



Diseño de una antena Logarítmica Periódica Impresa en la banda de 470-890 MHz

Fidel A. Fernández Carcasés, Daniel A. Rodas Sansón, Danelys Rodríguez Ávila,

Francisco Marante Rizo

RESUMEN / ABSTRACT

En los últimos tiempos, con el auge de la televisión digital se ha hecho imprescindible el diseño novedoso de dispositivos para la recepción de la señal. El presente trabajo está enfocado en la obtención de una antena en tecnología impresa en la banda de 470-890 MHz para los servicios de televisión. En el mismo se analizan las principales características de las antenas de microcintas y de las logarítmicas periódicas (LPDA) como son la impedancia de entrada, diversas configuraciones, modos de alimentación; 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 v12 son analizadas, corroborando el cumplimiento de las metas iniciales.

Palabras claves: televisión, recepción, antena, microcintas, logarítmicas.

In the last times, the improvement of the digital television has opened to the novel design of devices for the reception of the sign. The present work is focused in the obtaining of an antenna in printed technology in the band of 470-890 MHz for the television services. In the same one the main characteristics of the microstrip antennas are analyzed and of the logarithmic periodic (LPDA) as they are the entrance impedance, diverse configurations, feeding ways; analyzing the advantages and disadvantages that can bring the coalition of both for the design. Also intends a group of considerations for the design of the antenna, taking as main objectives to achieve a smaller size of the device, a low profile and a good yield for the wanted band of frequencies. The simulations of the design in the software Ansoft HFSS v12 is analyzed, corroborating the execution of the initial goals.

Key words: television, reception, antenna, microstrip, logarithmic.

INTRODUCCIÓN

En la tarea de migración hacia la tecnología de televisión digital en que se encuentra inmerso Cuba, sin lugar a dudas, es imperante 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. Este tipo de antenas presenta una elevada ganancia y un gran ancho de banda.

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 aproveche las ventajas que poseen cada una por separado.

ANTENA LOGARÍTMICA IMPRESA

En este apartado se discutirán el diseño y simulación de una Antena Logarítmica Periódica Impresa que cubra la banda de televisión digital (470-890 MHz), con el fin de utilizarla para los servicios que operen en la misma. Mediante un proceso de optimización se llevará a cabo el estudio de las variables geométricas como el ancho, el largo y la separación de los dipolos.

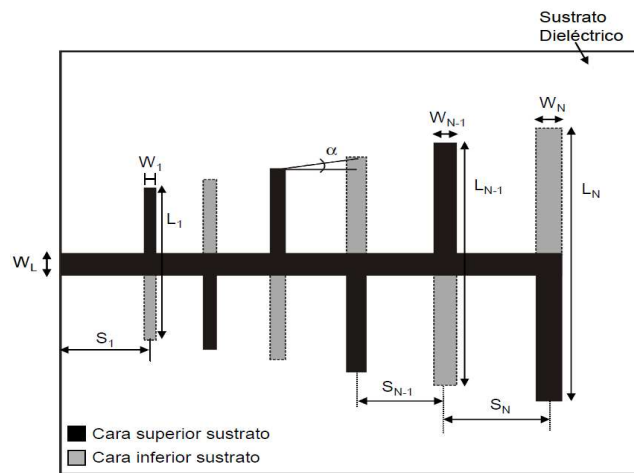


Figura 1: Propuesta de diseño.

La frecuencia central del diseño es 680 MHz. Para el mismo se utiliza el sustrato de doble capa de FR4 (fibra de vidrio) con las características:

- permitividad $\epsilon_r = 4.5$.
- tangente de pérdidas $\alpha = 0.02$.
- grosor o altura del sustrato $h = 1.5$ mm.
- grosor o altura de la capa de cobre conductor $t = 0.035$ mm.

