



Technology and Innovation

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Spectral Analysis of an Amateur Radio Antenna Design *

OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López
Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 * Research article based on the Scientific Initiation Project PIC – ING – 2261: “Spectral analysis and Design of amateur radio antennas”. Attached to Research Group GI-iTEC (Technology Innovation and Research Group for Electronics and Communications). Funded by Universidad Militar Nueva Granada.

Abstract

Nowadays, amateur radio can be, in extreme cases, one of the last remaining communication resources. Its worldwide relevance and number of followers increase daily, contributing to the creation of local amateur radio organizations.

On the other hand, knowing how to design different kinds of amateur radio antennas is of great interest not only to the communities that make up such organizations, but also to those in the academic field, particularly as it concerns practical experience with communications systems, and in regard to emergency or disaster situations.

This research shows the process to design an antenna prototype that can be made using easy-to-find elements. Furthermore, it shows the transmission and reception tests carried out after the construction of the prototype, with the aim of con-

ducting a spectrum analysis within a local setting.

First, the text offers a brief explanation of the importance of amateur radio in communication; next, there is a description of the antenna type chosen and the methods applied to its construction; then, there is a comparative analysis of the different tests carried out at various transmission powers and at different distances in a local scenario.

Key Words:

Antenna, Communication, Power, Radio Amateur, Reception, Transmission, Yagi-Uda

Photography: Fuerza Aérea Colombiana - Teniente Coronel Juan Carlos Hernández Deckers

Tecnología e Inovação

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Análise espectral do desenho de uma antena de radioamador *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radioafición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López

Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz

Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 * Artículo de pesquisa, derivado do Projeto de Iniciação Científica PIC - ING - 2261: "Desenho e análise espectral de antenas de radioamadores". Adscrito ao Grupo de Pesquisa GI-ITEC (Grupo de Pesquisa e Inovação Tecnológica em Eletrônica e Comunicações). Financiado pela Universidade Militar Nueva Granada.

Resumo

O radioamador hoje em dia é um dos últimos recursos de comunicação em casos extremos. A sua importância no âmbito mundial e número de seguidores dia a dia aumenta, contribuindo à formação de ligas de radioamadores locais.

Por outro lado, o conhecer como desenhar tipos de antenas de radioamador também é de grande interesse para não só as comunidades que conformam as ligas, como também se incrementa no âmbito acadêmico, particularmente na prática em um sistema de comunicação e sua consideração em entornos de emergências e desastres.

Esta pesquisa evidencia como se propôs o desenho de um protótipo de antena a partir de elementos de fácil acesso e posterior a sua construção, as provas

de transmissão e recepção para sua análise espectral em um ambiente local.

Em primeiro lugar, brevemente se explica a importância do radioamador nas comunicações, logo se realiza uma descrição sobre o tipo de antena escolhida e os métodos empregados para a sua construção, posteriormente se realiza uma análise comparativa das diferentes provas realizadas sob as diferentes potências de transmissão e distâncias em um cenário local.

Palavras-chave:

antena, comunicação, potência, radioamador, recepção, transmissão, Yagi-Uda.

Tecnología e Innovación

Nancy Esperanza Olarte López
Universidad Militar
Nueva Granada

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Universidad Militar
Nueva Granada

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Universidad Militar
Nueva Granada

Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición *

 OPEN ACCESS

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (2)
Julio-Diciembre de 2019/ Colombia/ Pp. 200-215

Citación: Olarte, N., Orrego, C., y Echeverry, G. (2019). Análisis espectral del diseño de una antena de radio afición. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14 (2), 200-215
Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

Nancy Esperanza Olarte López
Ingeniera en Telecomunicaciones, Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación.
nancy.olarte@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000812781
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-4006?lang=es>
Índice H: 8

Carlos Antonio Orrego Muñoz
Licenciado en Electrónica, Especialista tecnológico en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster en Ingeniería Biomédica.
carlos.orrego@unimilitar.edu.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001412437
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-1169?lang=en>

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez
Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones.
gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0001482522

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.641>

1 *Artículo de investigación, derivado del Proyecto de Iniciación Científica PIC – ING – 2261: “Diseño y análisis espectral de antenas de radioaficionados”. Adscrito al Grupo de Investigación GI-ITEC (Grupo de Investigación e innovación Tecnológica en Electrónica y Comunicaciones). Financiado por la Universidad Militar Nueva Granada.

Resumen

La radio afición hoy en día es uno de los últimos recursos de comunicación en casos extremos. Su importancia en el ámbito mundial y número de seguidores día a día aumenta, contribuyendo a la formación de ligas de radioaficionados locales. Por otro lado, el conocer cómo diseñar tipos de antenas de radio afición también es de gran interés para no solo las comunidades que conforman las ligas, sino también se incrementa en el ámbito académico, particularmente en la práctica en un sistema de comunicación y su consideración en entornos de emergencias y desastres.

Esta investigación evidencia como se planteó el diseño de un prototipo de antena a partir de elementos de fácil acceso y posterior a su construc-

ción, las pruebas de transmisión y recepción para su análisis espectral en un entorno local.

