

Análisis y diseño de un monopolo impreso para UWB.

Ariel Blanco Barreto, Juan Justo Morales, Ismary Lavandera Hernández

RESUMEN

En el presente trabajo se expone un método para obtener una antena tipo monopolo rectangular impreso diseñado para Ultra Wideband que cumple con los requerimientos preestablecidos luego de su optimización. El ancho de banda obtenido cubre el intervalo de frecuencias definido por la Comisión Federal de las Comunicaciones (FCC) para los sistemas Ultra Wideband (3.1-10.6 GHz). Se muestra además un procedimiento de escalamiento para aprovechar el excelente ancho de banda alcanzado, para diseñar otra antena con menor frecuencia inferior (847 MHz) que puede ser utilizada en numerosas aplicaciones, como por ejemplo la telefonía móvil, GPS, Bluetooth, Wi-Fi y WiMax. Con la aplicación de este método de diseño eficiente, conocido como "Método de Escala", se logra un significativo ahorro de tiempo en el necesario proceso de diseño y simulación. Se presenta una comparación entre los resultados obtenidos mediante la simulación del diseño escalado y las mediciones obtenidas del prototipo construido.

Palabras claves: Antena monopolo impreso, Método de escala, Ultra Wideband (UWB).

ABSTRACT

In the present paper describes a method to obtain a printed rectangular monopole antenna designed for Ultra Wideband that meets predetermined requirements from optimization. The obtained bandwidth covers the frequency range defined by the Federal Communications Commission (FCC) for Ultra Wideband (3.1-10.6 GHz). To harness the bandwidth excellent reached, further shows a scaling procedure for designing other antenna with smaller lower frequency (847 MHz) that can be used in numerous applications, such as mobile phones, GPS, Bluetooth, Wi-Fi and WiMax. With the implementation of this efficient design method, known as "Scale Method", is achieved by significant time savings in the necessary process design and simulation. We present a comparison between the results obtained by simulating the scaled design and the measurements obtained from the prototype built.

Key words: *Printed monopole antenna, Scale method, Ultra Wideband (UWB).*

"Analysis and design of a printed monopolo for UWB".

INTRODUCCION

En la actualidad existe una creciente demanda de los servicios de comunicaciones inalámbricas, donde las antenas con un gran ancho de banda son las más solicitadas en el mercado, ya que con una sola antena se pueden obtener múltiples aplicaciones. Entre las más demandadas están las que tienen un rango de frecuencias desde 800 MHz hasta 11 GHz, ya que incluye casi todos los sistemas de comunicaciones inalámbricas.

La tecnología Ultra Wideband o UWB, dentro de los sistemas de comunicación inalámbricas de corto alcance, es de las más reclamada debido a su alta velocidad, baja potencia de transmisión de datos, baja probabilidad de intercepción y rechazo al efecto del multitrayecto.

Las antenas monopolo planos e impresas son buenos candidatos para la tecnología UWB por su gran ancho de banda y su patrón de radiación omnidireccional, todo ello unido a una estructura simple y compacta.

¿QUÉ ES UWB?

Los sistemas UWB son tecnologías de comunicación de radio basados en señales tipo radar en forma de monociclos de muy corta duración (alrededor de los nanosegundos), con una energía relativamente pequeña. Estos sistemas no usan portadoras en su transmisión, por lo que no necesitan dispositivos adicionales. Esto lo hace mucho más barato con respecto a los sistemas de Radio Frecuencia (RF) con portadora [1].

En Febrero del 2002, la Comisión Federal de las Comunicaciones (FCC) de los Estados Unidos, asignó una banda para el uso de UWB la cual se extiende desde 3.1GHz a 10.6 GHz para las aplicaciones comerciales, con una densidad espectral de potencia máxima de -41.3 dBm/MHz. El alcance de estos sistemas es reducido, lo cual puede ser ventajoso cuando se desee intercambiar datos entre dispositivos en espacios relativamente pequeños.

Según la definición de la FCC, cualquier señal que cumpla con una de las dos condiciones siguientes, forma parte de un sistema UWB [1]:

- a) Ancho de banda fraccional entre puntos a -10dB es mayor o igual que el 20%.

$$\frac{B}{f_c} = \frac{f_h - f_l}{(f_h + f_l)/2} \times 100 \geq 20\% \quad (1)$$

Donde: B : Ancho de banda absoluto,

f_c : Frecuencia central,

f_h : Frecuencia superior del rango de frecuencia,

f_l : Frecuencia inferior del rango de frecuencias.

En la figura 1 se muestra una comparación del ancho de banda fraccional de las señales de banda estrecha (NB), banda ancha (WB) y UWB.



Figura 1. Ancho de banda fraccional para los sistemas de banda estrecha (NB), banda ancha (Wideband) y UWB.

- b) El ancho de banda absoluto B es mayor o igual que 500MHz, independientemente de la frecuencia central.

$$B = f_h - f_l \geq 500 \text{ MHz} \quad (2)$$

APLICACIONES

En el sector militar ha tenido grandes aplicaciones como son el radar y el campo de la imagen. Los radares que utilizan UWB emplean el mismo principio que los tradicionales, con la diferencia de estar orientados a la ubicación de blancos a través de paredes de cualquier material (excepto totalmente metálicas) y de utilizar potencias de salida del orden de los mili watts (mW). Para lograr tal fin utilizan bandas dentro del rango de los 250 MHz y 3 500 MHz, ya que las frecuencias más bajas son las que tienen más capacidad de penetración dentro de los materiales [2].

Sus altas tasas binarias de transmisión usando baja potencia en espacios reducidos, la convierten en la principal candidata para las aplicaciones de los sistemas WPAN. Aquí podemos mencionar la interconexión sin hilos para aplicaciones de almacenamiento, USB inalámbrico y aplicaciones de multimedia. También es utilizada en las transmisiones entre computadoras y diferentes dispositivos como cámaras fotográficas, cámaras de videos, reproductores de MP3, impresoras y teléfonos móviles [3].

ANTENAS MONOPOLOS IMPRESOS

Las antenas monopolo planos son también conocidas como antenas de disco planar. Algunas de estas configuraciones tienen un ancho de banda que cumple con las aplicaciones de UWB, pero no son las preferidas para UWB porque están montadas generalmente en un plano de tierra de grandes dimensiones, el cual es perpendicular al plano del monopolo que también puede tener el parche impreso sobre un dieléctrico, lo cual la convierte en una estructura tridimensional. Otro inconveniente es que el largo del plano de tierra limita el patrón de radiación a sólo la mitad del hemisferio [4].

Por otra parte, las Antenas Monopolo Impresos (AMIs) son planas y tienen el plano de tierra impreso junto con el parche en el mismo dieléctrico. Estas antenas tienen un patrón de radiación similar al de una antena de dipolo y pueden ser integrados con otros componentes sobre una tarjeta de circuito impreso (PCB), tienen un tamaño reducido sobre un dieléctrico y son de fácil fabricación. En la figura 2 se muestra en (a) un monopolo plano y en (b) un monopolo impreso.



Figura 2. Antena monopolo (a) plano y (b) impreso.

Las AMIs pueden ser vistas como un caso especial de la configuración de las antenas de microcintas, con un plano de tierra parcial que está localizado en la superficie inferior del dieléctrico. El parche de estas antenas es fabricado sobre un sustrato de dieléctrico, frecuentemente el FR4 por su bajo costo [4].