Como se puede observar en la Figura 1, los dipolos están situados en ambas caras del sustrato dieléctrico con esta configuración se obtiene la correcta alimentación en fase de los distintos dipolos sin necesidad de incluir elementos adicionales para la simetrización del sistema. Los dipolos impresos están periódicamente escalados en todas sus dimensiones (longitud, anchura y separación respecto al elemento anterior).

Las dimensiones de la antena cumplen la siguiente relación, obtenida de las antenas logarítmicas periódicas tradicionales: [1]:

$$\tau = \frac{L_m}{L_{m+1}} = \frac{S_m}{S_{m+1}} = \frac{W_m}{W_{m+1}} \quad (1)$$

donde t es el factor de escala de la antena, L_m es la longitud del elemento m , S_m es la separación entre el elemento m y el $m-1$ y W_m es su anchura.

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 antena. Tal y como sucede en las antenas log-periódicas de alambre, la conexión de la alimentación se realiza de forma que el primer dipolo alimentado sea el más pequeño. Con esta disposición se obtiene la progresión de la alimentación necesaria para cada uno de los dipolos [7].

El dipolo más grande de la antena se diseña a la frecuencia más baja de funcionamiento y el dipolo más pequeño a la frecuencia más alta. Evidentemente, las longitudes de los dipolos dependen del tipo de sustrato utilizado para realizar la antena.

La longitud total de la línea de alimentación del dipolo es de media longitud de onda ($\lambda_g/2$), que es la distancia mínima necesaria para conformar totalmente la onda y que el dipolo impreso se comporte como tal [2]. El ancho $W_L = 2.5\text{mm}$ se escogió a partir de los resultados obtenidos en el software PCAAD para las características del dieléctrico y la impedancia de entrada deseada (50ohm).

El diseño se comenzó por el dipolo más grande cuya frecuencia deseada fue 500 MHz, escogiendo inicialmente 0.5λ de longitud. El mismo se parametrizó hasta lograr resonancia en 500 MHz, quedando como valor final 0.38λ , sensiblemente inferior al tradicional. Esto se debe a los efectos del sustrato en la antena. En la Fig. 4 se muestra las pérdidas de retorno para dicho dipolo.

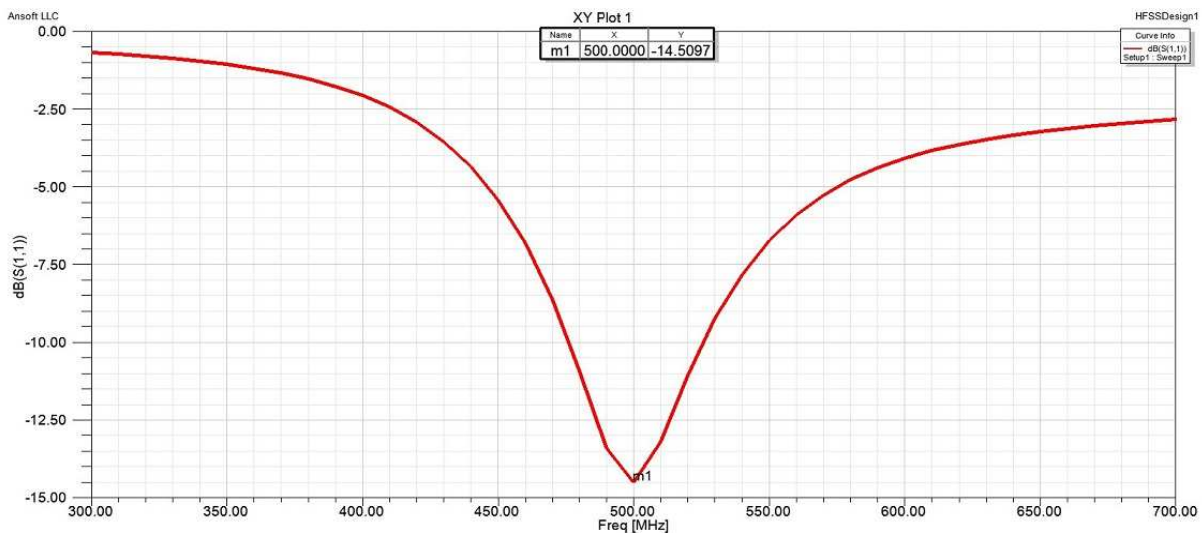


Figura 2: Parámetro S_{11} del dipolo más grande.

