

ANTENA ACTIVA INTERIOR: UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL EN CUBA

Eddy Pérez Rodríguez¹, Juan J. Justo Morales²

¹Grupo de Electrónica para el Turismo calle O e/ 23 y 25, Vedado La Habana e,

eddypr17@gmail.com

²Facultad de Telecomunicaciones, CUJAE, La Habana

jjusto@electronica.cujae.edu.cu

RESUMEN

El uso de antenas interiores activas en nuestro país, constituye una alternativa para la recepción de la TV Digital, por los beneficios que le aportan al televidente en cuanto al ahorro económico y de tiempo empleado en el mantenimiento de su sistema de recepción debido al constante deterioro de la línea de alimentación, y de los elementos que conforman su antena exterior incluyendo su desorientación, debido a los fuertes vientos, lluvias y el ambiente agresivo que impera en gran parte del territorio nacional caracterizado por su entorno marítimo. Con ese objetivo se expone el diseño, análisis y montaje de un prototipo de antena activa interior para la recepción de la señal de la Televisión Digital. A partir de las mediciones realizadas, se muestran los niveles de señales recibidos, adecuados para la recepción de la Televisión Digital Terrestre. Se incluye un estimado del costo con la perspectiva de su posible producción a nivel industrial y el consecuente ahorro de divisas al país.

PALABRAS CLAVES: Antena de lazo activa, Antena de lazo activa para Televisión alimentada por línea CPW, Antena activa dipolo para receptor de Televisión, Amplificadores de RF

ABSTRACT

The use of indoor antennas active in our country, is an alternative for the reception of Digital TV, for the benefits that give the viewer in terms of economic savings and time spent in maintaining their reception system due to the constant deterioration Of the feeding line, and of the elements that make up its external antenna including its disorientation, due to the strong winds, rains and the aggressive environment that prevails in great part of the national territory characterized by its marine environment. With this objective the design, analysis and assembly of a prototype of indoor active antenna for the reception of Digital Television signal is exposed. From the measurements made, the levels of received signals are shown, suitable for the reception of the Digital Terrestrial Television. It includes an estimate of the cost with the perspective of its possible production at the industrial level and the consequent saving of foreign currency to the country.

KEY WORDS: Active loop antenna, CPW active Loop antenna for Television receiver, RF amplifiers

INTRODUCCIÓN

El uso de antenas interiores activas en nuestro país, constituye una alternativa para la recepción de la TV Digital, por los beneficios que le aportan al televidente en cuanto a la reducción de tiempo y dinero empleado en el mantenimiento de su sistema de recepción debido al constante deterioro de la línea de alimentación, y de los elementos que conforman su antena exterior incluyendo su desorientación, debido a los fuertes vientos, lluvias y el ambiente agresivo que impera en gran parte del territorio nacional caracterizado por su entorno marítimo. También hay casos donde la longitud de la línea de alimentación utilizada es tal que la atenuación que esta introduce aconseja utilizar una antena interior activa.

Un sistema de recepción con antena activa según (1) se representa en la figura 1, consta de una fuente, la cual es el campo electromagnético, una antena, un amplificador de radio frecuencias, una línea de transmisión y un receptor. Por ello la definición más simple de antena activa es aquella antena que tiene incorporado de alguna forma un amplificador y se usan típicamente como receptoras (2). Todas estas componentes inyectan ruido aleatorio en el sistema y se deben tener en cuenta en el diseño

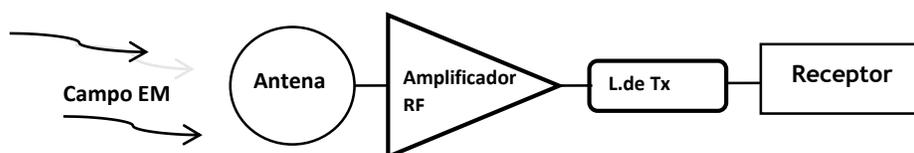


Figura 1. Diagrama e n Bloques de un sistema de antena activa

DISEÑO DE LA ANTENA DE LAZO

Con el objetivo de obtener un sistema de recepción activo poco complejo para la parte radiante, se selecciona una antena tipo lazo eléctricamente grande, por ser una estructura económica y sencilla de construir.