En primer lugar, brevemente se explica la importancia de la radio afición en las comunicaciones, luego se lleva a cabo una descripción sobre el tipo de antena escogida y los métodos empleados para su construcción, posteriormente se realiza un análisis comparativo de las diferentes pruebas llevadas a cabo bajo diferentes potencias de transmisión y distancias en un escenario local.

Palabras clave:

antena, comunicación, potencia, radio afición, recepción, transmisión, Yagi-Uda.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 1/11/2019

Aprobado evaluadores externos: 1/11/2019

Introducción

Hoy en día las telecomunicaciones en emergencia son reconocidas como un punto clave en la prevención y atención de desastres [1]. Si bien desde el año 2003 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ha hablado del Servicio de Telecomunicaciones en Emergencias (Emergency Telecommunication Service - ETS) [2], este, en la mayoría de los países, no se ha implementado dentro de sus redes públicas [3].

La implementación del ETS cuenta con mayores avances en cuanto a infraestructura. Ello se evidencia en el caso de Estados Unidos mediante el monitoreo y control, derivado del desastre generado por el Huracán Katrina [4]. Por lo tanto, gran número de países de América Latina han venido implementando redes de comunicaciones en emergencias, concepto que simplemente se trata de redes de radio aficionados que apoyan en situaciones de emergencias; sin embargo, esto no tiene los mismos resultados que los ETS por varias razones. Primera, porque es una red privada; segundo, porque es restringida al ser de usuarios que hagan parte de algunas instituciones como: La Cruz Roja, Bomberos, Policía etc. De este modo, es notorio en el mundo que las implementaciones de los ETS sean muy escasas, siendo así tan importantes en la actuación ante situaciones de desastre [5].

De hecho, en la última década, Latinoamérica ha atravesado escenarios de emergencias y desastres a causa de fenómenos naturales o fallas humanas; no obstante, poblaciones han aunado esfuerzos para diseñar protocolos de respuesta ante estos inconvenientes [6]. A pesar de tal medida, es necesario revisar fortalezas y debilidades en estas respuestas, considerando que sean inmediatas y eficaces, sin duplicar cargos y funciones, organizadas y sin ocasionar caos en el momento de atender la emergencia [7].

En Colombia han ocurrido, durante los últimos años, catástrofes naturales en los cuales los radio aficionados intervienen para lograr comunicación en el

menor tiempo posible a fin de establecer una búsqueda de apoyo. Lo anterior debido a que las comunicaciones cableadas y no guiadas probablemente colapsan a raíz de: no contar con la energía suficiente, la interconexión en uno de sus nodos, y porque el país no se encuentra preparado para enfrentar un momento de adversidad (en términos de logística) ni tampoco para poner en funcionamiento medios de comunicación alternos o de reserva. [8]

Ejemplo de desastres ocurridos en el país, donde las comunicaciones han estado en riesgo y ha existido una participación de radioaficionados, son: la erupción del volcán del Ruiz y la desaparición del municipio de Armero (1.985), el deslizamiento de Villatina en Medellín (1.987), el terremoto de Armenia (1.999), las inundaciones del sur del Atlántico (2010) [8] y la reciente avalancha en Mocoa - Putumayo (2017).

En función de eficacia en sistemas de radiocomunicaciones en emergencias y desastres, la preparación se logra si las organizaciones, los equipos de trabajo y las instituciones mantienen un ciclo secuencial entre actividades como las siguientes: planificación, organización, capacitación, equipamiento, ejercitación, evaluación y acciones de mantenimiento correctivo y preventivo. Además de contar con procedimientos operativos y de simulacros hacia la atención de emergencias y desastres [9].

De manera similar, la construcción de escenarios para la transmisión y recepción de datos (mediante antenas de tipo radioaficionado) podría presentarse como una estrategia pedagógica que posibilite el afianzamiento de los conocimientos a través de la práctica. Ello integra diferentes conceptos y teorías empleadas en los sistemas de comunicación.

Por lo anterior, existen iniciativas desde la academia para que estudiantes tomen conciencia de la importancia de las radiocomunicaciones en emergencias y desastres. De ahí que sea pertinente conocer la construcción de antenas con elementos a la mano y aplicar la teoría de su funcionamiento, todo con mi-

ras a analizar su frecuencia de trabajo, su diagrama espectral y las pérdidas de propagación en un escenario local.

En ese sentido, esta investigación es experimental y de corte cuantitativo cuya variable dependiente son las pérdidas de potencia y la independiente la distancia.

Por ende, se diseñó una antena Yagi de mano para una frecuencia de 850MHz en banda UHF. Dentro del análisis de pérdidas, el problema de las tierras se solucionó elevando las antenas a más de 40 centímetros del suelo. En trabajos futuros se podría implementar el análisis de patrón de radiación para las antenas diseñadas, también el análisis espectral para espacios abiertos y a mayores distancias.

