

DISEÑO DE UNA LPDA IMPRESA CON DIPOLOS CÓNICOS PARA DISTINTOS SERVICIOS

Ing. Fidel Alejandro Fernández Carcasés¹ Daniel Angel Rodas Sansón², Danelys Rodríguez Avila³,
DrC. Francisco Marante Rizo⁴

ISPJAE, calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda Marianao, La Habana, Cuba

¹ atelefide@hotmail.com, ² jorgedelgado@infomed.sld.cu, ³ danelys@electrica.cujae.edu.cu
⁴ marante@electrica.cujae.edu.cu

RESUMEN

Hoy en día con el creciente auge de las nuevas tecnologías es posible encontrar antenas para distintos servicios como: televisión digital, telefonía móvil, Wifi, LTE, comunicaciones satelitales, etc, por lo cual es preciso crear estructuras novedosas, que aprovechen las ventajas en cuanto al tamaño y rendimiento. El presente trabajo está enfocado en la obtención de una antena en tecnología impresa que pueda brindar servicios como son WIFI, WIMAX y LTE. En el mismo se analizan las principales características de las antenas de microcintas y de las logarítmicas periódicas (LPDA); analizando las ventajas y desventajas que puede traer la fusión de ambas para el diseño. También se propone un grupo de consideraciones para el diseño de la antena, tomándose como principales objetivos lograr un menor tamaño del dispositivo, un bajo perfil y un buen rendimiento para la banda de frecuencias deseada. Las simulaciones del diseño en el software Ansoft HFSS son analizadas, corroborando el cumplimiento de las metas iniciales.

PALABRAS CLAVES: recepción, antena, microcintas, logarítmicas.

ABSTRACT

Today, with the growing importance of new technologies may find antennas for different services such as digital TV, mobile telephony, wireless, LTE, satellite communications, etc., which are very important to create novel structures, that take advantage as the size and performance. The present work is focused on obtaining a printed antenna technology that can provide services such as WiFi, WiMax and LTE etc. In the same key features of microstrip antennas, log periodic (LPDA) are analyzed; taking the advantages and disadvantages that can bring their for design. A group of considerations for the design of the antenna is also proposed taking as main objectives to achieve a smaller size of the device, a low

profile and good performance for the desired frequency band. Simulations of design in Ansoft HFSS v12 software are analyzed, confirming compliance with the initial goals.

KEYWORDS: reception, antenna, microstrip, logarithmic

INTRODUCCIÓN

El desarrollo actual que experimentan las comunicaciones inalámbricas trae consigo la necesidad de obtener sistemas radiantes pequeños, de bajo perfil, que cubran el ancho de banda de interés, con características de radiación adecuadas, a un coste razonable.

Entre las estructuras más utilizadas para dicha aplicación se encuentran los arreglos de antena logarítmica periódica de dipolos, un conjunto de dipolos unidos y alimentados de forma alterna a través de una línea de transmisión común.

Por otra parte, las antenas de microcintas han demostrado ser sistemas de recepción muy atractivos, debido a su pequeño tamaño, poco peso, movilidad y la variedad de modelos que pueden ser diseñados para cubrir un gran número de servicios.

Es por eso que esta investigación pretende integrar ambos tipos de antenas de manera que se aprovechen las ventajas que poseen cada una por separado.

ANTENA LOGARÍTMICA CÓNICA IMPRESA

En este apartado se discutirán el diseño y simulación de una Antena Logarítmica Periódica Impresa (LPDA por sus siglas en inglés) con brazos cónicos que pueda brindar servicios como WIFI en 2.4 y 5GHz, Wimax y LTE. Mediante un proceso de optimización se llevará a cabo el estudio de las variables geométricas como el ancho, el largo y la separación entre los dipolos.(Fig.1)

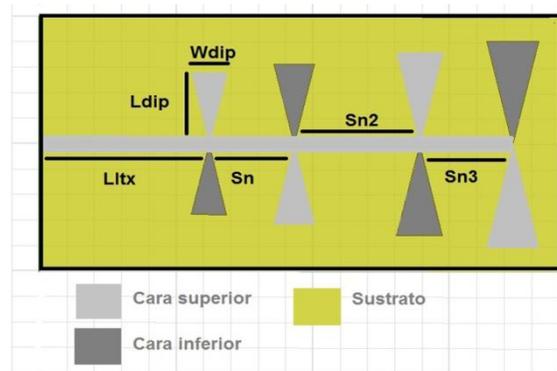


Figura 1: Propuesta de diseño.