Las antenas de lazo eléctricamente grandes, según (3) son aquellas cuya circunferencia C de radio a , es aproximadamente una longitud de onda en el espacio libre, $C \cong \lambda$, donde $C = 2\pi a$

Estas antenas son similares a los dipolos, excepto que sus extremos están conectados para formar un círculo, triángulo o un cuadrado. Un lazo grande tiene una ganancia más alta (cerca del 10% en dB) que otras configuraciones, pues la ganancia de esta antena es directamente proporcional al área encerrada en el lazo. Los lazos grandes ofrecen una ganancia por encima de 2dB aproximadamente.

En este tipo de antenas, la radiación es máxima en la dirección perpendicular al plano del lazo y mínima en cualquier dirección en el plano que contenga al lazo.

La distribución de corriente en estos lazos no es uniforme y aunque es común asumir una distribución cosinusoidal. A partir de ello se pueden calcular algunos parámetros de la antena, sin embargo esta aproximación no es satisfactoria, particularmente cerca del punto de alimentación. Una distribución de corriente más exacta puede ser representada por la serie de Fourier (3) según la Ecuación (1)

$$I(\phi) = I_0 + 2 \sum_{n=1}^M I_n \cos(n\phi') \quad (1)$$

Un análisis completo de los campos radiados por esta distribución de corriente es complejo y extenso en su lugar se pueden utilizar para su diseño gráficos desarrollados a partir de análisis numéricos y experimentos expuestos en este trabajo auxiliado de una herramienta de simulación electromagnética como el CST y utilizando soluciones en el dominio del tiempo (4).

La resistencia de radiación del lazo circular y del lazo cuadrado es de aproximadamente 200Ω , (5), por ejemplo la de un lazo circular de circunferencia 1.08λ está alrededor de los 130Ω .

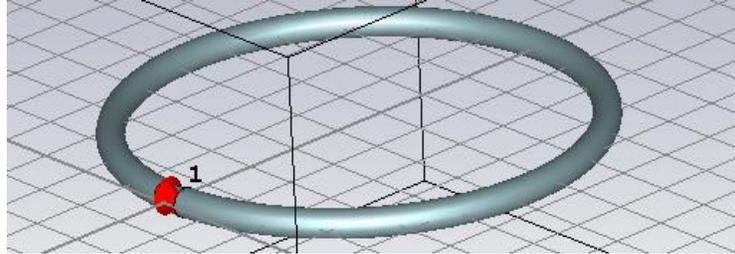
Teniendo en cuenta la actual distribución de frecuencias de la TV digital en Cuba desde el canal 14 (470 MHz) hasta el 51 (698 MHz), esta antena activa interior se conforma mediante un lazo y un amplificador de bajo ruido para la banda de UHF. El diseño se realiza en dos etapas, primero la antena y luego el amplificador de radio frecuencias.

Se elige el lazo grande resonante ($C \cong \lambda$) debido a las características positivas que presenta, tales como su impedancia de entrada moderadamente grande (5) lo cual permite que pueda ser utilizado para crear un radiador eficiente con un ancho de banda significativo y un bajo perfil volumétrico, mediante el acoplamiento intencional del lazo con la estructura a su alrededor tales como circuitos electrónicos impresos y cajas metálicas.

A partir de este valor se realizan las simulaciones correspondientes a un conductor cilíndrico de aluminio de 10 mm de diámetro figura 2, elegido por su fácil adquisición, para ser empleado como elemento radiante de la Antena Activa Interior.

Mediante el software CST, se realiza la optimización del radio del lazo simulando lazos con radios que varían desde 70 hasta 100 mm con pasos de 10 mm, con el objetivo de analizar el comportamiento de la adaptación de impedancia, representadas por las pérdidas de retorno de la antena (S_{11}) y la Carta de Smith, para así obtener la dimensión más conveniente. También se estiman los valores de la Directividad mediante el análisis del comportamiento del patrón de radiación debido a la variación de la circunferencia que describe el lazo.

Figura 2. Simulación del Lazo mediante CST 2015



Los resultados de la optimización de las pérdidas de retorno (S_{11}) se muestran en la figura 3a y la variación de la impedancia aparece en la figura 3b.