El ancho del dipolo mayor se tomó $W_{dip} = W_L = 2.5\text{mm}$, pero luego de una parametrización se concluyó que el valor que garantizaba mejor ancho de banda era $W_{dip} = 3.5\text{mm}$

Factor de escala τ :

El factor de escala de la distribución logarítmica periódica es seguramente el parámetro más importante y crítico en el diseño de la antena. Este factor, que por definición debe ser menor que la unidad, controla el grado de solapamiento entre las frecuencias de resonancia de dos dipolos consecutivos de la antena. Un valor de τ grande provoca un gran solapamiento en la frecuencia de resonancia de los dipolos, por lo que se necesitará un gran número de éstos para cubrir un ancho de banda grande. Si se reduce el valor de τ , el solapamiento es cada vez menor, hasta que éste llega a ser nulo y se obtienen dos bandas de frecuencias de funcionamiento separadas. El comportamiento de la directividad y ganancia de la antena en función del factor de escala es inverso al que provoca en las características de reflexión (frecuencia), es decir, si aumenta el valor de τ aumenta la ganancia de la distribución.

Los valores típicos que adopta el factor de escala en el diseño de las antenas LPDA tradicionales están en el intervalo entre 0.7 y 0.95. En el diseño de esta antena se tomó un valor inicial para el factor de escala $\tau = 0.88$ ya que es el más común utilizado en la bibliografía [1, 3, 4].

Una vez determinado el factor de escala, y a partir de la longitud y frecuencia de resonancia del dipolo más grande, se pueden obtener las dimensiones del resto de los dipolos y, consecuentemente, las frecuencias de resonancia de cada uno de ellos. El número de dipolos necesarios depende del ancho de banda deseado, en este caso no se siguieron los procedimientos habituales para determinar el número de elementos de las LPDA sino que, se fue variando el factor de escala τ a conveniencia para lograr minimizar el número elementos y cubrir toda la banda, optimizando así, tamaño y rendimiento.

Los factores obtenidos después de varias simulaciones fueron:

- $f_{c1} = 500\text{Mhz}$
- $f_{c2} = f_{c1}/\tau = 568\text{Mhz}$, $\tau = 0.88$
- $f_{c3} = f_{c2}/\tau = 640\text{Mhz}$, $\tau = 0.89$
- $f_{c4} = f_{c3}/\tau = 710\text{Mhz}$, $\tau = 0.90$

En el apartado siguiente (figura 3) se podrá comprobar que con la variación escogida de τ se cubre toda la banda deseada, por lo cual no es necesario agregar más elementos al diseño.

Una vez obtenido el número de dipolos necesarios y la longitud de cada uno de ellos, se requiere conocer la separación entre los elementos, comenzando por los dos elementos más grandes de la distribución. El resto de las separaciones entre los dipolos estarán relacionadas por el factor de escala elegido, excepto la separación entre el dipolo más pequeño y el punto de alimentación. Para el cálculo de la separación entre los dos elementos más grandes de la antena se utilizaron nuevamente las fórmulas de diseño de las antenas LPDA tradicionales [5].

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

Una vez optimizado el diseño propuesto, se obtiene el prototipo de antena logarítmica periódica impresa en la banda de 470-890 MHz con las siguientes dimensiones (Tabla 1):

Tabla 1: Dimensiones de los dipolos y la separación entre ellos.