Como soporte se utiliza el sustrato de doble capa de FR4 (fibra de vidrio) con las características:

- permitividad $\epsilon_r = 4.4$.
- tangente de pérdidas $\alpha = 0.02$.
- espesor del sustrato $h = 1.5$ mm.
- espesor metálico del cobre $t = 0.035$ mm.

Para el diseño de la línea de alimentación a microcinta se utilizó el modelo de línea de transmisión¹ y las ecuaciones aplicadas en el cálculo de antenas LPDA convencionales².

Como se puede observar en la figura 1, los dipolos están situados en ambas caras del sustrato dieléctrico y están periódicamente escalados en todas sus dimensiones (longitud, anchura y separación respecto al elemento anterior).

La alimentación de la antena se realiza mediante una línea de transmisión, impresa en las dos caras del sustrato, que alimenta todos los dipolos que conforman la antena³.

La longitud total de la línea de alimentación del dipolo es de media longitud de onda ($\lambda_g/2$).

El ancho $W_L = 2.9$ mm se escogió a partir de los resultados obtenidos en el software PCAAAD para las características del dieléctrico y la impedancia característica deseada (50ohm).⁴

El diseño se comenzó por el más pequeño cuya frecuencia deseada fue 2.4 GHz. Para obtener la longitud óptima del dipolo impreso se han realizado una serie de simulaciones de la antena variando la longitud (L_{dip}) del mismo desde 25mm (aprox. $\lambda/5$) hasta 60mm (aprox. $\lambda/2$) en pasos de 6mm, logrando resonancia en 2.5GHz con buenos valores en las pérdidas de retorno y cercana a la frecuencia deseada, que equivale a 0.31λ , sensiblemente inferior al tradicional. Esto se debe a los efectos del sustrato en la antena⁵. En la figura2 se muestra la parametrización de las pérdidas de retorno para dicho dipolo.

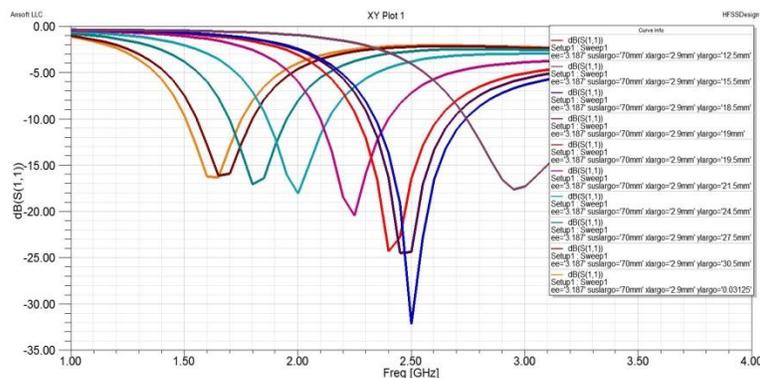


Figura 2: Parametrización del largo del dipolo.

Para comprobar la influencia del ancho del dipolo (W_{dip}) se realizó una parametrización del mismo entre valor inicial y valor final. Los resultados se muestran en la figura 3.