Para estimar el límite de la frecuencia inferior del monopolo impreso, la fórmula dada para un monopolo cilíndrico puede ser usada con una modificación apropiada. Si L es la altura de monopolo planar en cm , tomada como la de un monopolo cilíndrico equivalente y r es el radio efectivo del monopolo cilíndrico equivalente en cm , el cual es determinado igualando el área de las antenas monopolo cilíndrica y planar. Luego el límite de frecuencia inferior es dado como [4]:

$$f_L = \frac{c}{\lambda} = \frac{7.2}{(L + r + p)} \quad (3)$$

Donde c : Velocidad de la luz en el espacio libre,

λ : Longitud de onda,

L : Altura de la antena planar en cm ,

r : Radio efectivo del monopolo cilíndrico equivalente en cm ,

p : Longitud de la línea de alimentación de 50Ω en cm .

A diferencia de las antenas de monopolo de disco planar, los monopolos impresos tienen una capa de dieléctrico en un lado del monopolo. Este material posibilita la reducción de la longitud de onda en el dieléctrico y por tanto, la disminución de las dimensiones de la antena. Así, la ecuación más apropiada para calcular el límite de la frecuencia inferior es [4]:

$$f_L = \frac{c}{\lambda} = \frac{7.2}{\{(L + r + p) \times k\}} \quad (4)$$

Como se mencionó anteriormente, las AMIs pueden ser vistas como un caso especial de la configuración de las antenas de microcintas, con un plano de tierra parcial que está localizado en la superficie inferior del dieléctrico. Siguiendo esta analogía, el factor k puede tener el mismo significado de $\sqrt{\epsilon_{eff}}$. Para el sustrato comúnmente usado, el FR4 con $\epsilon_r = 4.4$ y $h = 0.16cm$, el valor empírico de $k = 1.15$ [4].

La figura 3 muestra una Antena Monopolo Rectangular Impreso (AMRI). Si la longitud es l y el ancho es W , entonces:

$$L = l, \quad r = \frac{W}{2\pi} \quad \text{para AMRI 1} \quad (5)$$

$$L = W, \quad r = \frac{l}{2\pi} \quad \text{para AMRI 2} \quad (6)$$

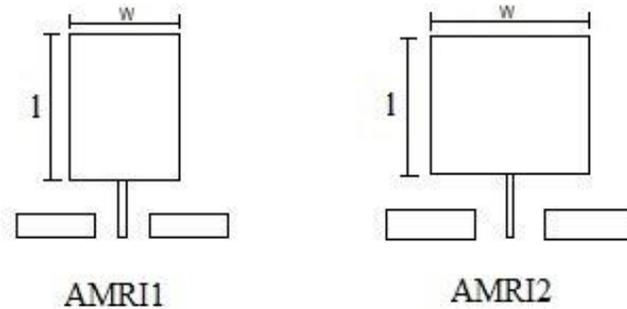


Figura 3. Antena monopolo rectangular impreso.

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA ANTENA PARA UWB

El diseño inicial consiste en una antena monopolo rectangular impreso alimentado mediante una línea de microcinta de ancho $W_l = 3.164mm$ y largo $L_l = 11.5mm$. El parche tiene forma de rectángulo con una sección cónica en el extremo inferior. Este estrechamiento se utiliza para mejorar el acople de la antena durante su funcionamiento en el ancho de banda. También cuenta con dos ranuras en los dos extremos superiores y un plano de tierra parcial al otro lado del sustrato de longitud $L_g = 11.3mm$, los cuales contribuyen a incrementar la frecuencia de resonancia de la antena. El sustrato usado en [5] es el FR4 con $\epsilon_r = 4.7$ espesor $h = 1.574mm$ pero los materiales disponibles para la construcción de la antena son el FR4 con $\epsilon_r = 4.25$ y espesor $h = 1.6mm$, por lo que se realiza un proceso de optimización para obtener resultados similares al diseño propuesto en [5]. Las dimensiones de esta antena son $28 \times 29mm^2$. En la figura 4 se muestra la estructura inicial de la antena.

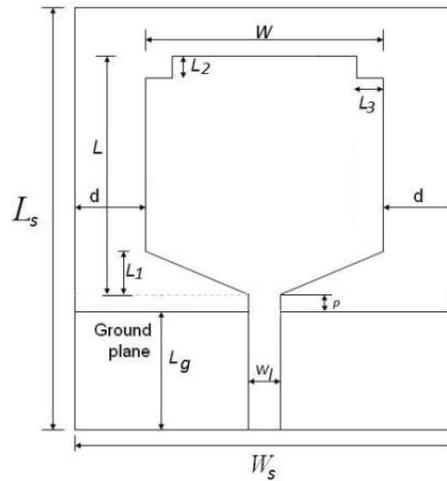


Figura 4. Estructura inicial de la antena.

Para estimar el límite de frecuencia inicial de esta AMRI, se parte de la ecuación 6) para una AMRI2. La longitud del parche es $L = 13.5\text{mm} = 1.35\text{cm}$, el ancho es $W = 15.8\text{mm} = 1.58\text{cm}$, $k = 1.15$ y $p = 0.02\text{cm}$. Sustituyendo en la ecuación 6) se obtiene que el radio efectivo del monopolo cilíndrico equivalente es:

$$r = \frac{L}{2\pi} = \frac{1.35}{6.28} = 0.214\text{cm}$$

Luego el límite de la frecuencia inferior, según la ecuación 4) es:

$$f_L = \frac{C}{\lambda} = \frac{7.2}{\{(L + r + p) \times k\}} = \frac{7.2}{\{(1.58 + 0.214 + 0.02) \times 1.15\}} = 3.45\text{GHz}$$

La optimización de la antena, para obtener su diseño final, se realiza mediante el uso del software CST Microwave Studio11. Ello consiste en realizar diferentes barridos con el fin de optimizar sus parámetros. En la figura 5 se observa el barrido paramétrico de la longitud de la sección cónica L_1 .