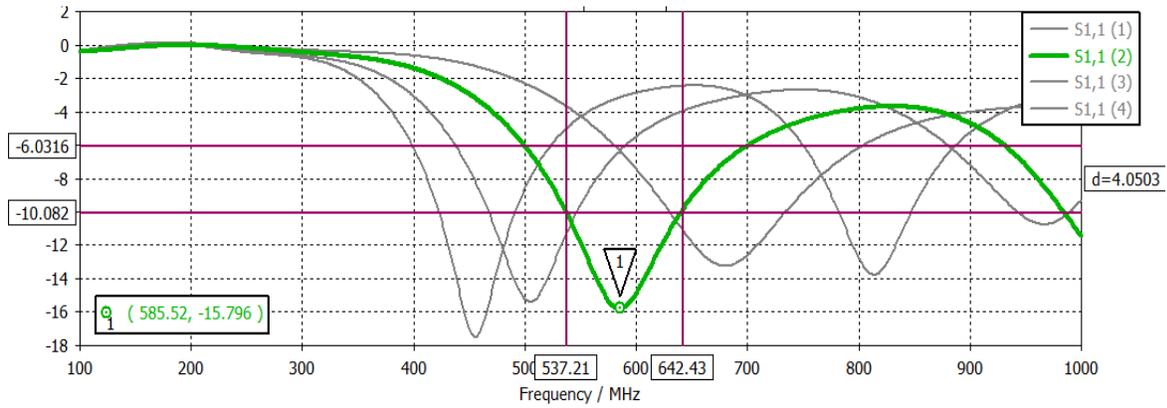


Figura 3a. Optimización de las pérdidas de Retorno

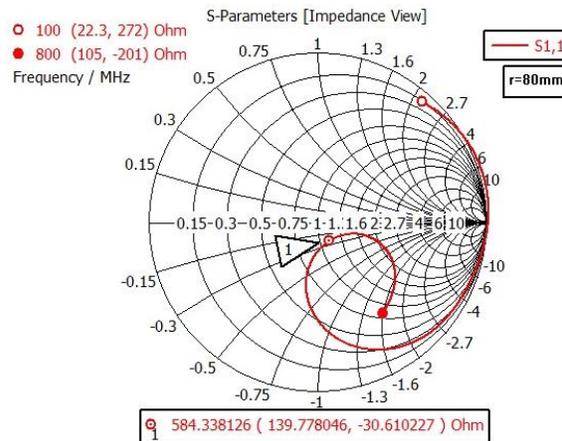


Figura.3b Diagrama de Impedancias

En las figuras 4a y 4b se observan los diagramas de radiación en 2D y 3D respectivamente.

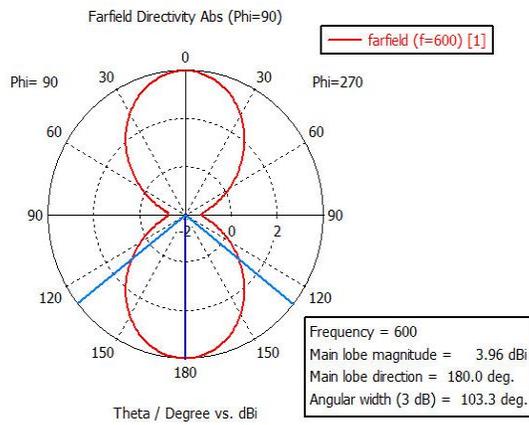


Figura 4a. Diagrama de Radiación en 2D

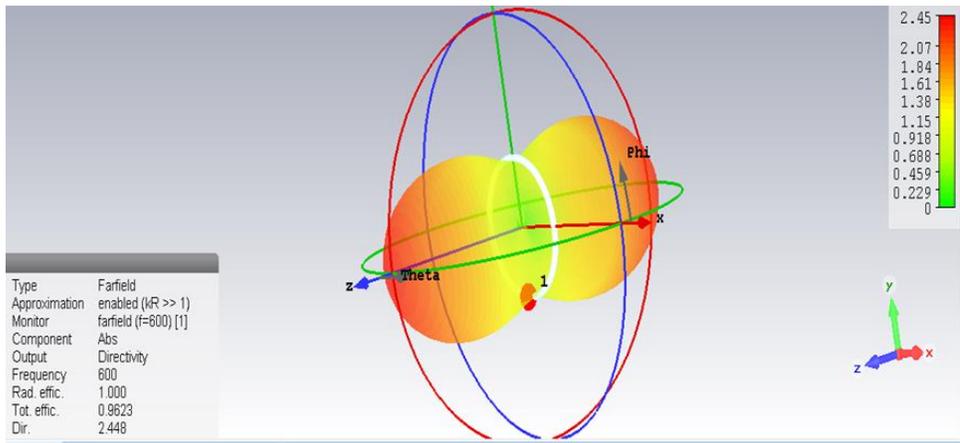


Figura 4b. Diagrama de Radiación en 3D

En las figuras que representan las pérdidas de retorno y los diagramas de radiación del lazo de 80 mm se observa que este presenta características adecuadas en la banda de frecuencias de trabajo desde el canal 23(525 MHz) hasta el 43(642 MHz) sin utilizar aun el amplificador de RF. En la figura 5 se observa la gráfica de la magnitud de la impedancia de entrada la cual demuestra la necesidad de utilizar un dispositivo acoplador de banda ancha y un simetrizador por ser el lazo una antena simétrica que es alimentado por una línea asimétrica.