No.	1	2	3	4
Lm[mm]	160.6	178,13	200	228
Wm[mm]	2.46	2.74	3.08	3.5
Sm[mm]	-	62.7	80.4	97.7

El parámetro S11 se muestra en la Figura 3.

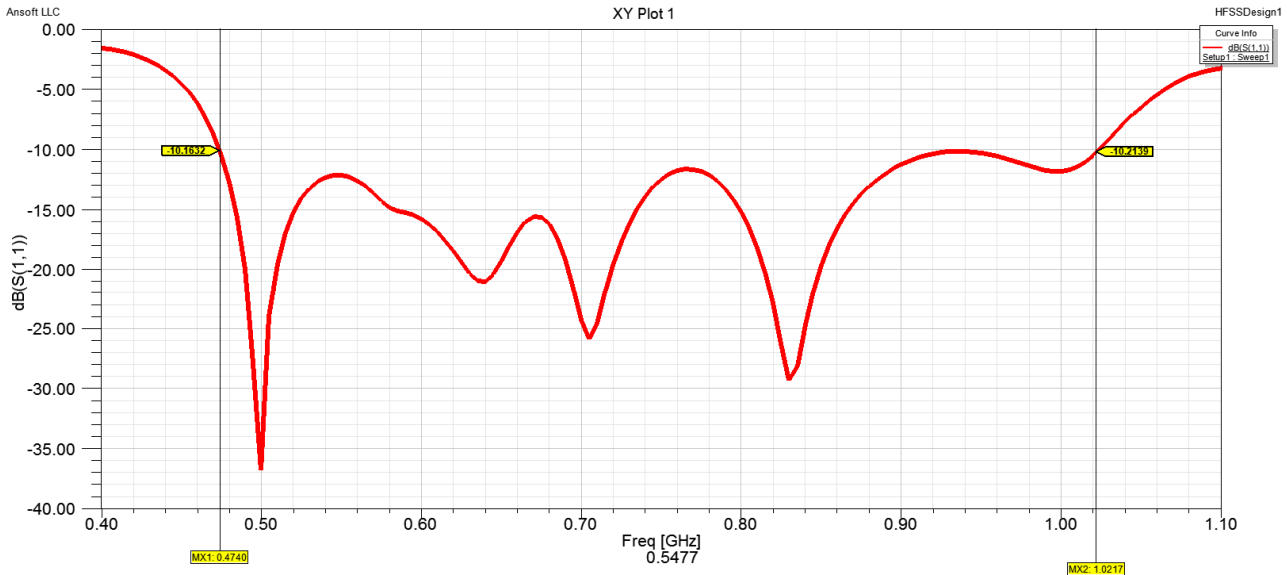


Figura 3: Parámetro S₁₁ simulado.

Los resultados son efectivos puesto que el ancho de banda que ofrece la antena es de 494.8 MHz. Este ancho satisface el requerido por los sistemas de televisión por canalización NTSC o Pal que comprenden 470 – 890 MHz. Además los niveles de pérdidas del retorno son bastante buenos (por debajo de -15 dB), lo que implica un buen acople de impedancia en toda la banda [6]. La razón de onda estacionaria (ROE) se observa en la Figura 4.