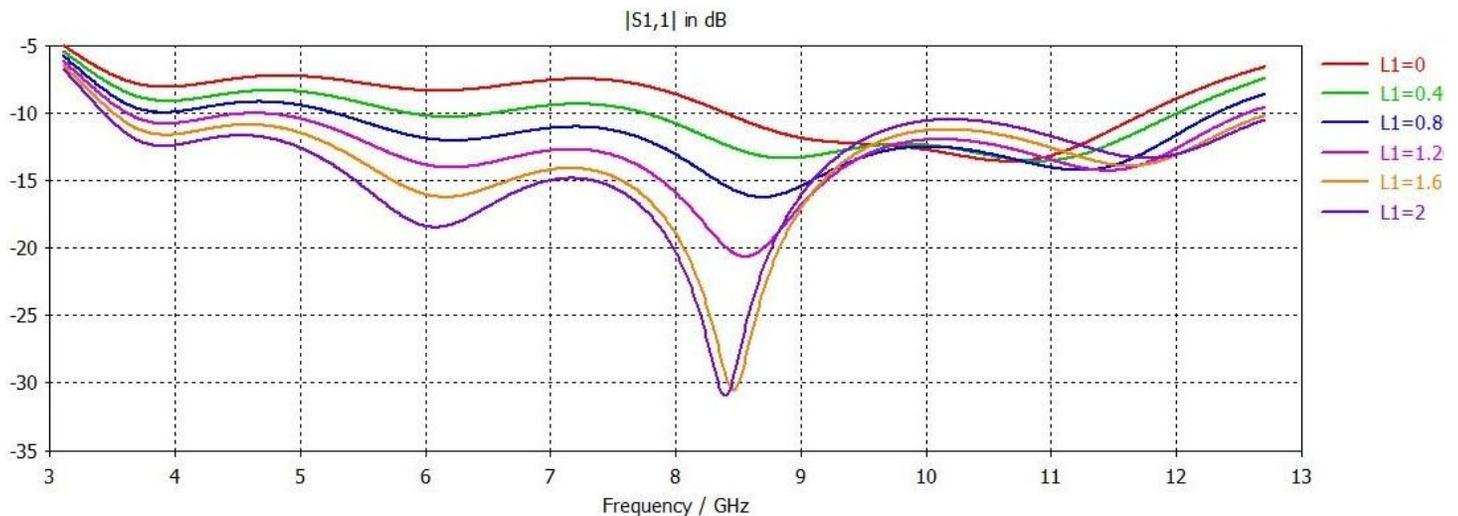


Figura 5. Barrido del parámetro L_1 .

En la figura 5 se observa que para L_1 con valor cero, la antena presenta un ancho de banda reducido que está comprendido desde 8.4GHz hasta 11.8GHz. Sin embargo, con el aumento del valor de L_1 , el ancho de banda se incrementa desde 3.4GHz hasta 12.8GHz. Con este resultado se selecciona la curva $L_1=2\text{mm}$, ya que con este valor la antena presenta un mayor ancho de banda y mejor adaptación de impedancia.

La figura 6 muestra la variación de las pérdidas de retorno con respecto a la disminución de la longitud de la tierra L_g .

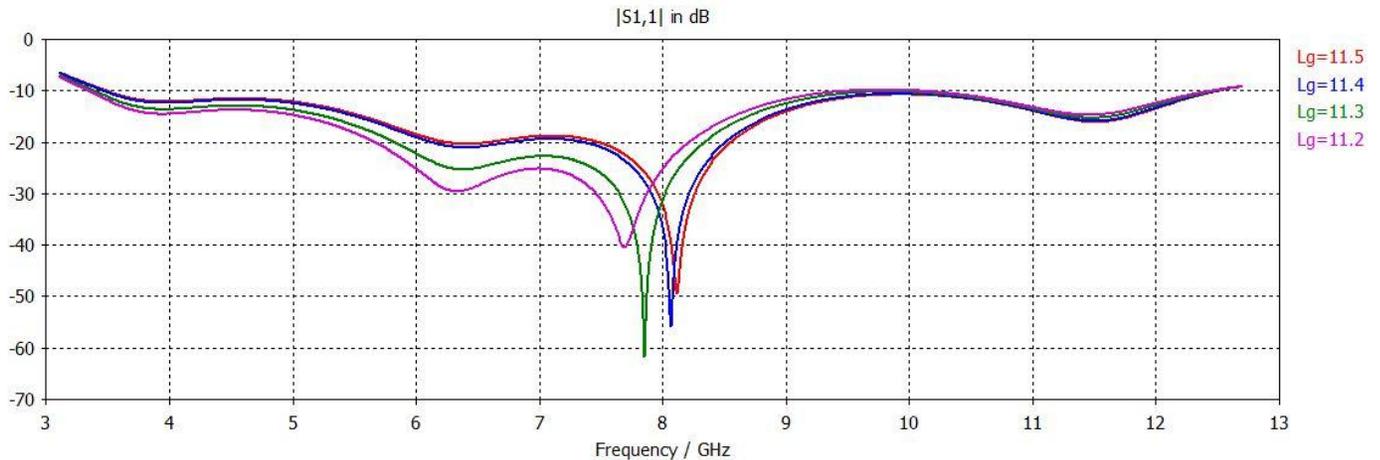


Figura 6. Barrido del parámetro L_g .

Los resultados obtenidos para todos los valores están por debajo de -10dB. De la figura 6 se concluye que para valores en el intervalo desde $L_g=11.5\text{mm}$ hasta $L_g=11.3\text{mm}$ en las frecuencias menores de 9GHz, se mejoran las pérdidas de retorno por debajo de -10dB. Sin embargo, para valores de L_g menores de 11.3mm empeoran las pérdidas de retorno. Se observa también que a frecuencias mayores de 9GHz los valores de L_g convergen. Aquí se selecciona la curva $L_g=11.3\text{mm}$, ya que es la que mejor resonancia presenta.

La figura 7 muestra las pérdidas de retorno de la antena optimizada. Esta antena exhibe un gran ancho de banda que cubre el intervalo de 3.4 GHz hasta 12.4 GHz, solamente con una zona alrededor de los 10GHz rozando los -10dB.