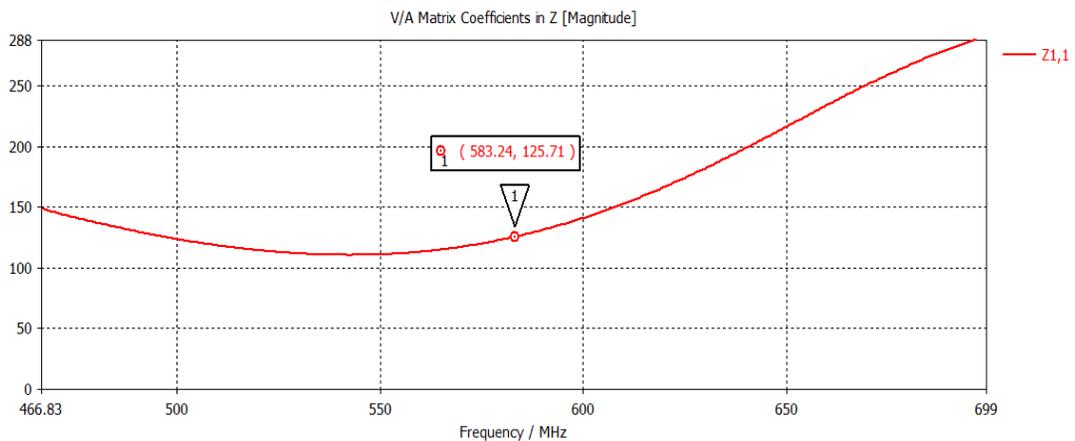


Figura 5. Magnitud de la impedancia de entrada del lazo

DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE RF

En el diseño del amplificador de banda ancha y bajo nivel de ruido, los factores que más influyen sobre la estabilidad, la ganancia y la relación señal a ruido, son las características propias del transistor empleado

En la etapa de recepción de la TDT una relación de señal a ruido superior a los 15 dB es suficiente para lograr una calidad aceptable de la imagen.

Circuitos MMI o MMIC

Para la fabricación del elemento activo, se elige un amplificador del tipo MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits). Debido a que las entradas y salidas de estos dispositivos se adaptan generalmente a una impedancia característica de 50 ohmios, se reduce el tamaño del diseño y los costos de producción.

El MAR-1+ presenta alta ganancia, 17.8 dB típica en los 100 MHz Acoplamiento interno con 50 ohm, baja cifra de ruido, típicamente 3.5 dB, es Incondicionalmente estable con una corriente pequeña de (17mA). Estas características cumplen con los parámetros del diseño a realizar.

Para la simulación del amplificador se utiliza el Software AWR Design Environment

Elección del punto de operación del amplificador.

El punto de operación del amplificador se elige de acuerdo a los parámetros de ruido o de ganancia que requiere el diseño. En el caso del MAR-1+ debido a su configuración Darlington figura 6.a., el fabricante recomienda el circuito de la figura 6.b para un diseño óptimo con $I_c = 17\text{mA}$ y $V_{ce} = 5\text{V}$.

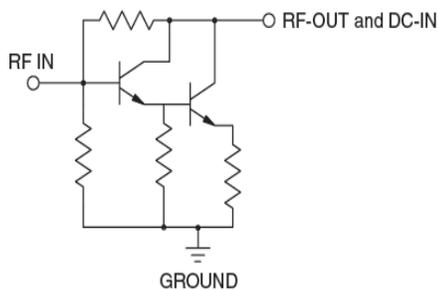


Figura 6a. Configuración par Darlington

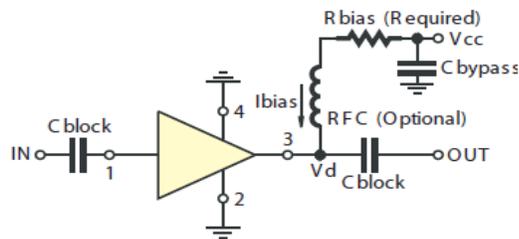


Figura 6b. Circuito recomendado para el Amplificador

En la tabla 1 se muestran algunos parámetros de dispersión y la ganancia del MAR-1+ en dB para el punto de operación sugerido.