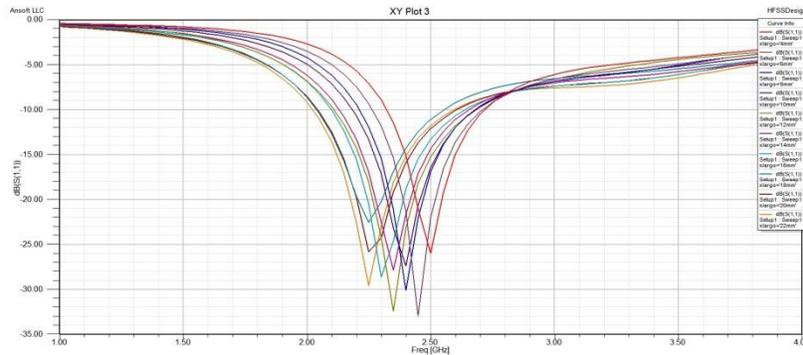


Figura 3: Influencia del ancho del dipolo

Como se puede observar, al aumentar la anchura del dipolo, la frecuencia de resonancia se desplaza ligeramente hacia valores inferiores. Se eligió el ancho (W_{dip}) igual a 8mm que muestra buenos resultados y desplaza la frecuencia hasta 2.4 GHz, que es el valor deseado inicialmente. Este valor representa un 6% de la longitud de onda.

CONSIDERACIONES PARA EL DIPOLO CÓNICO IMPRESO

Luego de parametrizar el ancho y el largo en el epígrafe anterior y obtener como resultados $L_{dip}=0.31*\lambda$ y $W_{dip}=0.064*\lambda$ se decidió llegar a relaciones más generales que pudieran ser empleadas en el diseño de un dipolo cónico impreso para un sustrato específico y para una frecuencia deseada.

De las simulaciones obtenidas se concluyó primeramente la importancia de las dimensiones del sustrato, ancho (W_{sus}), largo (L_{sus}) y altura (h_{sus}). Los valores que arrojaron los resultados óptimos en todas las frecuencias simuladas determinaron que para que no varíe la frecuencia de resonancia es necesario que con una $h_{sus}=1.5\text{mm}$, las dimensiones de ancho y largo deben ser $W_{sus}=0.7*\lambda_g$ y $L_{sus}=0.6*\lambda_g$.

Una vez definidos los parámetros de la geometría del sustrato los valores W_{dip} y L_{dip} se pusieron en función de λ_g obteniéndose $W_{dip}=0.12*\lambda_g$ y $L_{dip}=0.529*\lambda_g$. Con estos resultados se obtuvieron las pérdidas de retorno para 2.4GHz. Como se observa en la figura 4 se alcanza resonancia en la frecuencia esperada con los valores obtenidos hasta el momento.

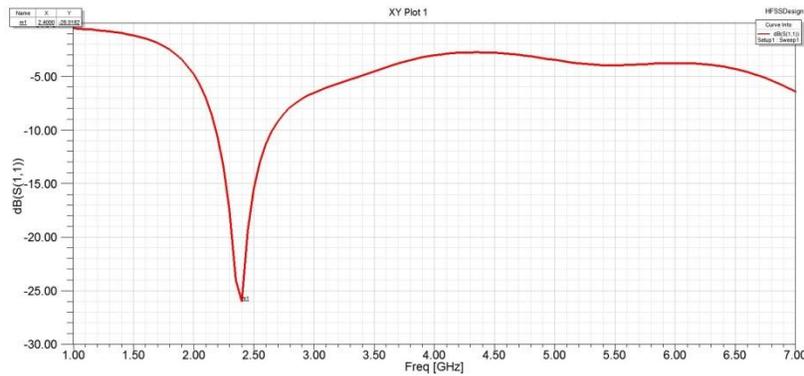


Figura 4 Pérdidas de retorno en 2.4 GHz dipolo cónico.

Con la idea de generalizar el criterio de diseño obtenido se simularon las pérdidas de retorno para algunas frecuencias discretas desde 1.5 GHz hasta 6 GHz en busca de resultados similares.

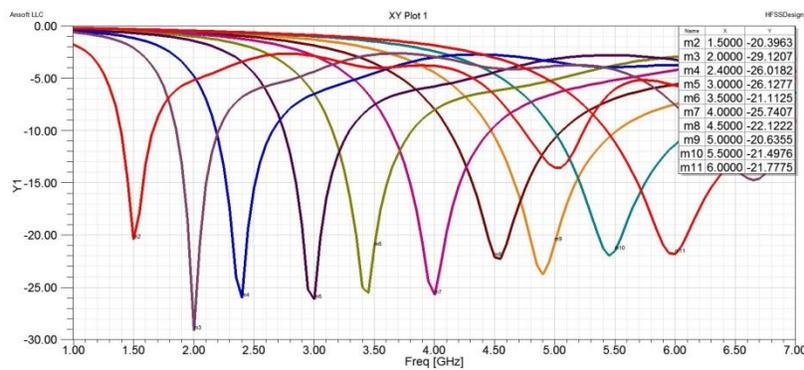


Figura 5: Pérdidas de retorno para frecuencias discretas desde 1.5ghz hasta 6ghz.