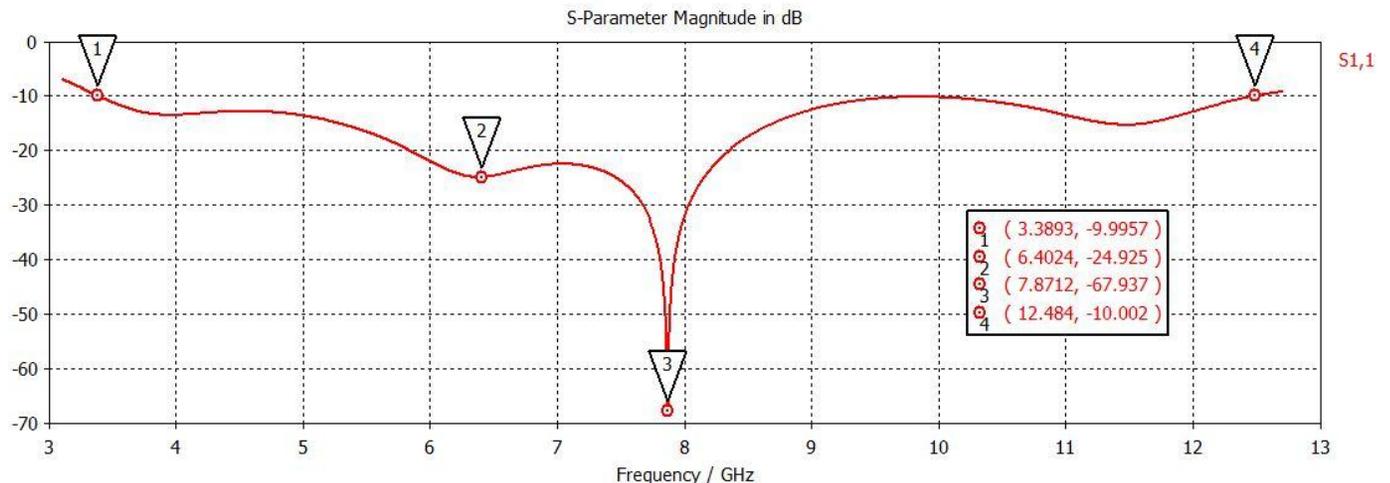


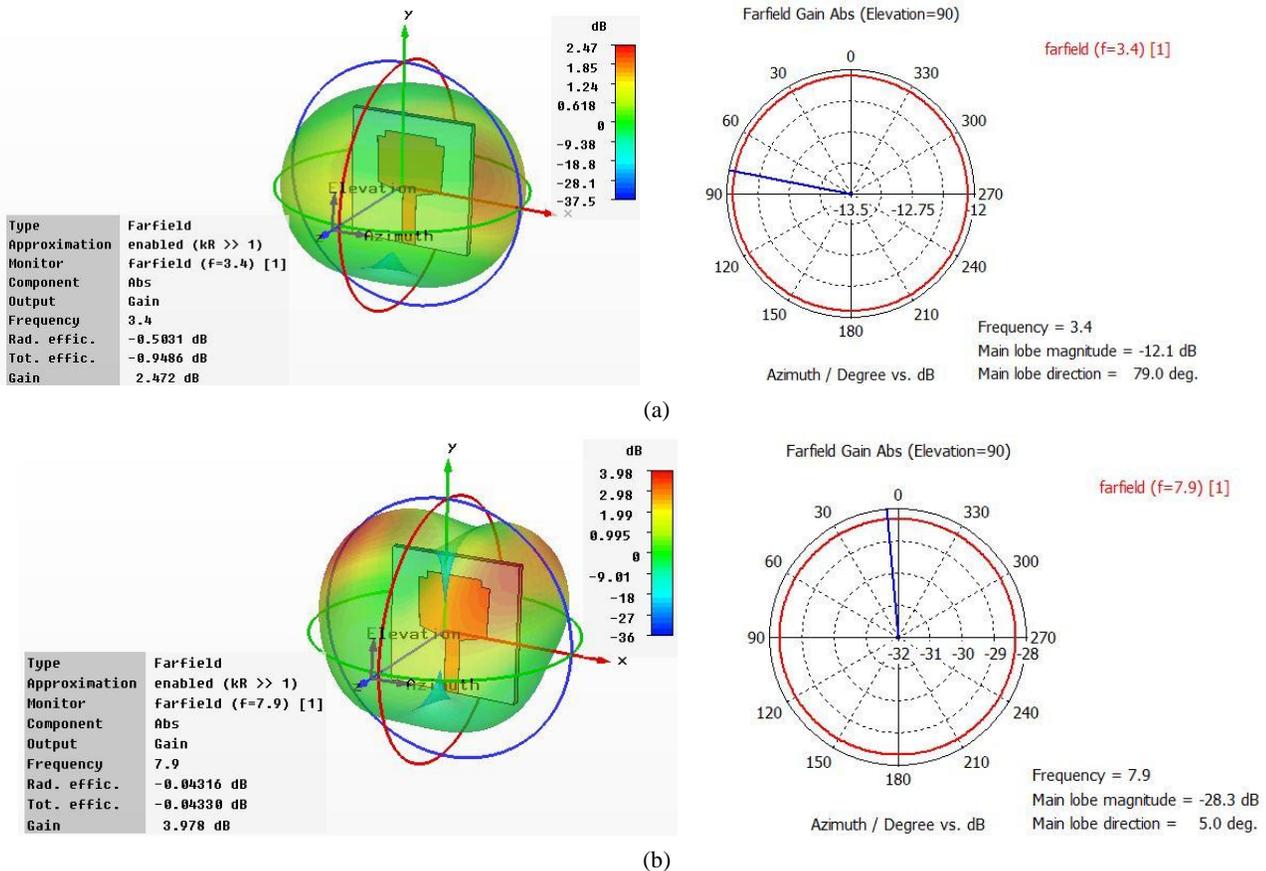
Figura 7. Pérdidas de retorno del diseño inicial.

Como se puede observar en la figura 7, la frecuencia inicial de esta antena es 3.4 GHz y coincide aproximadamente con la frecuencia del límite inferior obtenida anteriormente a partir de una AMRI2. Resumiendo los análisis realizados, se puede concluir que las dimensiones que optimizan este diseño son los mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones óptimas de la antena.

| Dimensión | Valor (mm) |
|-----------|------------|
| W_s | 28 |
| L_s | 29 |
| W | 15.8 |
| L_1 | 2 |
| L_2 | 1.5 |
| L_3 | 1.9 |
| L_g | 11.3 |
| W_l | 3.164 |
| L_l | 11.5 |

En la figura 8 se muestran los diagramas de radiación en 3D (dB) y 1D (Azimuth) para las frecuencias inicial, central y final



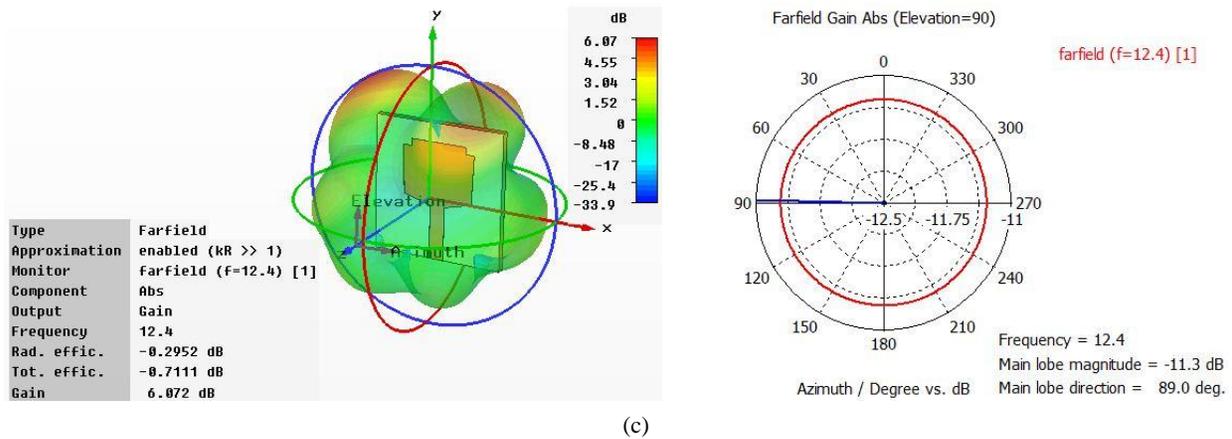


Figura 8. Diagrama de radiación (a) frecuencia inicial, (b) frecuencia central y (c) frecuencia final.

En la figura 8 se puede observar cómo se obtiene un patrón de radiación omnidireccional a lo largo del ancho de banda. Se puede ver además, como aumenta la ganancia desde 2.4 dB hasta 6 dB con el incremento de la frecuencia. Estas simulaciones se hicieron en la escala logarítmica, para poder apreciar mejor los posibles mínimos del diagrama de radiación, y expresar las ganancias en dB, aunque lógicamente trae el inconveniente de que la eficiencia sale lógicamente con un valor negativo, debido a que es menor que la unidad. No obstante se puede comprobar con una simple aritmética, que la eficiencia total en todos los casos es superior al 60%

Después de obtener esta antena con este gran ancho de banda de 9085 MHz, y debido a la necesidad de disponer de otra antena también con excelente ancho de banda pero que tenga una frecuencia de trabajo inferior, se puede aplicar un método de diseño eficiente que permite un significativo ahorro de tiempo en el proceso de diseño y simulación y que aproveche los excelentes resultados obtenidos en el primer proceso. Este método se conoce como “Método de Escala” descrito en [6] y posibilita obtener rápidamente antenas que puedan ser utilizada en numerosas aplicaciones como son la telefonía móvil, GPS, Bluetooth, Wi-Fi, Wimax entre otros.