Tabla 1. Ganancia y parámetros de dispersión del MAR-1+ en dB.

Frecuencia (MHz)	Ganancia (dB)	Aislamiento (dB)	Pérdidas de retorno a la entrada (dB)	Pérdidas de retorno a la salida (dB)
100	18.50	21.94	23.10	23.10
500	17.50	21.94	24.44	23.10
1000	15.50	20.00	24.44	20.92

El diseño emplea una fuente de 9V, una resistencia de 220 Ω , un capacitor de 100nf como bypass a tierra conectado a la fuente de DC, para que cualquier señal que circule por la red de polarización no afecte la salida ni la estabilidad del amplificador, y como choque a la alterna en la salida del amplificador hacia la red de DC se coloca un inductor de valor relativamente alto. Los detalles de la Red de Polarización se presentan en la figura 7

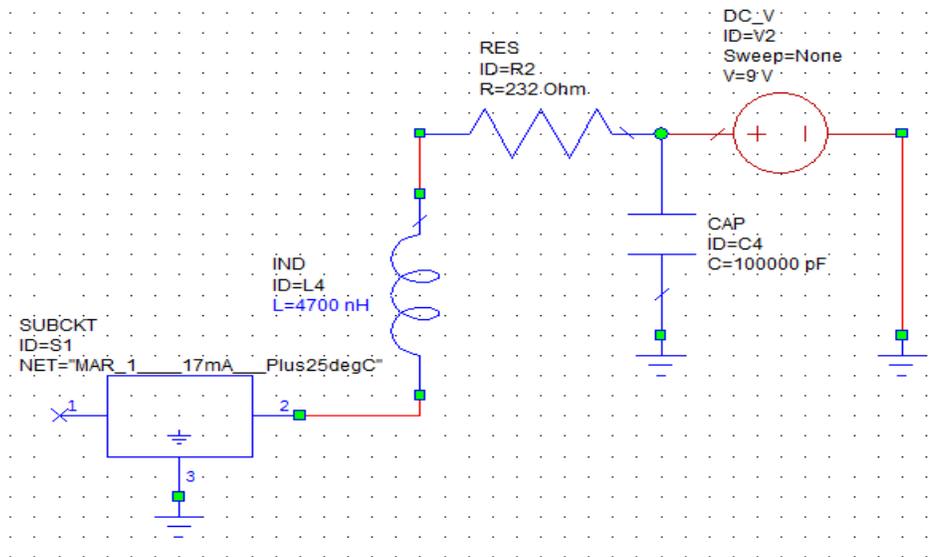
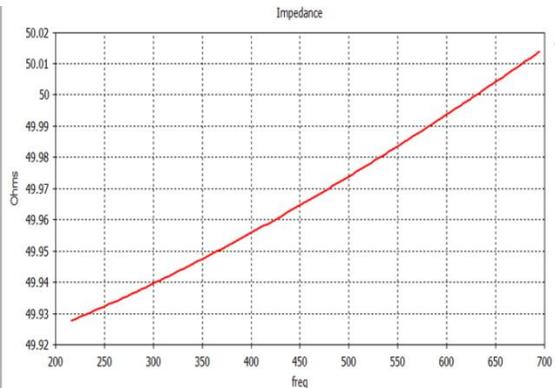
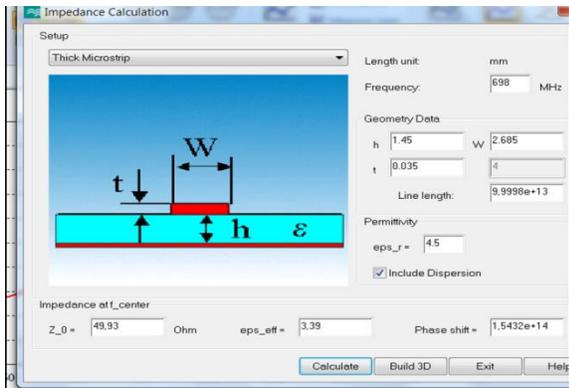


Figura 7 Red de Polarización

Diseño realizado

En la figura 8 se muestran las dimensiones de una línea de microcinta con sustrato FR-4 teniendo en cuenta el efecto del fenómeno de la dispersión descrito en (6) sobre el valor de la impedancia. El efecto de la dispersión en las líneas de microcinta según (7) se considera moderado, el mismo se calcula y grafica mediante el software CST.