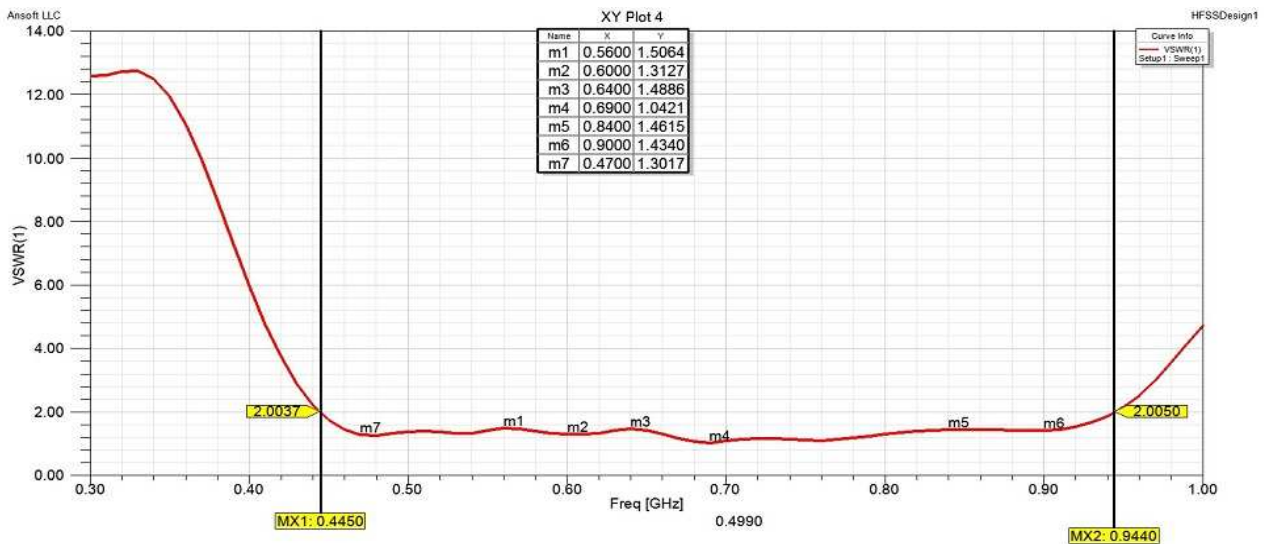


Figura 4: ROE.

El resultado del parámetro ROE corrobora lo anteriormente expuesto, pues se verifica que el rendimiento de la antena es satisfactorio para los estándares de los sistemas de televisión con valores por debajo de 1.5, término que es exigido por sistemas de alta calidad y protección contra onda estacionaria y reflejada [6].

El comportamiento de la impedancia de entrada se presenta en la Figura 3.5:

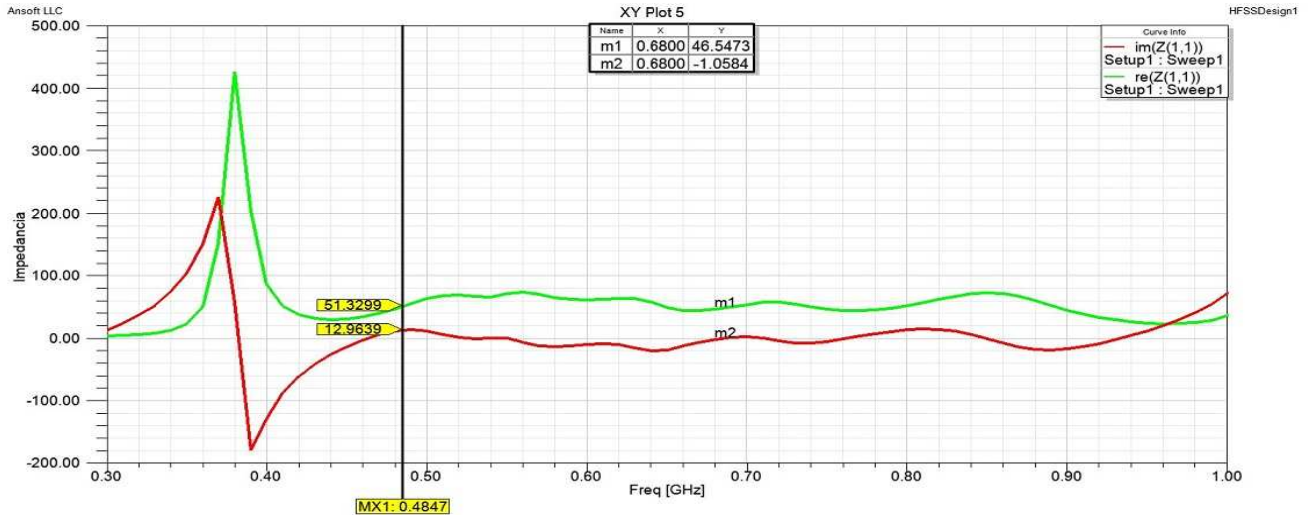


Figura 5: Comportamiento de la impedancia de entrada.