DISEÑO DE UNA ANTENA IMPRESA MEDIANTE EL MÉTODO DE ESCALA

Los diseños físicos de una antena van a depender de las dimensiones eléctricas de éstas. Una ventaja de esto, es que las antenas pueden ser escaladas desde una frecuencia a otra expresando sus dimensiones en términos de longitud de onda. De este modo, si tenemos una antena diseñada para una frecuencia, es fácil convertir el diseño a cualquier otra frecuencia, simplemente llevando la antena a las nuevas dimensiones en términos de longitud de onda.

El método de escala, fue muy utilizada en las antenas de alambre y si bien no es un técnica muy exacta para muchas antenas como microcintas o monopolos impresos, puede ser un buen punto de partida para el diseño de antenas que requieran ser escaladas de una frecuencia a otra, para luego, mediante un proceso de optimización con el uso de un software de simulación, obtener las características del diseño final.

El procedimiento realizado para escalar las dimensiones de esta antena es el siguiente [7]:

1. Calcular la longitud de onda de la frecuencia de trabajo de la antena inicial λ_0 . Aquí se toma un valor de 4 GHz. Más adelante se explicará por qué se tomó este valor de frecuencia.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \times 10^8 (m/s)}{4 \times 10^9 (1/s)} = 0.075m = 75mm \quad (7)$$

2. Convertir todas las dimensiones de la antena en términos de longitud de onda. Para ello se divide cada dimensión de la antena original entre la longitud de onda λ_0 calculada en el paso 1.

$$d_i = \frac{L}{\lambda_0} \quad (8)$$

Donde: d_i : Valor obtenido mediante la división de cada dimensión de la antena entre λ_0 .

L : Dimensiones de la antena.

3. Calcular la longitud de onda de la frecuencia de trabajo de la nueva antena λ_{new} . El valor seleccionado es 800 MHz.

$$\lambda_{new} = \frac{c}{f_{new}} = \frac{3 \times 10^8 (m/s)}{8 \times 10^8 (1/s)} = 0.375m = 375mm \quad (9)$$

4. Una vez obtenida λ_{new} , ésta se multiplica por todos los valores obtenidos en el segundo paso, dando así, a las nuevas dimensiones de la antena.

$$L' = d_i \times \lambda_{new} \quad (10)$$

En la tabla 2 se muestran los resultados del proceso de escalado de las dimensiones de la nueva antena.

Tabla 2. Resultado del proceso de escala de la antena.

| Dimensión | Valor inicial (mm) | Valor en términos de λ | Valor final (mm) |
|-----------|--------------------|--------------------------------|------------------|
| W_s | 28 | $0.37 \lambda_{new}$ | 138.75 |
| L_s | 29 | $0.386 \lambda_{new}$ | 144.75 |
| W | 15.8 | $0.2 \lambda_{new}$ | 75 |
| L_1 | 2 | $0.026 \lambda_{new}$ | 9.75 |
| L_2 | 1.5 | $0.02 \lambda_{new}$ | 7.5 |
| L_3 | 1.9 | $0.025 \lambda_{new}$ | 9.375 |
| L_g | 11.3 | $0.15 \lambda_{new}$ | 56.25 |
| W_l | 3.164 | - | 3.164 |
| L_l | 11.5 | $0.153 \lambda_{new}$ | 57.375 |
| h | 1.6 | - | 1.6 |
| P | 0.19 | $0.0025 \lambda_{new}$ | 0.95 |

Ahora se analizan las particularidades del escalado de antenas para UWB. Como las antenas de este tipo tienen más de una frecuencia de trabajo debido a su gran ancho de banda, se debe elegir uno de dichos valores para realizar el escalado. Para esta selección debe tenerse en cuenta que el valor de frecuencia no debe ser muy alto, así las dimensiones de la antena se mantienen lo más pequeñas posible.

Esto se demuestra a continuación:

Partiendo de la ecuación (10) y sustituyendo en ella los valores de d_i y λ_{new} , utilizando las ecuaciones (8) y (9) se obtiene:

$$L' = d_i \times \lambda_{new} = \frac{L}{\lambda_0} \times \frac{c}{f_{new}} \quad (11)$$

Sustituyendo λ_0 en (11) por su ecuación definida en (7), queda:

$$L' = \frac{L}{\lambda_0} \times \frac{c}{f_{new}} = \frac{L}{c/f_0} \times \frac{c}{f_{new}} = \frac{f_0 L}{c} \times \frac{c}{f_{new}} = \frac{f_0 L}{f_{new}}$$

Ahora las nuevas dimensiones son directamente proporcionales al valor de la frecuencia inicialmente seleccionada.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En la figura 9(a) se muestra el diseño de la antena inicial y en la figura 9(b) el diseño de la antena escalada sin optimizar. En 9(b) se observa como todas sus dimensiones aumentaron, excepto el espesor del sustrato y el ancho de línea de alimentación de microcinta.

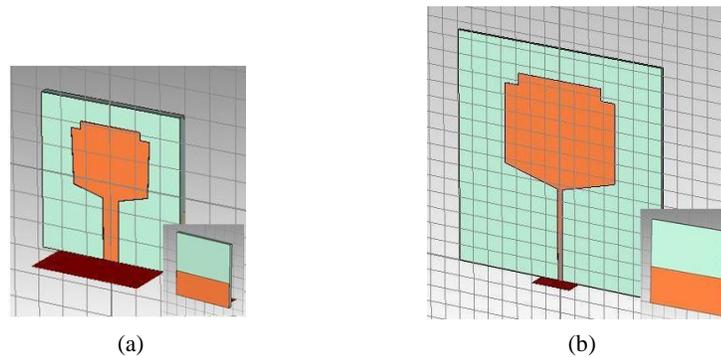


Figura 9. Estructura de la antena propuesta, (a) inicial, (b) escalada.

El espesor del sustrato no se escala, debido a que el dieléctrico disponible para la fabricación de la antena es el FR4 de espesor 1.6mm con $\epsilon_r = 4.25$. A fin de mantener una impedancia de entrada de 50Ω dado el espesor del dieléctrico, se mantiene el mismo valor del ancho de la línea de alimentación de microcinta.

La figura 10 muestra las pérdidas de retorno de la antena escalada:

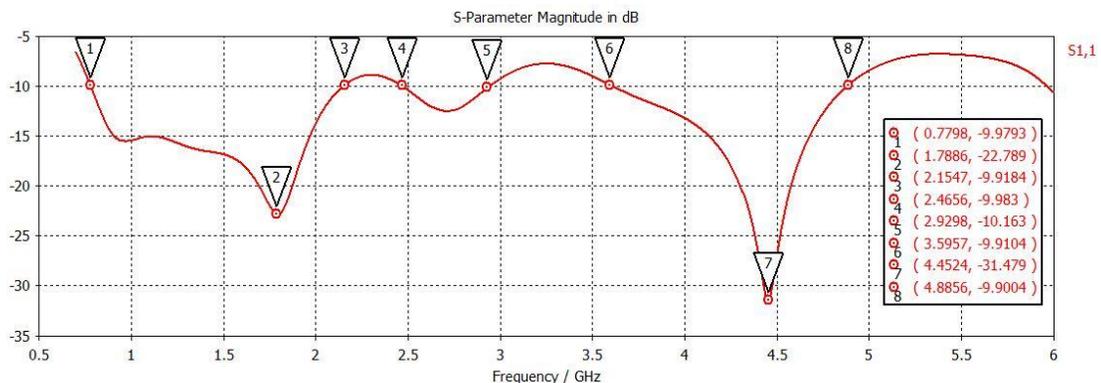


Figura 10. Pérdidas de retorno de la antena escalada.