8a Dimensiones de la microcinta

8b Efecto de la dispersión en la impedancia

Figura 8. Dimensiones de la microcinta teniendo en cuenta el efecto de la dispersión

En la figura 9 se muestra el esquema del diseño del amplificador con microcintas.

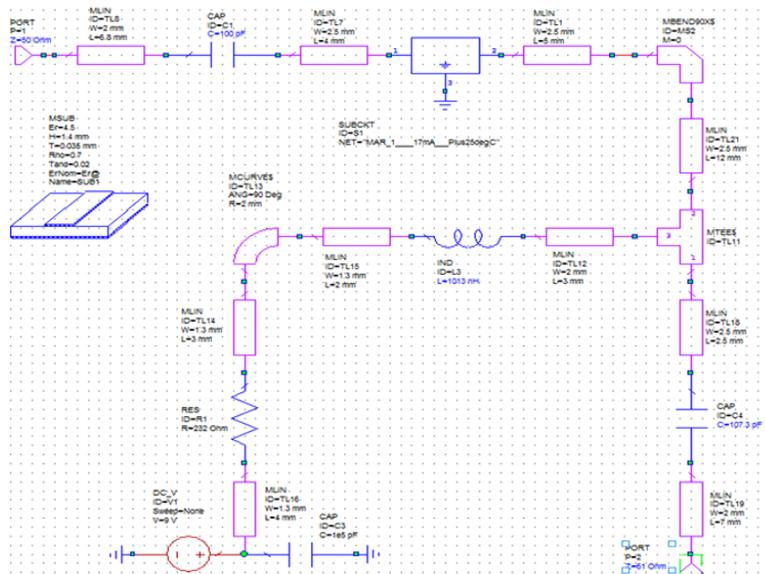


Figura 9. Diseño del amplificador con microcintas

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.

En la figura 10 se representan los resultados de los parámetros fundamentales: Ganancia, Factor k y Parámetros S

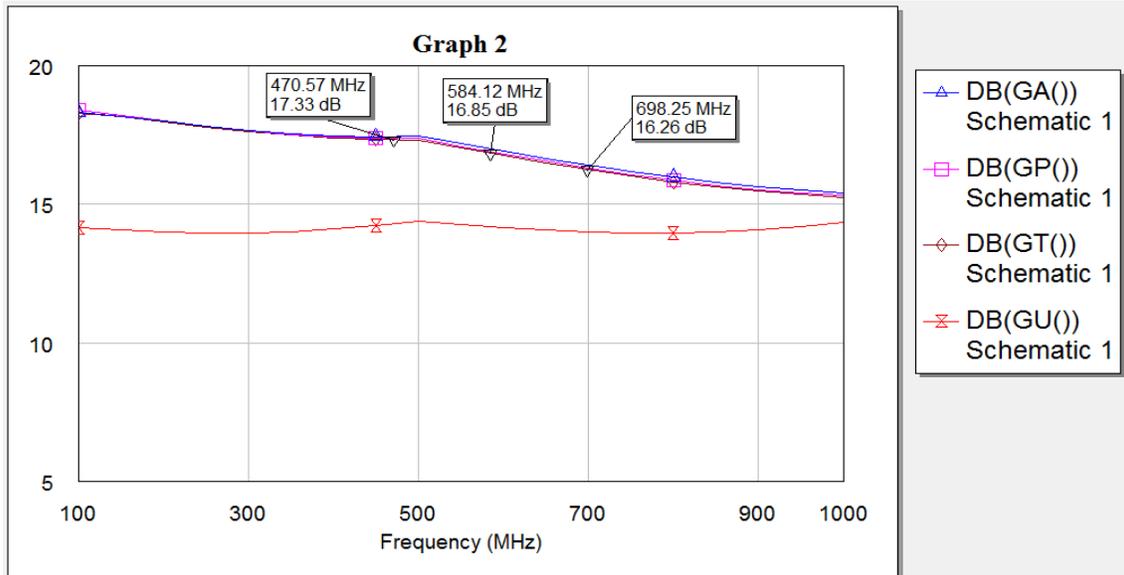


Figura 10. Resultados de Ganancia disponible (GA), Ganancia de Potencia (GP), Ganancia de transductor (GT) y Ganancia Unilateral (GU).