La figura 5 muestra los resultados esperados con mínimos en las frecuencias simuladas por debajo del umbral de -10db y concluye que las relaciones obtenidas anteriormente pueden ser utilizadas para la construcción de un dipolo cónico en un amplio rango de frecuencias sobre FR4 con $\epsilon_r=4.4$ y $h_{sus}=1.5\text{mm}$.

Como se observa en la figura 6 los patrones de radiación para cada frecuencia simulada se comportan como los de un dipolo (los valores de directividad varían según la frecuencia de diseño).

Con los resultados obtenidos se comprobó que la relación $W_{dip}/L_{dip}=0.414$ se mantiene constante para las distintas frecuencias, dato que puede definirse como parámetro de diseño.

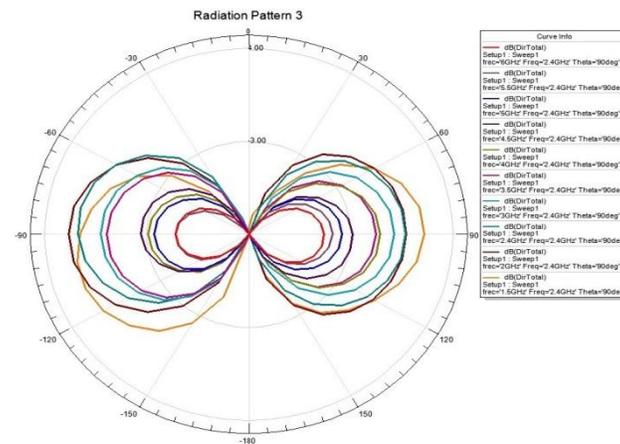


Figura 6: Patrón de radiación bidireccional para diferentes frecuencias.

Siguiendo los resultados obtenidos anteriormente se realizará una analogía para la obtención del dipolo de menores dimensiones que equivale a la mayor frecuencia de trabajo de la antena. A partir de este se escalarán periódicamente los siguientes elementos.

LPDA CÓNICA DE 2 DIPOLOS

Una vez diseñado el dipolo impreso para la frecuencia de 2.73GHz, añadimos un nuevo elemento en la antena. Para el cálculo de la longitud del mismo, aplicamos el factor de escala elegido para la antena logoperiódica ($t = 0.88$ escogido según la bibliografía)² al dipolo más pequeño de la distribución (diseñado en el punto anterior), obteniendo una longitud de 35mm, con una frecuencia de resonancia de 2.4GHz. La separación entre los dos dipolos se calcula aplicando las fórmulas básicas que aportan la bibliografía para antenas logratímicamente periódicas², donde las longitudes de onda son 2.4GHz y 2.73GHz. El resultado obtenido para esta dimensión es $S_n = 19\text{mm}$. La anchura de este nuevo dipolo, se obtiene escalando directamente la anchura del elemento más pequeño.

Por último se calculó la separación entre el primer dipolo de la distribución y el punto de alimentación de la antena (longitud de la línea) y se obtuvo como resultado 28.7mm.

En la figura 7 se muestran las pérdidas de retorno simuladas de la antena. Como se puede apreciar en la figura, debido al acoplamiento entre los dipolos de la antena, las frecuencias de resonancia de cada dipolo se desplazan ligeramente del valor de diseño. La frecuencia central de la banda de funcionamiento es 2.81GHz y el ancho de banda obtenido es de 1.25GHz, aproximadamente el 44.5% de la frecuencia central.