En la figura 10 se observa como a través del escalado de las dimensiones del diseño inicial de la antena, se logra un corrimiento hacia la izquierda del espectro de las frecuencias hasta los 779MHz. También se aprecian dos zonas (2.1GHz a 2.4GHz y de 2.9GHz a 3.5GHz) que sobrepasan la línea de -10 dB, los cuales deben ser mejorados mediante un proceso de optimización, ya que se desea construir la antena. Las dimensiones del dieléctrico también es conveniente disminuirlas a fin de obtener una antena lo más pequeña posible. Para esto es necesario optimizar y realizar barridos paramétricos de sus dimensiones.

Para la optimización de la antena se le realizan, primeramente, dos barridos paramétricos a la longitud del sustrato L_s disminuyéndolo 5mm en cada caso. El resultado de estas dos pruebas es el mismo, ya que las pérdidas de retorno no sufrieron variación alguna con la disminución de la longitud del sustrato. Por este motivo, se decide realizar nuevamente un barrido paramétrico a dicha dimensión, pero esta vez disminuyendo 20mm desde su valor inicial. El resultado obtenido se muestra en la figura 11.

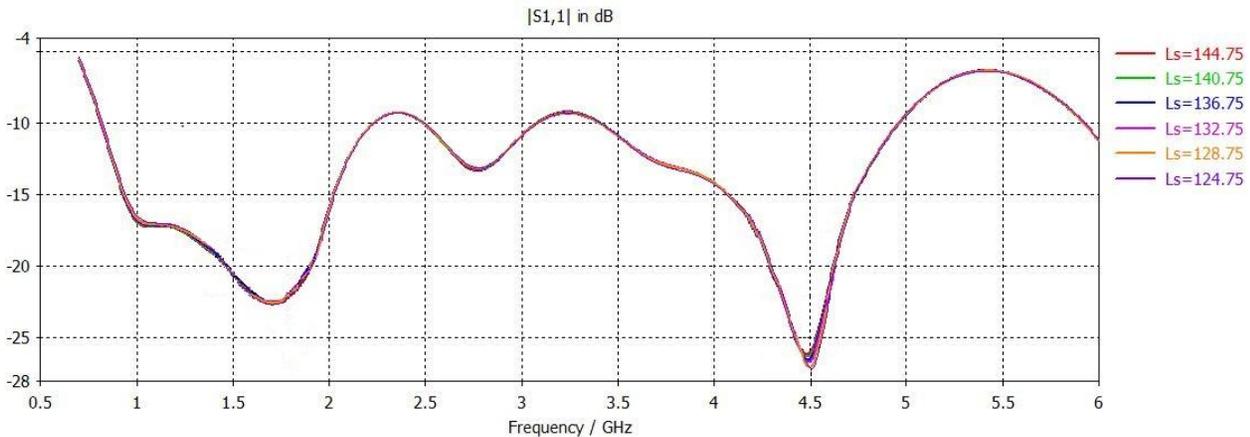


Figura 11. Barrido del parámetro L_s .

Se observa que disminuyó 20mm la longitud del sustrato y las pérdidas de retorno no tuvieron ninguna variación. Esto es aceptable, ya que lo que se busca es disminuir las dimensiones de la antena. Bajo este resultado, se selecciona la curva $L_s = 124.75mm$.

Para el barrido de la longitud del parche L se aumentan las dimensiones del parche hasta el límite superior del sustrato. En la figura 12 se muestra el resultado obtenido.

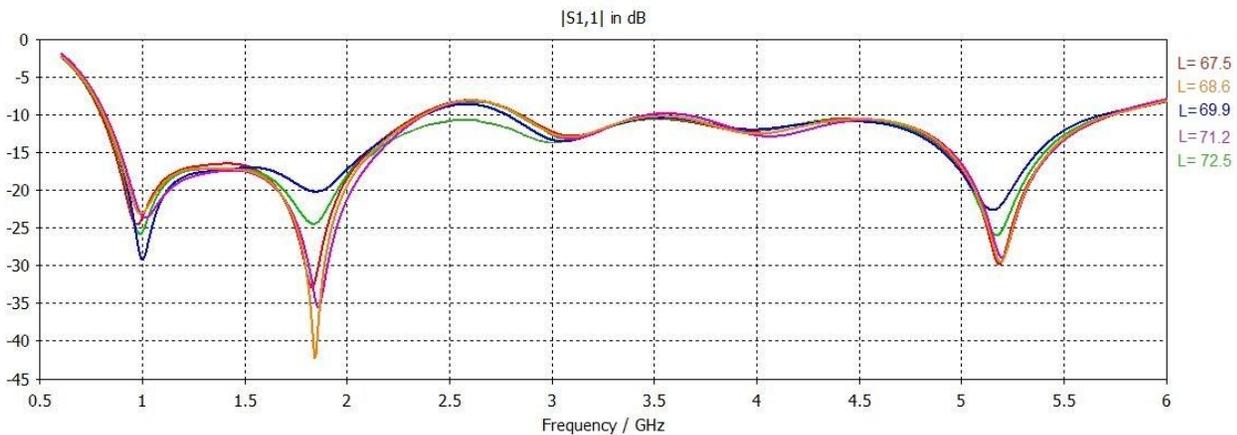


Figura 12. Barrido del parámetro L

En la figura 12 se observa que con el aumento del largo del parche hasta el límite superior del sustrato, se mejoran las pérdidas de retorno en la banda de 2.3GHz a 3GHz. Basado en este resultado se selecciona la curva $L = 72.5mm$. En la figura 13 se muestran las pérdidas de retorno de la antena escalada una vez optimizado sus dimensiones.

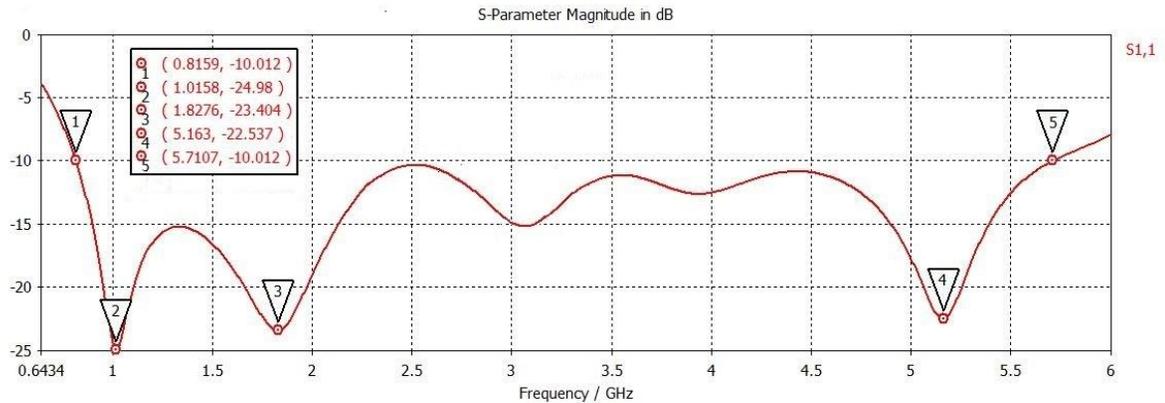


Figura 13. Pérdidas de retorno final de la antena escalada.