Así pues, el presente documento (posterior a esta introducción) se divide en la sección de la perspectiva o referente teórico donde se describen los conceptos que fundamentan la investigación. Luego, la perspectiva metodológica donde se incluyen la estructura en fases para su desarrollo y, posterior, se presentarán los resultados encontrados respecto al análisis de pérdidas según diferentes frecuencias y distancias. Finalmente, están las conclusiones del estudio junto con las recomendaciones futuras y, al cierre, las referencias en cuales se encontrará el soporte bibliográfico.

Referente teórico

A través de la historia la humanidad ha tenido la necesidad de mantener comunicación entre diferentes puntos, dentro y fuera de la tierra. donde se encuentra ubicada una comunidad o en su defecto individuo. Aun a merced de las circunstancias que pudiesen llegar a presentarse, tales como: emergencias, desastres y catástrofes.

Para los escenarios de comunicaciones por radio, sean locales o remotos, es importante tener en cuenta algunos términos básicos que a continuación son explicados.

Proceso de comunicación

Es el procedimiento mediante el cual se transmite una información entre emisor y receptor de forma local o a distancia. Aquí los elementos que lo componen son: emisor, quien es el que envía o transmite la información (puede ser un individuo, grupo poblacional o máquina); receptor, que es quien recibe o a quien se le entrega la información (puede ser un individuo, grupo poblacional o máquina); el código compuesto por signos o símbolos, el cual sirve para codificar el mensaje; y el medio o canal, desde donde puede ser guiado o no guiado y constituye el camino por el que se va transmitiendo el mensaje (Ver Figura 1).

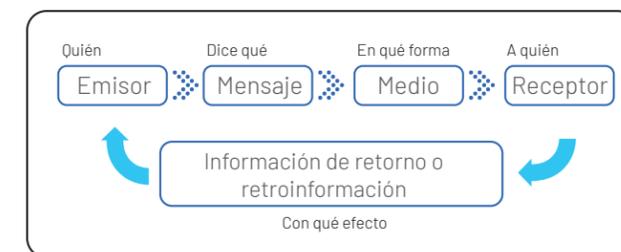


Figura 1. Proceso de la Comunicación [9].

Radioafición

La radioafición, más que un interés, es un servicio cuyo propósito es "la auto - instrucción, la intercomunicación y las investigaciones efectuados por radioaficionados" [7].

Quienes la conforman puede ser cualquier persona siempre y cuando tenga la voluntad y el deseo de adquirir algunos conocimientos básicos (Ver Figura 2). Así mismo, los radioaficionados enfocan parte de sus esfuerzos día a día, no sólo por el gusto o por el intercambio que se puede dar al hacer parte de este grupo de aficionados, sino porque reconocen la importancia que esto puede tener bajo cualquier eventualidad posible.



Figura 2. Radioaficionado en la ciudad de Bogotá.

La radioafición también es "un medio para que las personas se desarrollen en el ámbito científico y tecnológico" [10], bajo el uso de bandas del espectro radioeléctrico, las cuales tiene las siguientes características para la comunicación por radio:

- Banda exclusiva: solo los radioaficionados pueden usarlas.
- Banda de uso compartido: los radioaficionados pueden compartirlas con otros usuarios.
- Banda compartida primaria: los radioaficionados son prioritarios en su uso.
- Banda compartida secundaria: los radioaficionados deben abstenerse de interferir a los usuarios con banda compartida primaria [10].

Antena Yagi-Uda

Este tipo de antena es un arreglo de dipolos con máxima dirección de radiación a lo largo de su eje principal. Su ancho de banda es estrecho y su impedancia de entrada es baja. Los dipolos de dicho artefacto se organizan según cálculos en función de la longitud de onda, colocados de forma paralela entre ellos [11].

Uno de sus dipolos es activo, el cual es alimentado de forma directa; los demás son pasivos o elementos parásitos. Solo el dipolo ubicado detrás del activo sirve de reflector, y los restantes, ubicados delante del dipolo activo o radiador, hacen las veces de directores [11] como se observa en la Figura 3.

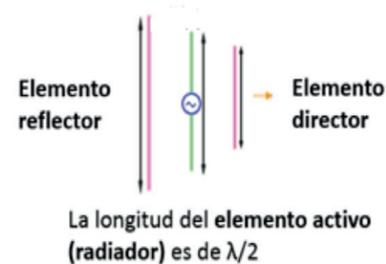


Figura 3. Elementos que componen una antena Yagi-Uda.

Este tipo de antena se utiliza para la transmisión de señales de televisión y también en comunicaciones por radio frecuencia.

Decibelio

Resultado logarítmico de la relación entre dos magnitudes, sean de origen acústico, eléctrico o entre la que se estudia y analiza una situación de referencia. Su unidad es el belio (B), que equivale a 10 decibelios (o 10 veces B), representando un aumento de potencia de 10 veces sobre la magnitud de referencia [12].

