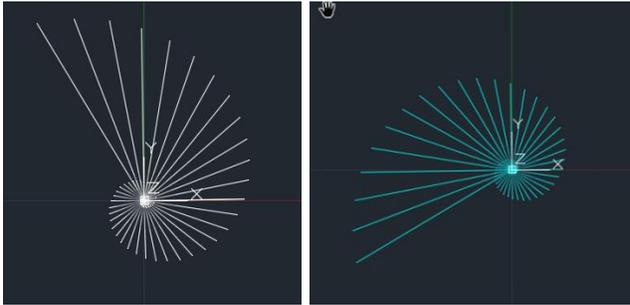
Para esto hay que crear la figura del radiador mediante el uso de 4 capas diferentes, en la capa 0 y 1 se ingresan los puntos correspondientes a los brazos de la espiral obtenidos en Matlab, en la capa 2 se ingresa el arco que une los extremos de las curvas, y en la capa final se unen los puntos de estos componentes para formar el segundo brazo de la espiral, como ya se mencionó antes el segundo brazo se obtiene rotando el primero 180° .



Para ingresar una capa en AutoCAD se hace click en propiedades de capa en la barra de iconos superior, una vez ahí se selecciona nueva capa.

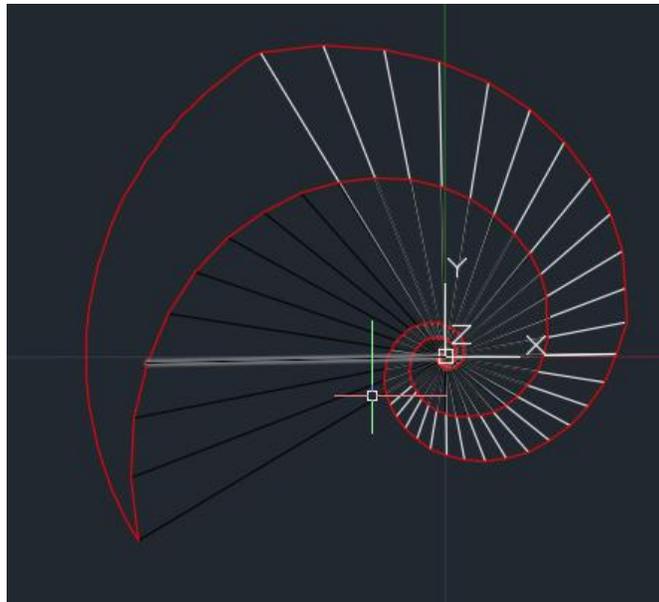


Sobre las capas 1 y 2 se ingresan uno a uno los puntos provenientes de la matriz creados en Matlab en coordenadas polares usando el comando “LINEA”.

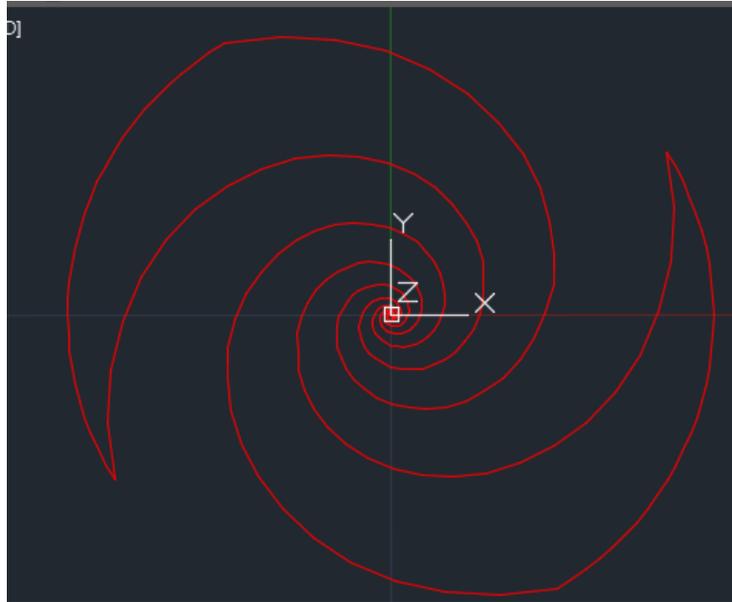


Así se ven las 2 capas iniciales por separado.

Para crear las líneas del contorno externo es creada otra capa y se usa el comando “LINEA” para unir los puntos, así mismo es creada la línea interna sobre otra capa.



Para obtener la siguiente capa de la espiral se usa el comando “REGION” este rotara la región correspondiente a la capa del primer brazo de la espiral y lo copiara, pero adelantado 180° .



El último paso en AutoCAD es seleccionar el área que será exportada esto se hace seleccionando los dos brazos de la elipse y usando el comando “EXPLODE”, una vez hecho esto se puede salvar el archivo creado en extensión “.dwg”

Una vez el archivo con extensión DWG sea creado en AutoCAD es posible importarlo en ANSYS Electronics HFSS®, para esto se usa la opción import ubicada en la pestaña 3D modeler, tras configurar el grosor del solido se crea el objeto en ANSYS Electronics HFSS®.