Tabla 2 Factor k del MAR-1+ y del circuito amplificador en general.

K() (MHz)	K()	K()	K()
MAR_1_...17mA...	MAR_1_...17mA...	MAR_1_...17mA...	Schematic 1
Frequency	Unitless data	Unitless data	Unitless data
100	1.0678	1.0847	
500	1.1284	1.0915	
1000	1.1328	1.1023	

En la tabla 2 se aprecia que el amplificador es incondicionalmente estable en toda la banda de frecuencias de operación ($k > 1$).

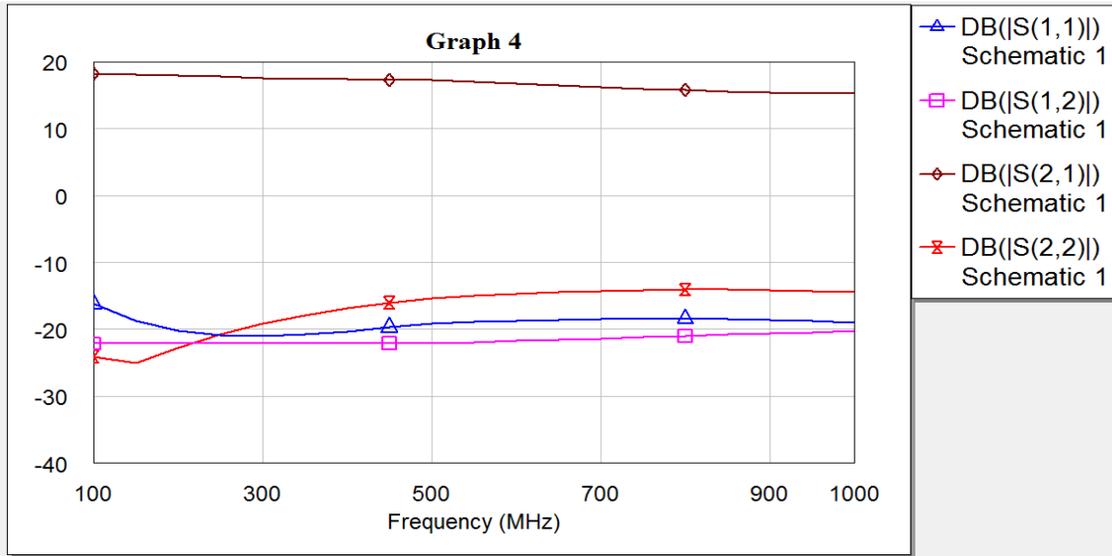


Figura 11. Coeficientes de reflexión para la antena de lazo

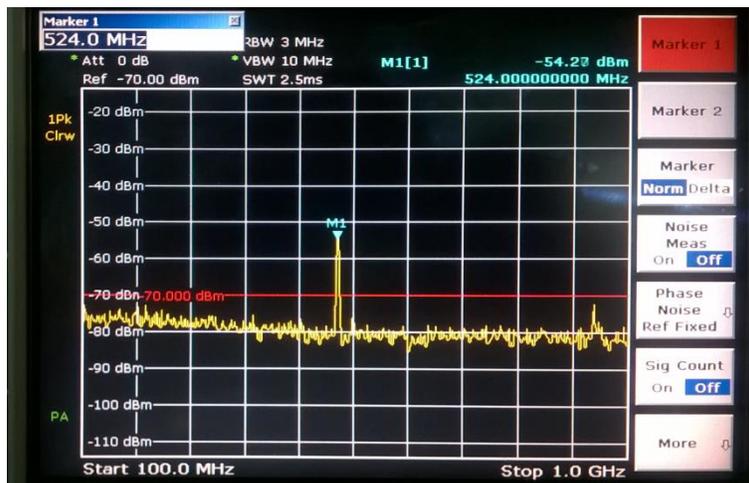


Figura 12. Medición del amplificador en el analizador de espectro
(Portadora en 524 MHz con -70dBm).

A la entrada del amplificador se conecta el generador de frecuencias. Se observa en la figura 12 que la portadora a la entrada del amplificador posee un nivel de potencia de -70dBm (línea roja de referencia) y una frecuencia de 524 MHz es amplificadora hasta -54.2dBm, valor entre los límites recomendados según (8), lo cual significa una ganancia de 15,8dB.

En la figura 13 se observa el intervalo del barrido de frecuencia realizado al amplificador.