Metodología

La investigación experimental de corte cuantitativo se llevó a cabo mediante una serie de fases, las cuales se pueden apreciar a continuación:

- Fase uno: Diseño de la antena.
- Fase dos: Caracterización y ancho de banda.
- Fase tres: Adecuación, pruebas y análisis espectral.

Fase uno: diseño de la antena

En esta se consideró que la antena a diseñar cumpliera con las siguientes características: portabilidad, bajo costo (materiales para su construcción) y maniobrabilidad.

A partir de lo anterior, se seleccionó la antena Yagi-Uda de 3 elementos con una longitud de 70 centímetros, en banda UHF (Ultra High Frequency).

Los materiales utilizados fueron: cable RG-58, barras de aluminio, tapones plásticos, tornillos, conector BNC macho y balun. Esto fue suficiente para que en su diseño se tuviesen en cuenta los tres elementos que se muestran de la Figura 4 bajo el estándar aproximado que allí se evidencia, con un lambda (λ) o longitud de onda de 60 centímetros.

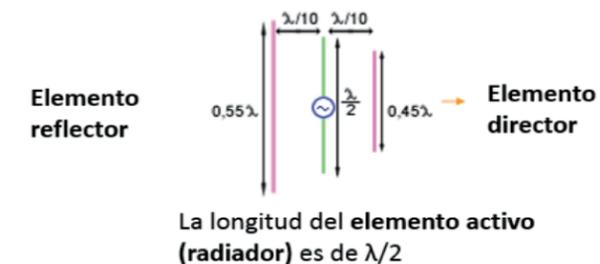


Figura 4. Cálculos para el diseño de antena Yagi-Ud

Para el elemento reflector, la longitud total es de 33 centímetros, la longitud del elemento radiador de 30 centímetros y el elemento director 27 centímetros. El prototipo de antena Yagi-Uda construida se aprecia a continuación (Ver Figura 5)



Figura 5. Prototipo antena Yagi-Uda diseñada.

Fase dos: caracterización y ancho de banda

El balun, fue necesario para su conexión hacia el analizador de espectro y así identificar la frecuencia de la antena resultante, la cual se ubica aproximadamente en 853,2 MHz (Ver Figura 6). Esta antena se utilizará como antena receptora y servirá en las pruebas a diferentes distancias.

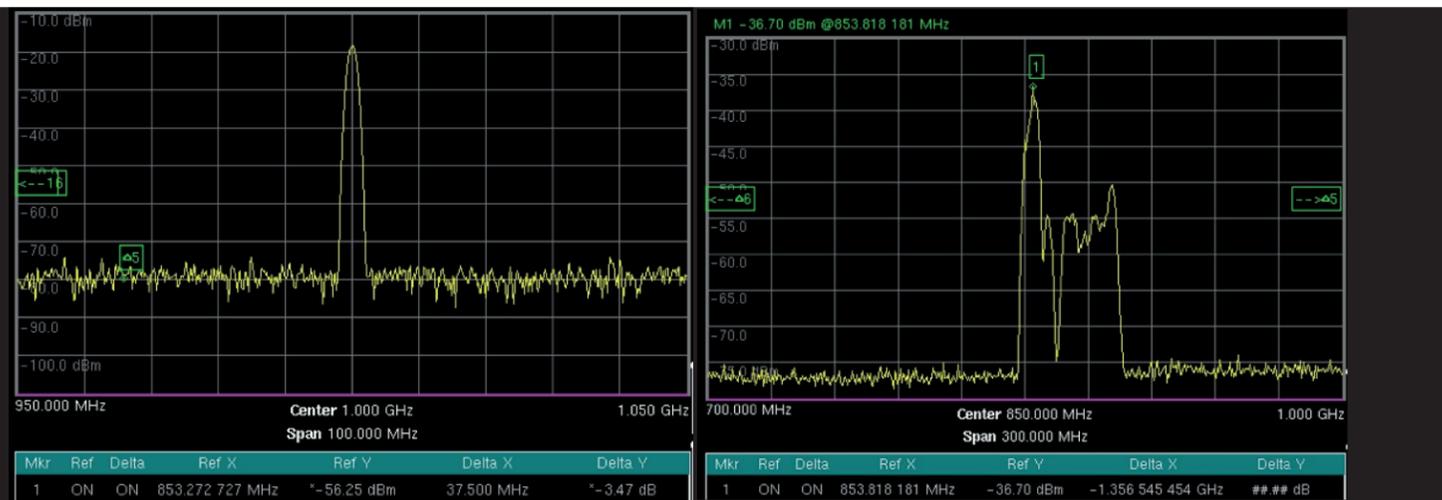


Figura 6. Frecuencia resultante antena de radioafición diseñada.

El spam determinado para las pruebas fue de 100 MHz y se escogieron tres frecuencias de estudio: 950 MHz, 1000MHz y 1050MHz.

La antena de transmisión, conectada al radio transmisor también es de tipo Yagi, de 6 elementos previamente construida (Ver Figura 8).