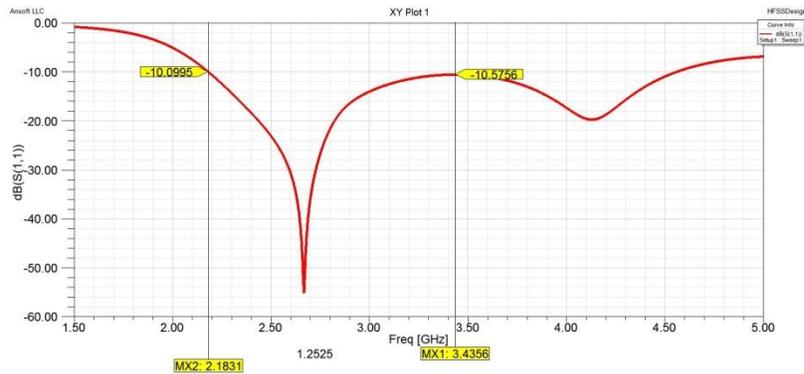


Figura 7: Pérdidas de retorno con 2 dipolos.

Con la adición de un solo dipolo se observa un aumento considerable del ancho de banda y una ligera tendencia al aumento de la directividad (1.64dB).

LPDA CÓNICA DE 4 DIPOLOS

Para el diseño de esta antena se partió de la antena anterior de dos dipolos y añadimos dos elementos más. Las frecuencias de resonancia de los dipolos, las dimensiones de los mismos y las separaciones entre ellos se obtienen directamente aplicando el factor de escala ($t = 0.88$). El dipolo más grande, el más alejado al punto de alimentación, tiene una frecuencia de resonancia de 1.86GHz. El otro dipolo añadido se simuló para una frecuencia 2.1GHz.

Las pérdidas de retorno simuladas para la antena logoperiódica de cuatro elementos se muestran en la figura 9. Como se puede observar en la figura, el ancho de banda de la antena es notablemente superior al esperado, llegando hasta 3.9GHz (el dipolo más pequeño se diseñó a 2.73GHz). Este aumento de

ancho de banda pudiera estar determinado por la excitación de los modos de orden superior cuando se modifica el diseño de la antena y por tanto la distribución de corriente por la superficie conductora. La frecuencia central de funcionamiento de la antena es 2.79GHz, mientras que el ancho de banda de la misma es de 2.14GHz, lo que supone el 77% de la frecuencia central.

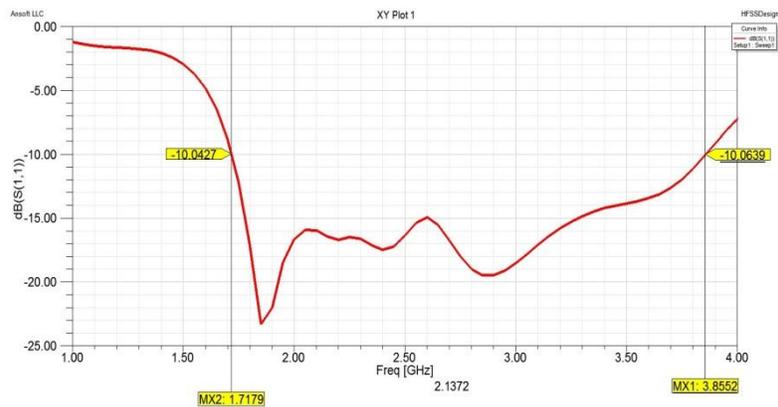


Figura 9: Pérdidas de retorno para 4 dipolos.

Como se observa en la figura 10, la tendencia es aumentar la directividad proporcionalmente con el número de dipolos (3.75dB). Esto es debido a que se comportan como directores a medida que la región activa de la antena se desplaza hacia las frecuencias menores.

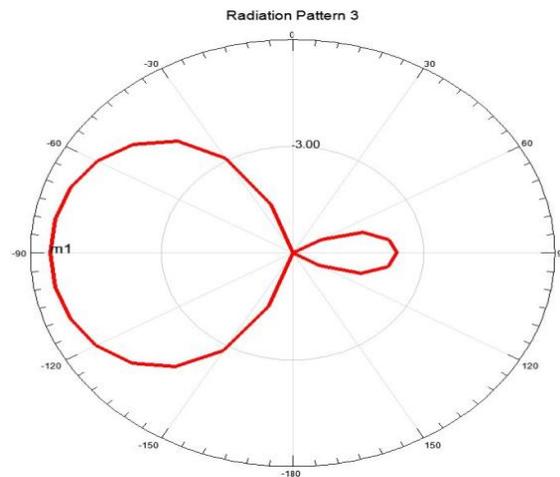


Figura 10: Patrón de radiación con 4 dipolos.