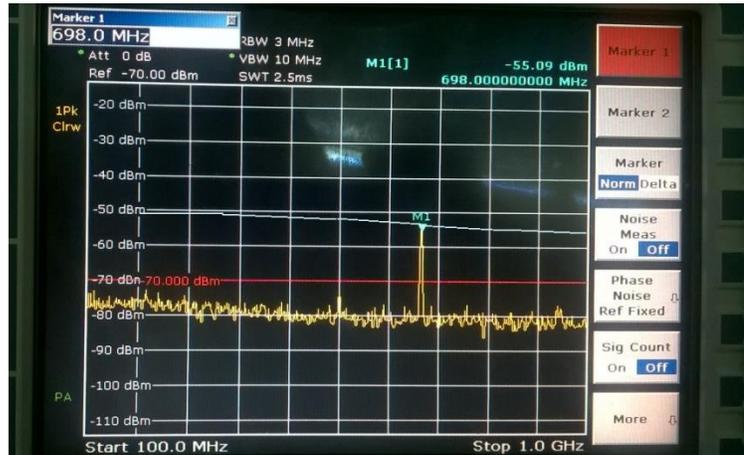


Figura 13. Medición del amplificador en el analizador de espectro (Portadora en 698 MHz con -70dBm).

CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El acoplamiento del amplificador con la antena se realiza mediante un balun de núcleo de ferrita de relación de transformación 4:1.



Figura 14. Prototipo construido y medido

Las pruebas de comparación efectuadas con respecto a viviendas que poseen antenas exteriores fueron positivas así como el análisis de los niveles de recepción y calidad respecto a una antena interior profesional flexible de última generación marca Leaf* 50 (AntennaTecnología filtrante Cleanpeak) instalada en una casa del Reparto Fontanar municipio Boyeros. Como pruebas documentadas se muestran

las realizadas en el interior de hogares de diferentes municipios utilizando cajas decodificadoras marca GELET y Konka, se muestran dos de estas en la figura 15.



**Municipio Arroyo Naranjo, Reparto Rosario.
(CH-48) Caja decodificadora marca Konka**



**Municipio Boyeros, Reparto Fontanar. (CH-38)
Caja decodificadora marca GELET.**

Figura 15. Pruebas realizadas.

Las imágenes en la figura 15 muestran niveles de señal y calidad de la señal adecuada para la recepción de la Televisión Digital Terrestre en los municipios de Arroyo Naranjo y Boyeros.

Estimado aproximado de costos

Se muestra un análisis económico aproximado, teniendo en cuenta que estos precios no son al por mayor. Este costo puede reducirse aún más si se utiliza la técnica de líneas CPW y CPS.

Tabla 3 Costo del diseño.

Elemento	Costo (CUC)
Amplificador monolítico MAR-1+	\$ 0.99
Condensadores cerámicos SMD	\$ 0.60
Resistencias SMD	\$ 0.40
Conectores tipo F	\$ 0.20
Conector de alimentación	\$ 0.15

Inductores SMD	\$ 0.50
Fabricación de la placa base (5cmx4cm) con FR-4 y tecnología de microcinta (incluye precio de la placa y proceso de fabricación)	\$ 2.00
Fabricación del lazo con tubo cilíndrico de aluminio	\$ 0.60
Fabricación de la carcasa plástica	\$ 0.70
Cable coaxial de 1.5m	\$ 0.80
Fuente DC	\$ 2.50
Total	\$10.59

CONCLUSIONES

Se obtiene un diseño de una Antena Activa Interior como alternativa para la recepción de la TV Digital en Cuba, Las mediciones del prototipo construido fueron medidas en varias localidades y mostraron niveles de señal elevados y alta calidad de la imagen.

Se logra un diseño con dimensiones pequeñas, peso ligero y bajo costo, lo cual puede contribuir con la perspectiva de su posible producción a nivel industrial.

REFERENCIAS

- [1] G. Wilson, "The Mini State a Small TV Antenna", 1976
- [2] R. A. Poisel, "Antenna Systems and Electronic Warfare Applications", Artech House, 2012
- [3] C. A. Balanis, "Modern Antenna Handbook" University of Bristol, 2008.
- [4] "Workflow & Solver Overview CST", 2015
- [5] Z. Ning Chen, "Handbook of Antenna Technologies", Springer, 2016
- [6] N. Ida, "Engineering Electromagnetics" 3th edition, 2015.
- [7] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", 2012.
- [8] M. Cue Juan, "Antenas Receptoras para la TV Digital", 2014.