Figura 7. Antena Yagi previamente construida

Al identificar su frecuencia central, se obtuvo un resultado de 853,8MHz (Ver Figura 8), similar a la frecuencia de la antena de radio afición diseñada como objeto de este estudio.

Figura 8. Frecuencia antena Yagi previamente construida

Fase tres: adecuación, pruebas y análisis espectral

Dicha fase contempló las distancias seleccionadas para las pruebas de transmisión/recepción. Estas fueron desde 1 metro hasta 8 metros, con intervalos de 1 metro, con potencias de transmisión de: 10, 5, 0, -5, -10, -15, -20, -25, -30, -35, -40, -45 y -50 dBm; pero para el análisis de resultados se establecieron: 10, -5, -20, -35 y -50 dBm. Es decir, cinco potencias diferentes con intervalos de 15 dBm.

Para realizar la transmisión se situaron las antenas a una altura de 40 centímetros con respecto al suelo, obteniendo resultados óptimos en la recepción y visualización de datos mediante el analizador de espectro.

Para cada una de las distancias se desarrollaron pruebas con diferentes potencias de transmisión a la frecuencia de 950 MHz, 1000 MHz y 1050 MHz.

En efecto, este procedimiento se efectuó aumentando la distancia de a metro, hasta llegar a los 8 metros de distancia, obteniendo 13 (trece) potencias de transmisión por cada una de las 3 (tres) frecuencias centrales, por las 8 (ocho) distancias, para un total de 312 datos obtenidos. Sin embargo, sólo 120 fueron objeto de estudio para los resultados, debido a las 5 potencias de transmisión escogidas.

Resultados

Luego de tabular los datos obtenidos se realizaron las gráficas correspondientes a cada frecuencia (950 MHz, 1000 MHz y 1050 MHz) por cada una de las 8 distancias para las potencias de transmisión: 10dBm, -5dBm, -20 dBm, -35 dBm y -50 dBm.

Cálculos para pérdidas

Para realizar estos cálculos de pérdidas de transmisión / recepción de una manera más detallada, fue necesario tener en cuenta que la medida se tomó desde la salida del transmisor, adicional la captura de datos se realizó entre los extremos, tomando como referencia 1 metro (valor mayor de potencia) y 8 metros de distancia (valor menor de potencia).

Por lo anterior, la fórmula (1) permitió calcular las pérdidas en cada punto.

$$Pérdidas \text{ en dB en cada punto} = dBm_{(in)} + dBm_{(out)} \quad (1)$$

Siendo:

$$dBm_{(in)} = \text{Potencia del transmisor y}$$

$$dBm_{(out)} = \text{Potencia del receptor medida en cada punto}$$

Luego de calcular en cada punto el valor de pérdidas en dB, fue necesario convertir el valor a Watts, para lo cual:

$$P(W) = 10^{dB/10} \quad (2)$$

Posteriormente, se calculó la diferencia entre los puntos de 1 metro y de 8 metros:

$$Pérdida \text{ total } (W) = P(W_{(1 \text{ metro})}) - P(W_{(8 \text{ metros})}) \quad (3)$$

Al obtener este resultado, se realizó la conversión de Watts a dB para conocer las pérdidas.

$$P(dB) = 10 \log(W) \quad (4)$$

Por último, se convirtió a dBm para obtener las pérdidas totales del sistema, mediante las siguientes fórmulas:

$$P(dBm) = P(W) / 1mW \quad (5)$$

Prueba 1: Potencia de transmisión 10 dBm

Cuando se ajusta el radio transmisor a una potencia de 10dBm, realmente se está transmitiendo a 10mW, el comportamiento de la Figura 11. Entonces se observa que, para las tres frecuencias utilizadas, al aumentar la distancia la potencia disminuye, se tiene un valor más elevado en potencia recibida en dBm para la frecuencia de 1 GHz o 1000 MHz en la distancia mínima de 1 metro y máxima de 8 metros frente a las otras frecuencias; pero es la frecuencia que presenta más pérdidas en Watts.

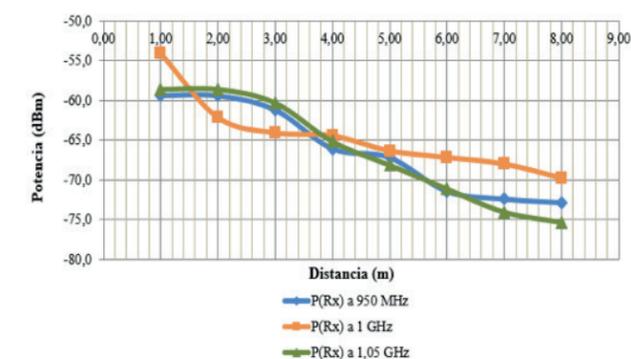


Figura 9. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = 10dBm

Los cálculos descritos anteriormente, fueron realizados para las tres frecuencias, tal y como se aprecia en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de pérdida con P(TX) = 10dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-59,42	-72,89	1,09E-05	-48,62	-19,62
1000	-54,02	-69,80	3,86E-05	-44,14	-14,14
1050	-58,63	-75,30	1,34E-05	-48,72	-18,72

Al analizar la Tabla 1, se evidenció que para una transmisión de 10mW ó 10dBm, la pérdida en las tres frecuencias fue mínima (en el orden de los mW o μW), siendo cercanas entre 1 y 4 μW y en dBm desde -14 hasta casi -20 dBm.