LPDA CÓNICA DE 6 DÍPOLOS

Siguiendo el mismo procedimiento de diseño presentado anteriormente se obtiene la antena de 6 dipolos. Las frecuencias de los dos dipolos añadidos fueron: 3.1GHz y 3.5GHz.

En la figura 11 se representan las pérdidas de retorno de la antena, en la que existen mínimos en algunas de las frecuencias de diseño. En este caso, el rango frecuencial de funcionamiento de la antena es ligeramente superior al obtenido con 4 dipolos, obteniéndose 2.29GHz de ancho de banda y una frecuencia central de 2.78GHz. Con el objetivo de lograr la aparición de mínimos en todas las frecuencias de trabajo y alcanzar un mejor funcionamiento de la antena se decidió parametrizar las distancias entre cada uno de los elementos.

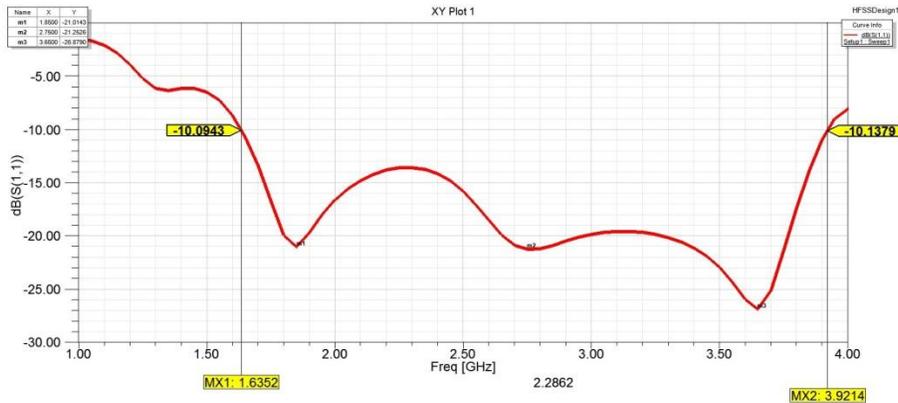


Figura 11: Pérdidas de retorno para 6 dipolos.

La parametrización se comenzó por la separación entre los dipolos más pequeños y se fueron cambiando cada una de las distancias en pasos de 2 mm, de esta manera se fueron tomando los valores que mostraban mejor comportamiento en las pérdidas de retorno hasta llegar al último dipolo, quedando como se muestra en la figura 12. Como resultado se pudo comprobar que a medida que se cambian las distancias entre los dipolos los mínimos en las frecuencias de diseño se hacían más notables.

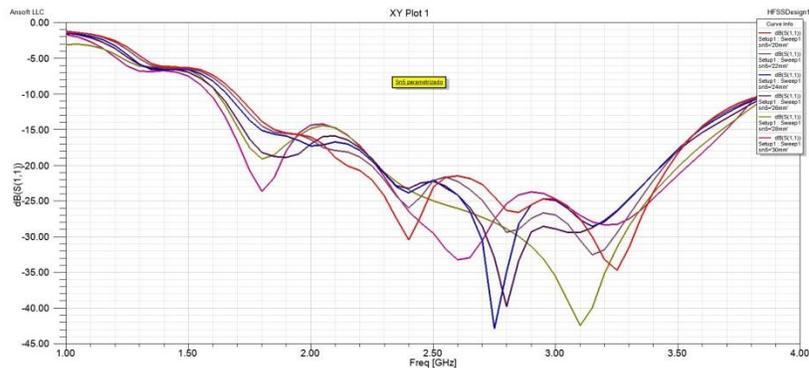


Figura 12: Distancias entre dipolos parametrizadas.

Los valores óptimos para las separaciones fueron: 16, 21, 19, 18 y 24 mm. Los valores mostrados en las pérdidas de retorno se alcanzaron una vez parametrizadas cada una de las separaciones entre los dipolos de la antenna. En la figura 13 se observa como aparece una banda con un ancho significativo entre 4.5 y 7.7GHz.