Como es de esperar la respuesta de la impedancia de entrada es relativamente plana para toda la banda de frecuencia, con parte imaginaria cercana a 0, y parte real alrededor de los 50Ω . Este comportamiento justifica el valor obtenido para las pérdidas de retorno, además que no existe gran almacenamiento reactivo de energía.

El patrón de radiación en la dirección de propagación ($\theta=90^\circ$ y $\phi=270^\circ$) se muestra en la Figura 6. Los valores de directividad para las frecuencias escogidas son 3.1dB, 4.1dB y 1.3dB respectivamente.

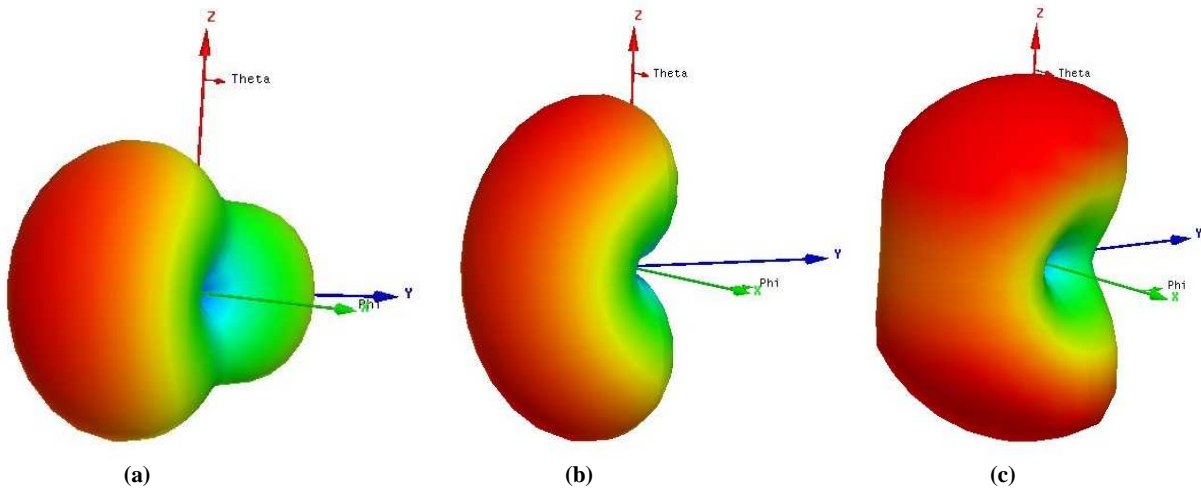


Figura 6: Gráfico en 3D de directividad para las frecuencias: a) 470 MHz, b) 680 MHz, c) 890 MHz.

Para un análisis más minucioso se revisa el patrón bidireccional de la directividad para las tres frecuencias seleccionadas (Figura 7).