Prueba 2: Potencia de transmisión -5 dBm

Para una potencia de transmisión de -5dBm, (equivalente a 0,316mW), el comportamiento de la Figura 10 evidenció qué para las tres frecuencias utilizadas, al aumentar la distancia el valor de potencia va decayendo. Nuevamente se tiene un valor más elevado en potencia recibida para la frecuencia de 1 GHz o 1000 MHz en la distancia mínima de 1 metro y máxima de 8 metros, pero de nuevo es la frecuencia que tiene mayor valor de pérdidas durante la distancia total.

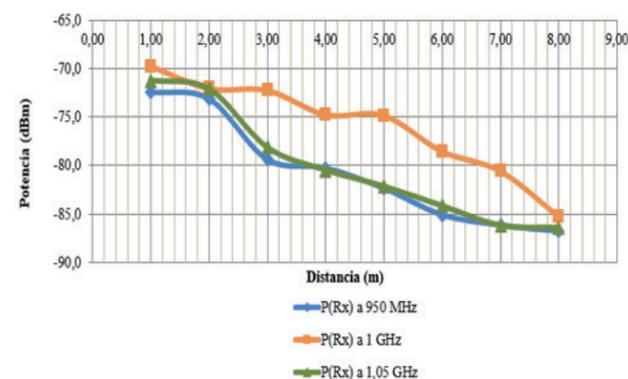


Figura 10. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -5dBm

Luego de analizar la Tabla 2, se obtuvo como resultado que, para una transmisión de 0,316mW ó -5dBm, la pérdida en las tres frecuencias va a ser aún más mínima comparada con la primera prueba (en el orden de los nW), siendo cercanas entre 17 y 32 nW y en dBm desde -44 hasta casi -48 dBm.

Tabla 2. Análisis de pérdidas con P(TX) = -5dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-72,44	-86,82	1,74E-08	-77,60	-47,60
1000	-69,72	-85,24	3,28E-08	-74,84	-44,84
1050	-71,23	-86,42	2,31E-08	-76,36	-46,36

Prueba 3: Potencia de transmisión -20 dBm

Al ajustar el radio transmisor a -20dBm, (realmente 10µW), la Figura 11 registró un comportamiento similar al de -5dBm.

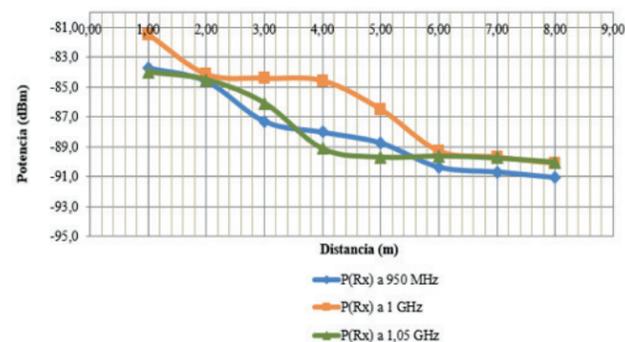


Figura 11. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -20dBm

En el caso de la Tabla 3, se tiene como resultado que, para una transmisión de 10µW ó -20dBm, las pérdidas en las tres frecuencias van a ser aún más mínimas comparada con la primera y segunda prueba (en pico Watts o pW), obteniendo pérdidas totales entre casi 30pW hasta 61,2pW y en dBm entre -72,1 hasta -75,2 dBm.

Tabla 3. Análisis de pérdidas con P(TX) = 20 dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-83,72	-91,04	3,46E-11	-104,61	-74,61
1000	-81,49	-90,11	6,12E-11	-102,13	-72,13
1050	-84,02	-90,01	2,97E-11	-105,28	-75,28

Prueba 4: Potencia de transmisión -35 dBm

En -35dBm, (equivalente a 316nW), la Figura 12 se presenta la composición o distribución de potencia recibida durante los 8 metros en las tres frecuencias, y nuevamente al aumentar la distancia el valor de potencia disminuye.

Los valores de potencia recibidos más altos se tienen en 1 metro para 950MHz y en 8 metros para 1050 MHz, pero las pérdidas totales más elevadas se presentan en 950MHz.