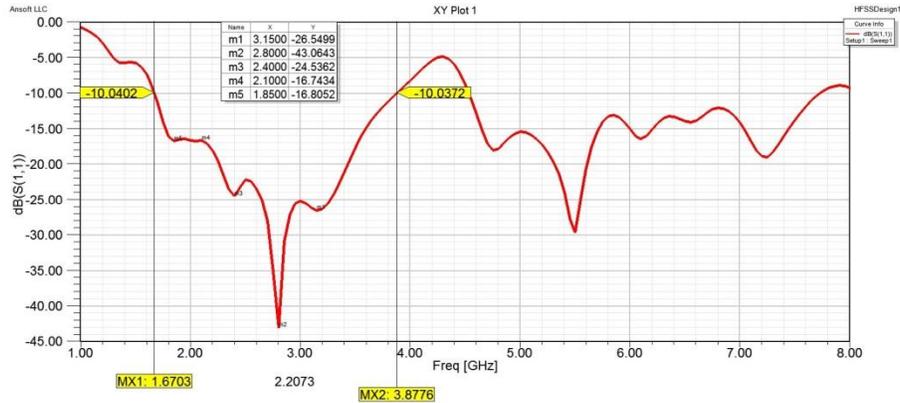


Figura 13: Pérdidas de retorno para 6 dipolos con Sn optimizados.

Como se aprecia a continuación (figura 14) la directividad continúa aumentando según se añaden dipolos y el patrón tiende a hacerse más directivo (5.24dB).

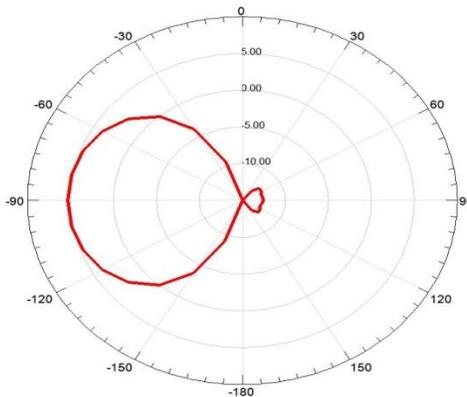


Figura 14: Patrón de radiación con 6 dipolos

CONCLUSIONES

Las comunicaciones inalámbricas impulsan el desarrollo tecnológico en esta rama de la ingeniería. La implementación de diferentes tipos de antenas con comportamientos adecuados para esta banda tan amplia de servicios muestra resultados variables, demostrando niveles de compromiso a considerar, de los cuales será necesario determinar cuál resulta más factible y conveniente. La fusión de la antena logarítmica-periódica con la microcinta conjuga, haciendo uso de brazos de cónicos, un aumento de ancho de banda con un menor tamaño de diseño. El ancho de banda puede variarse haciendo sencillas modificaciones a la antena pero siempre a expensas de un aumento en el tamaño de la misma⁷. Las ventajas del empleo de estas estructuras en diferentes aplicaciones en las telecomunicaciones, son de gran interés por sus potencialidades; lo cual se debe tener en cuenta en las nuevas técnicas para la optimización de dispositivos emergentes.

REFERENCIAS

1. Garg R. Microstrip Antenna Design Handbook 2001.
2. DuHamel R, Ore F. Logarithmically periodic antenna designs.
3. Balanis CA. Modern Antenna Handbook 2008.
4. Milligan TA. Modern Antenna Design 2005.
5. IEEE CK. Design of a Stripline Log-Periodic Dipole Antenna.
6. Yongxi Qian, W.R. Deal, Noriaki Kaneda and Tatsuo Itoh, A Uniplanar Quasi-Yagi Antenna with Wide Bandwidth and Low Mutual Coupling Characteristics, Antennas and Propagation Society International Symposium, vol. 2, pp. 924-927, 1999.
7. A. D. L. P. Aylin Suarez Díaz, "Diseño de una antena de banda ancha para cubrir la gama de televisión digital," Departamento de Comunicaciones Inalámbricas, ISPJAE, La Habana, 2011.