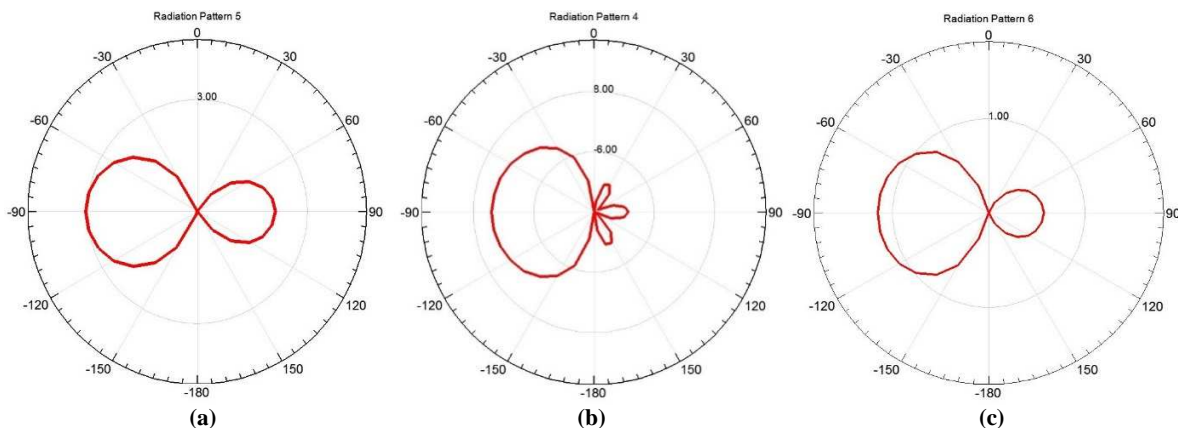


Figura 7: Patrón bidireccional de Radiación (Directividad) para varias frecuencias: a) 470 MHz, b) 680 MHz, c) 890 MHz.

Como características de campo lejano se tiene el patrón de directividad (Figuras 6 y 7) que a las frecuencias de los extremos (470 MHz y 890 MHz) y la central 680 MHz se encuentra por encima de 1dB con máximo de 4.1dB. Se puede observar que el patrón es directivo con bajo nivel de lóbulos secundarios y su distribución es uniforme para todo el rango de frecuencias deseado. Además la antena reporta una eficiencia de radiación a la frecuencia central de 86.6 % que indica una ganancia de 3.5dB.

IMPLEMENTACION DE LA ESTRUCTURA RADIANTE

Luego de finalizado el proceso de simulación se construyó la antena y se procedió a la medición de algunos parámetros para corroborar su buen funcionamiento.

La Figura 8 muestra el prototipo final de la antena cuyo tamaño es de 35cm x 25cm x 1.5mm.



Figura 8: Antena implementada.

En la figura 9 se pueden observar las curvas S_{11} medida y simulada, existiendo bastante similitud entre ambas, cumpliendo con el ancho de banda esperado para televisión digital.