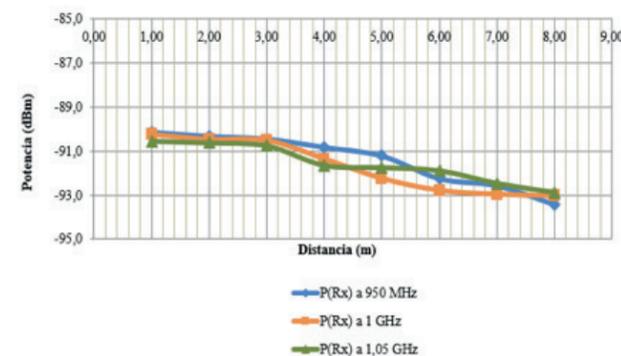


Figura 12. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -35dBm

Para este estudio, en la Tabla 4 se demostró que para una transmisión de 316nW ó -35dBm, las pérdidas en las tres frecuencias van a decaer aún más a comparación de los tres estudios anteriores (muy mínimas cerca al orden de los fW), obteniendo pérdidas totales entre 0,117pW hasta 0,163pW y en dBm entre -97,8 hasta 99,3 dBm.

Tabla 4. Análisis de pérdidas con P(TX) = -35dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-90,13	-93,41	1,63E-13	-127,89	-97,89
1000	-90,25	-93,02	1,41E-13	-128,51	-98,51
1050	-90,54	-92,89	1,17E-13	-129,33	-99,33

Prueba 5: Potencia de transmisión -50 dBm

Por último, al ajustar el radio transmisor a -50dBm (equivalente a 10nW), en la Figura 13 se muestra que, en la frecuencia de 1050 MHz, los valores de potencia en dBm recibidos fueron los más altos en el punto de inicio y fin, aunque fue la frecuencia que tuvo menos pérdidas en Watts, contrario al caso de 1000 MHz que obtuvo las pérdidas más altas.

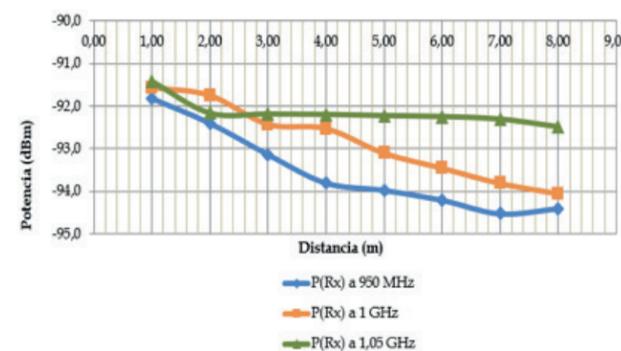


Figura 13. Distribución de Potencia de Recepción con P(tx) = -50dBm

La Tabla 5 muestra los resultados del último estudio, y para una transmisión final de 10nW ó -50dBm, las pérdidas en las tres frecuencias decrecieron aún más frente a los estudios anteriores (en orden de los fW), con resultados entre los 1,5 fW hasta los 3fWy en dBm entre los -115,1 hasta los -118.

Tabla 5. Análisis de pérdidas con P(TX) = -50dBm

MHZ	DBM 1 METRO	DBM 8 METRO	PÉRDIDAS EN WATTS	PÉRDIDAS EN DB	PÉRDIDAS EN DBM
950	-91,82	-94,4	2,95E-15	-145,31	-115,31
1000	-91,56	-94,05	3,05E-15	-145,16	-115,16
1050	-91,41	-92,48	1,58E-15	-148,02	-118,02

Conclusiones

Por un lado, bajo el estudio de transmisión / recepción mediante el uso de antenas de radio afición se comprueba que, a mayor distancia, la curva de potencia recibida decrece. Esto se cumple para los 5 valores de potencia transmitida y bajo las 3 frecuencias de uso objeto de este trabajo.

Por otro, se evidencia también que, al ir disminuyendo el valor de potencia de transmisión, a su vez el valor total de pérdidas disminuye desde el orden de µW hasta los fW.

Adicional, se comprobó que la antena de mano Yagi-Uda diseñada tenía una frecuencia específica de 853MHz y que funcionó correctamente durante las pruebas, permitiendo obtener diferentes valores o datos en el transcurso del análisis espectral durante los 8 puntos de medida.

Así mismo, la aplicación de las conversiones logarítmicas de potencia fue de gran utilidad, permitiendo usar unidades en decibelios, dB, o Watts de potencia.

Por último, se concluye que la construcción de antenas de Radio afición es de gran utilidad para la transmisión de datos locales; sin embargo, su impacto puede trascender no solo en el campo académico sino también se podrían propiciar espacios de ciencia, tecnología e innovación en la comunidad, a través del conocimiento y elaboración de dispositivos y antenas de radiocomunicaciones improvisadas; entre otros. De esta manera se dan avances que contribuirían como medio (más no como fin) en la implementación de las estaciones y nodos en emergencias y desastres.

También es importante concientizar a la comunidad no sólo en el hecho de la elaboración de la antena casera, sino en su uso y la mediación de las TIC para comprender términos como la propagación de señales, uso de frecuencias, manipulación de equipos y las pérdidas que se pueden tener por espacio libre, distancia y obstáculos en el recorrido.