De esta manera se logra una antena con un ancho de banda de 4894.8 MHz en la banda desde 815.9 MHz a 5.7 GHz. Esta antena puede usarse en los sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha para las aplicaciones de telefonía móvil, GPS, Bluetooth, Wi-Fi y WiMax entre otros. En la figura 14 se muestra el diseño de la antena escalada después de la optimización.

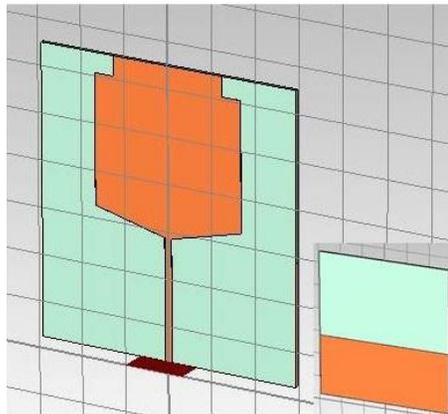


Figura 14. Antena escalada optimizada.

Esta antena escalada es compacta y planar, aunque su tamaño ya no es tan pequeño como el del diseño inicial. Esto se debe a que sus dimensiones físicas dependen de la longitud de onda de la frecuencia de trabajo. A continuación se muestran en la tabla 3 las dimensiones óptimas de la antena escalada.

Tabla 3. Dimensiones óptimas de la antena escalada.

| Dimensión | Valor (mm) |
|-----------|------------|
| W_s | 116.75 |
| L_s | 124.75 |
| W | 67 |
| L_1 | 8 |
| L_2 | 8.5 |
| L_3 | 8.5 |
| L_g | 51.875 |
| W_l | 3.164 |
| L_l | 52.375 |

En la figura 15 se muestra el diagrama de radiación en 1D (Azimuth) para las frecuencias de (a) 900 MHz, (b) 1.6 GHz, (c) 1.8 GHz y (d) 2.45 GHz.

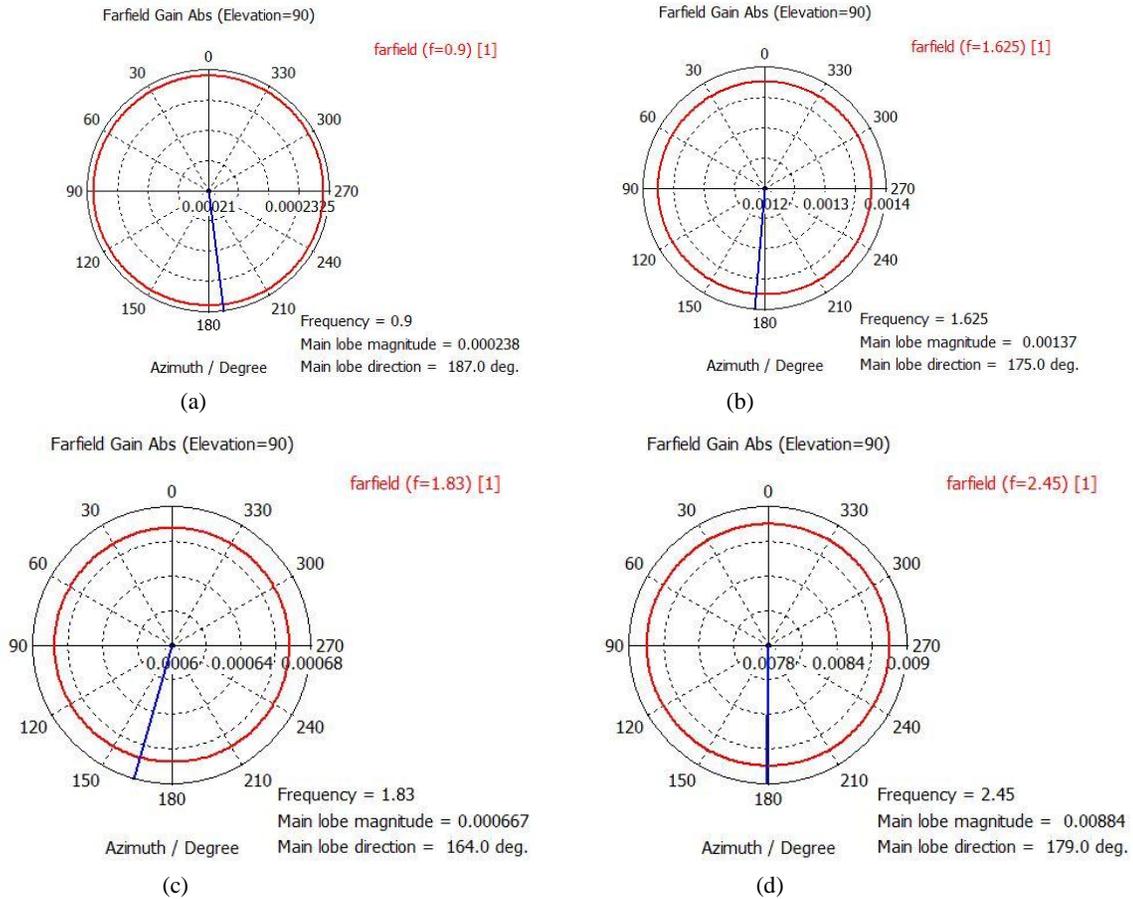


Figura 15. Diagrama de radiación en 1D para (a) 900MHz, (b) 1.6 GHz, (c) 1.8 GHz y (d) 2.45 GHz.

En esta figura se puede observar como la antena escalada mantiene un patrón de radiación omnidireccional en las frecuencias seleccionadas.

CONSTRUCCIÓN Y MEDICIÓN DE LA ANTENA

Después de optimizada la antena escalada, se procede a la construcción física de la misma. Para ello, el dieléctrico usado es el FR4 de espesor 1.6mm con $\epsilon_r = 4.25$ y el espesor del cobre es de 0.036mm. La figura 16 muestra la antena física (a) vista frontal (b) vista trasera.



Figura 16. Antena física (a) vista frontal, (b) vista trasera.

Una vez concluido este proceso, se le realizaron mediciones en el Analizador Vectorial de Redes Rhode & Schwarz modelo ZVB 20 disponible en el laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas del Dpto. de Telecomunicaciones y Telemática del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE). En la figura 17a. se muestran las pérdidas de retorno obtenidas en la simulación y en la 17b. las obtenidas en la medición ,también se han superpuesto las simuladas para facilitar la comparación.