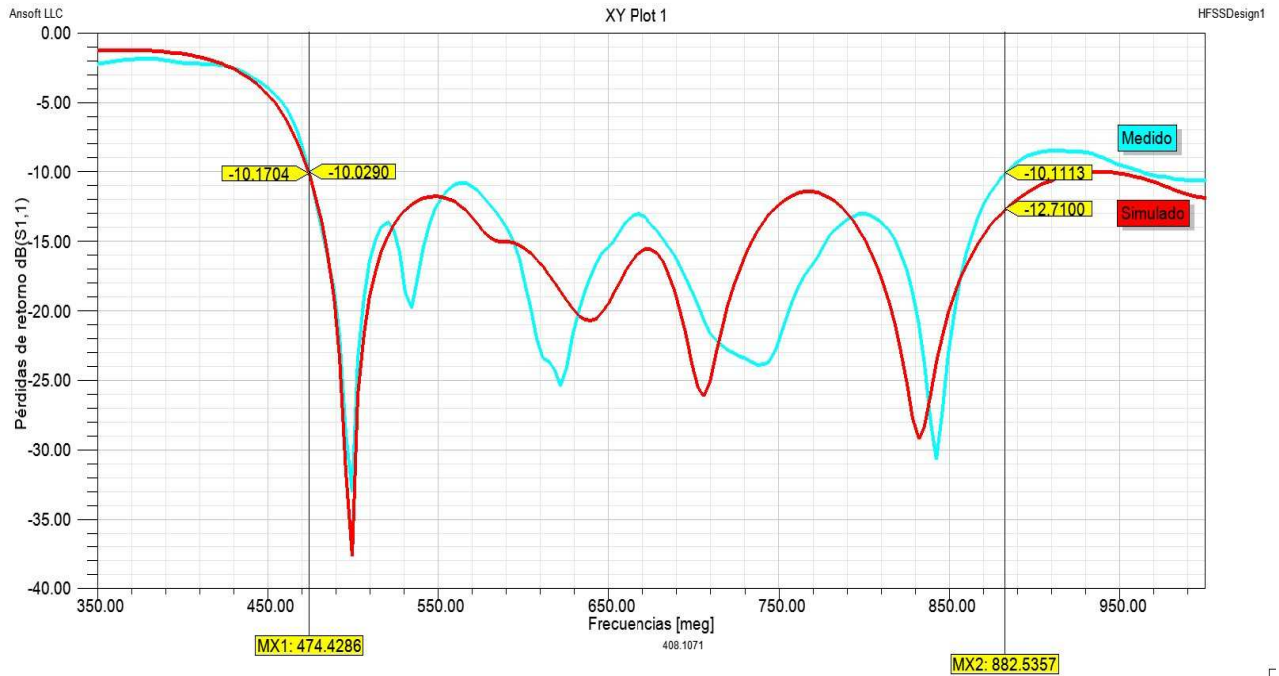


Figura 9: Parámetro S11 medido y simulado.

Se realizaron pruebas de recepción utilizando los resultados brindados por los *set top box* (Haier y Konka para estándar DTMB) que se han comercializado en Cuba. Los resultados arrojados por el mismo se encuentran en las figuras 10 y 11. La medición se realizó en el interior de una vivienda ubicada en el municipio Playa, La Habana. Se usó como línea de transmisión cable coaxial RG-58 de 1m de longitud con pérdidas de 1dB/m. El transmisor utilizado para la medición se encuentra en el hotel Habana Libre cuya frecuencia central es 677 MHz.



Figura 10: Medición realizada a las 11:00 am.



Figura 11: Medición realizada a las 8:00 pm

CONCLUSIONES

La globalización en el uso de la televisión digital impulsa el desarrollo tecnológico en esta rama de la ingeniería. La implementación de diferentes tipos de antenas con comportamientos adecuados para la banda de televisión digital 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 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 misma. 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 BIBLIOGRÁFICAS

1. C.A. Balanis, Antenna theory analysis and design, John Wiley and Sons, New York, 1997.
2. E. Huang and T. Chiu, Printed Yagi antenna with multiple reflectors, Electronics Letters, vol. 40, No. 19, pp. 1165-1166, 2004.
3. American Radio Relay League, The ARRL antenna book, ARRL, Newington (USA), 1988.
4. C. Peixeiro, Design of log-periodic dipole antennas, IEE Proceedings H Microwaves, antennas and propagation, vol. 135, No. 2, pp. 98-102, 1988.
5. Milligan TA. Modern Antenna Design 2005.
6. González Rodríguez, Julio, "Diseño, Simulación e Implementación de un Arreglo Logarítmico Periódico en Tecnología Impresa en la Banda 470-890 MHz", Departamento de Comunicaciones Inalámbricas, ISPJAE, La Habana, 2014.
7. E. Á. Navarro, "Diseño, modelado, fabricación y medida de antenas impresas para comunicaciones inalámbricas " Doctoral, Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales, Universidad Miguel Hernández de Elche, España, Febrero 2008.

AUTORES

Fidel A. Fernández Carcasés, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Graduado en el año 2015. atelefide@hotmail.com

Daniel A. Rodas Sansón, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Graduado en el año 2015. alaingarcia@infomed.sld.cu

Danelys Rodríguez Ávila, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica y Máster, por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Graduado en el año 2011 y 2014 respectivamente.

Francisco R. Marante Rizo, Ing. en Telecomunicaciones en el año 1974 en La Universidad de La Habana y Dr. C.T en La Universidad Técnica de Praga en 1986.