Recomendaciones

A corto plazo se considera continuar trabajando en otros modelos de antenas de radioafición. Recientemente se construyó de forma manual una antena tipo EH de 20 metros de alcance, con una frecuencia de 15 MHz (Ver Figura 14). Con ello se espera construir una segunda antena de este tipo para realizar la transmisión y recepción de portadora y luego posterior análisis espectral bajo las mismas potencias y distancias empleadas en este objeto de estudio.



A su vez, se puede considerar incluir estudios de patrón de radiación de estas antenas para conocer su comportamiento en radiación en planos de campo eléctrico y magnético, su diagrama polar y cartesiano y, de este modo, conocer específicamente en el espacio la directividad y ganancia de cada antena.

Para estudios a mediano plazo se pretende realizar pruebas en campo abierto, con mayores distancias de transmisión y antenas más grandes como por ejemplo son: Onmidireccional para VHF, Quad.Cúbica, Tela de Araña, Panal de Abeja, Slim Jim, Loop, Band Hooper; entre otras. De hecho, se podría incluir no solo la transmisión del dato de la portadora sino también, señales digitales electrofisiológicas como por ejemplo las ya acondicionadas bajo proyectos previos como: Electrocardiográfica, Pletismográfica y Oximetría de Pulso.

Agradecimientos

A la Universidad Militar Nueva Granada y Vicerrectoría de Investigaciones por financiar el Proyecto de Iniciación Científica PIC - ING - 2261. También, al programa de la Tecnología en Electrónica y Comunicaciones y su Grupo de Investigación e innovación Tecnológica en Electrónica y Comunicaciones (GI-iTEC), junto al semillero Faraday.

Referencias

- [1] O. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, "Socialización Del Decreto Del Sistema Nacional De Telecomunicaciones En Emergencias", *Repositorio.gestiondelriesgo.gov.co*, 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/11466>. [Accessed: 17- Aug- 2019].
- [2] H. Touré, "El esfuerzo de la UIT para responder a las emergencias mundiales", *itu.int*, 2011. [Online]. Available: http://www.itu.int/net/itunews/issues/2011/02/pdf/201102_01-es.pdf. [Accessed: 02- Sep- 2019].
- [3] H. Folts, "Standards initiatives for Emergency Telecommunications Service (ETS) - IEEE Journals & Magazine". 40(7), 102-107., *ieeexplore.ieee.org*, 2002. [Online]. Available:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1018014>. [Accessed: 03- Mar- 2019].

- [4] T. Henderson, K. Roberto and Y. Kamo, "Older Adults' Responses to Hurricane Katrina: Daily Hassles and Coping Strategies - Tammy L. Henderson, Karen A. Roberto, Yoshinori Kamo, 2010", *SAGE Journals*, 2009. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0733464809334287>. [Accessed: 06- Aug- 2019].
- [5] O. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, "Por primera vez, Colombia tendrá un Sistema Nacional de Telecomunicaciones en Emergencias", *Repositorio.gestiondelriesgo.gov.co*, 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/11216>. [Accessed: 11- Mar- 2019].
- [6] A. Garijo Sánchez, "Análisis de capacidades nacionales en preparación a emergencias en UNICEF para la región de Latinoamérica y Caribe", *Riunet.upv.es*, 2014. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/43775>. [Accessed: 29- Apr- 2019].
- [7] D. Sierra and Z. Ramos, "Estado del arte de los Servicios de Telecomunicaciones de Emergencia (ETS) en el Colombia", *Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ingeniería en Telecomunicaciones*, Bogotá, pp. 1-6, 2009.
- [8] A. Erazo Coronado and J. Arroyave Cabrera, "Comunicación de riesgo y de crisis en desastres de origen natural en Colombia", *Congreso.pucp.edu.pe*, 2014. [Online]. Available: <http://congreso.pucp.edu.pe/alaic2014/wp-content/uploads/2013/09/Ana-Mar%C3%ADa-Erazo-y-Jes%C3%BAs-Arroyave.pdf>. [Accessed: 12- May- 2019].
- [9] D. López Miguel, "Recursos sobre emergencias y ayuda humanitaria en Internet", *Core.ac.uk*, 2007. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/41783050.pdf>. [Accessed: 06- Oct- 2019].
- [10] V. Pinilla Morán, R. Gress Gómez, J. Razo Pérez and G. Colloli Hernández, "Conceptos bá-

sicos de la radioafición", *Areunam.unam.mx*, 2011. [Online]. Available: <http://www.areunam.unam.mx/papime/practica01.pdf>. [Accessed: 22- Mar- 2019].

- [11] Gómez, L. Barrero Páez and R. Celeita, "Diseño de antenas Yagi Uda usando algoritmos genéticos", *Revistas.udistrital.edu.co*, 2003. [Online]. Available: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/download/2687/3867?inline=1>. [Accessed: 12- Jul- 2019].
- [12] G. Trujillo Rojas, A. Ortiz Ávila and N. Vásquez Díaz, "Diseño y construcción de un prototipo para un sistema de control remoto de antena de microondas", *45.5.172.45*, 2019. [Online]. Available: <http://45.5.172.45/handle/10819/2970>. [Accessed: 04- Feb- 2019].