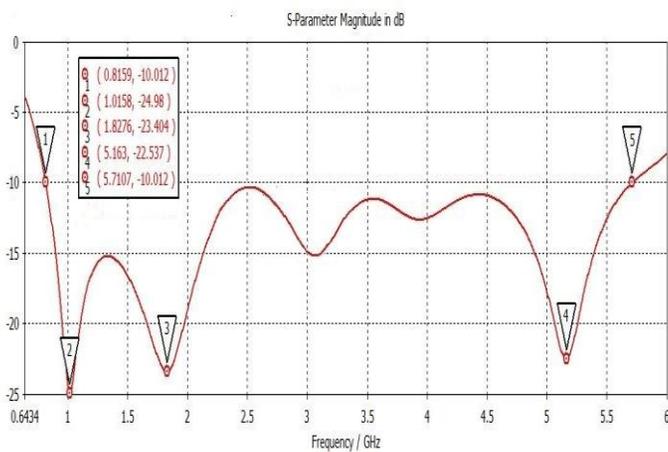


Figura 17a. Pérdidas de retorno simuladas

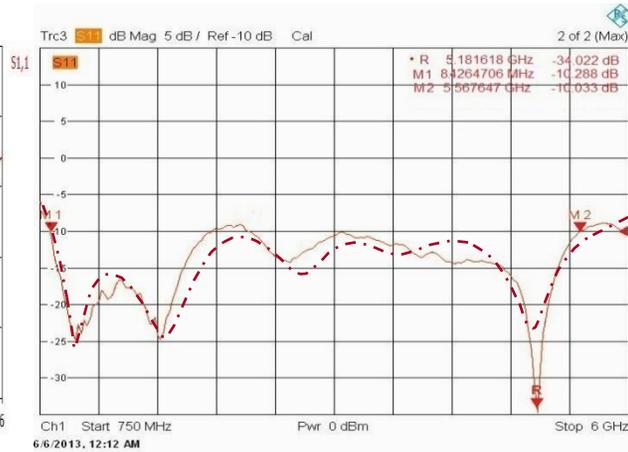


Figura 17b. Pérdidas de retorno medidas — y simuladas - - -

Al comparar la simulación y los resultados de la medición, se aprecia que los resultados obtenidos en la antena construida son muy similares. Se aprecia una pequeña diferencia en la medición de la antena física ,hay un ligero empeoramiento de las pérdidas de retorno en las frecuencias desde 2.2GHz hasta 2.6GHz lo cual no es significativo. Esto es debido a imprecisiones en la construcción. En la tabla 4 se realiza una comparación entre la antena simulada y la construida, mostrándose para cada caso, los valores de la frecuencia inicial f_i , frecuencia final f_f y las tres frecuencias de resonancia obtenidas (f_{01}, f_{02}, f_{03}). Aquí AB es el ancho de banda, S11 son las pérdidas de retorno y ROE es la relación de onda estacionaria.

Tabla 4. Comparación entre la antena simulada y la construida.

| Frecuencias | Simulación en el CST | | | | Medición en el analizador de redes | | | |
|-------------|----------------------|---------|----------|-------|------------------------------------|---------|----------|-------|
| | Valor(MHz) | S11 | AB (MHz) | ROE | Valor(MHz) | S11 | AB (MHz) | ROE |
| f_i | 815.2 | -10 | 4894.8 | 2 | 842.647 | -10 | 4724.993 | 2 |
| f_f | 5712.2 | -10 | | 2 | 5567.64 | -10 | | 2 |
| f_{01} | 1018.7 | -24.98 | - | 1.119 | 1066.54 | -25.300 | - | 1.113 |
| f_{02} | 1825.3 | -23.404 | - | 1.145 | 1830.88 | -24.672 | - | 1.12 |
| f_{03} | 5161.6 | -22.536 | - | 1.161 | 5181.6 | -34.022 | - | 1.04 |

El gran ancho de banda obtenido en esta antena la hace idónea para ser utilizada en numerosas aplicaciones como las que se muestran en la figura 18.

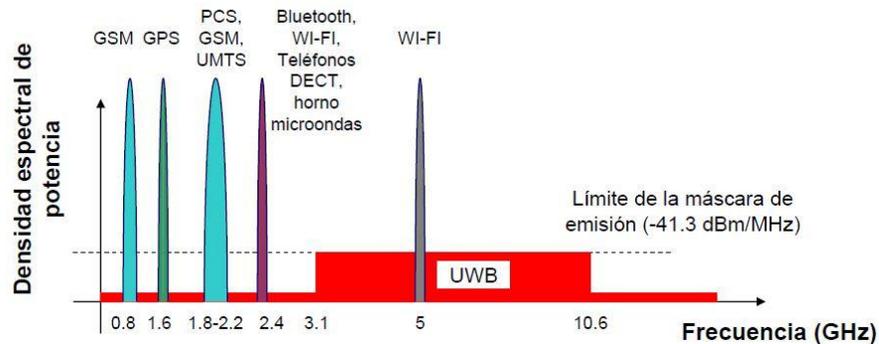


Figura 18. Diferentes aplicaciones para las comunicaciones inalámbricas.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se expone un método para obtener una antena tipo monopolo rectangular impreso diseñado para Ultra Wideband. El ancho de banda obtenido en términos de adaptación de impedancias, perdidas de retorno menores que -10dB, cubre el intervalo de frecuencias para estos sistemas (3.1-10.6 GHz). Teniendo en cuenta que es un monopolo con diagrama de radiación típicamente no direccional, se ha pospuesto su medición para un futuro trabajo.

Se muestra además, un interesante procedimiento de escalamiento, que permite hacer corresponder parte del excelente ancho de banda alcanzado, con el ancho de banda necesario (842 MHz a 5.56 GHz) para aplicaciones de gran interés como la telefonía móvil, GPS, Bluetooth, Wi-Fi y Wi-Max.

Con la aplicación de este método de diseño eficiente, conocido como “Método de Escala”, se logra un significativo ahorro de tiempo en el necesario proceso de diseño y simulación. Se presenta además una comparación entre los resultados obtenidos mediante la simulación del diseño escalado y las mediciones obtenidas del prototipo construido.

El sistema de radiación construido tiene una aplicación inmediata en el laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas del Dpto. de Telecomunicaciones y Telemática del ISPJAE como antena patrón para medir los parámetros de radiación de las antenas ahí construidas para este intervalo de frecuencias.

REFERENCIAS

1. **Cheng, C-H.:** "Introduction to Ultra Wideband Systems": *Wireless Access Technology Laboratory*.
2. **Cracovski, IJI:** Tecnología Emergente: *Banda Ultra Ancha*. Nuevas Tecnologías. Buenos Aires; 2007.p 48
3. **Ruiz Cruz, J.:** "Introducción a los sistemas de Banda Ultra Ancha (UWB)".2008; Univ. Autónoma de Madrid. p 20.
4. **Ray, KP:** "Design Aspects f Printed Monopole Antennas for Ultra Wide Band Applications". [Research Article].2008; Volume 2008, Article ID 713858:8.
5. **Zamel, H.M.** et al. (2008). "Design of a Compact UWB Planar Antenna with Band-Notch Characterization". Faculty of Engineering-Cairo University, KIND SAUD UNIVERSITY.
6. **Sinclair, George:** "Theory of Models of Electromagnetic Systems", Proc. I.R.E., 36, 1364-1370, November, 1948.
7. **Blanco Barreto, Ariel:** "Análisis y Diseño de antenas para UWB", La Habana: Cujae; 2013.

AUTORES

Ariel Blanco Barreto, Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Ingeniero, Cujae. La Habana, Cuba. arielbb17@gmail.com

Juan Justo Morales, Ingeniero Eléctrico, **Profesor** Auxiliar del Dpto. Telecomunicaciones y Telemática del ISPJAE. MSc. en Sistemas de Radio Comunicaciones, La Habana, Cuba, jjusto@electronica.cujae.edu.cu

Ismary Lavandera Hernández, Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Cursa la maestría en Sistemas de Radiocomunicaciones. Trabaja en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDT) perteneciente al MININT. La Habana, Cuba.