



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES CLIMATOLÓGICAS SATELITALES NOAA: UN PROYECTO-CONCURSO PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE EN EL DISEÑO DE ANTENAS Y USO DE RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE

Manuel R. Pérez

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

Este artículo presenta una experiencia de aprendizaje en el curso de Medios de Transmisión del programa de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá, Colombia. La experiencia se enmarcó en el primer concurso nacional de diseño de antenas organizado por el capítulo estudiantil de la IEEE Antennas and Propagation Society (APS) capítulo Colombia. El objetivo del concurso consistía en diseñar, simular, construir y probar una antena para la recepción de imágenes satelitales climatológicas de dominio público tipo APT (Automatic Picture Transmission) enviada por satélites NOAA 15, 18 y 19. Aunque el concurso solo especificaba el diseño de la antena, los estudiantes se vieron enfrentados al uso de un radio definido por software (SDR) para la recepción de la señal y posterior decodificación de la imagen. Durante el concurso, 7 grupos representaron a la Pontificia Universidad Javeriana donde uno de ellos resultó ganador, mostrando que el aprendizaje asistido en un contexto aplicativo resulta más efectivo y motivador. El grupo ganador, diseñó una antena Cuadrifilar Helicoideal (QFH) siguiendo requerimientos de diseño y aplicando los conceptos aprendidos en clase, el artículo también presenta los resultados de su diseño dentro de la experiencia.

Palabras clave: Diseño de antenas; electromagnetismo aplicado; aprendizaje basado en proyectos; Radios Definidos Por Software (SDR)

Abstract

This article presents a learning experience in the course of Guided Transmission Media of the Electronic Engineering Program at the Pontificia Universidad Javeriana in Bogotá, Colombia. The experience was framed in the first national contest of antenna design organized by the IEEE Antennas and Propagation Society (APS) student chapter in Colombia. The objective of the contest was to design, simulate, build and test an antenna for the reception of climatological satellite images of public domain from an APT (Automatic Picture Transmission) system sent from NOAA satellites 15, 18 and 19. Although the contest only specified the designing of the antenna, students faced the challenge of using a software defined radio (SDR) for signal reception and decoding of the image. During the contest, 7 groups represented the Pontificia Universidad Javeriana where one of them was the winner, showing that assisted project-based-learning in an application context is more effective and motivating. The winning group designed a Quadrifilar Helicoideal antenna (QFH) following design requirements and applying the concepts learned in class, the article also presents the results of different antenna's final desings.

Keywords: *antenna design; applied electromagnetics; project-based-learning; Software Defined Radio (SDR)*

1. Introducción

Las aplicaciones basadas en tecnologías inalámbricas han crecido exponencialmente en la última década pues los servicios ofrecidos van desde los mensajes SMS, las comunicaciones de voz y video en tiempo real y recientemente las redes celulares 4G. Adicionalmente en los últimos años, los radios definidos por software (SDR) y la radio cognitiva (CR) han mostrado un gran potencial y son llamados a ser una nueva generación de sistemas de comunicación inalámbricos configurables (J. Mitola, 1999). En este marco de desarrollo en comunicaciones inalámbricas, es importante proponer e implementar nuevas formas de aprendizaje asistido en temas relacionados que reten a los estudiantes a abordar tecnologías inalámbricas cada vez más nuevas. Varios autores en educación han mencionado el hecho de que la mayoría de estudiantes de pregrado en carreras de ingeniería afines perciben extremadamente complicado y problemático el aprendizaje en teoría electromagnética y temas afines (Sadiku, 1986) (Rosenbaum, 1990).

Dentro de esta categoría, estudiantes de los últimos años de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana han evidenciado que dentro de los temas más complicados es el diseño de antenas y su aplicación, esto probablemente se debe a que históricamente dentro de la carrera se ha creado un tabú relacionado con el área, haciendo que pocos estudiantes se interesen por un área de bastante aplicación y de continuo desarrollo dentro de la Ingeniería.

El presente artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta la descripción del proyecto-concurso dando los requerimientos iniciales y detalles de la antena a diseñar. La sección 3 presenta la descripción del sistema de recepción de imágenes satelitales junto con los detalles de la simulación y construcción de la antena. La sección 4 reporta los resultados obtenidos.

Finalmente, en la sección 5 se dan las principales conclusiones y perspectivas sobre el proyecto-concurso.

2. Descripción del proyecto-concurso

El desarrollo del proyecto, junto con el diseño de la antena, se realizó con motivo del 1er concurso de diseño de antenas organizado por la Universidad Nacional de Colombia en la ciudad de Bogotá por el capítulo estudiantil de la sociedad *IEEE Antennas and Propagation (IEEE APS)* con el fin de incentivar el aprendizaje en temas aplicados de diseño y fabricación de antenas (APS-UN, 2017). Por otro lado, el concurso sirvió como temática del proyecto final para los estudiantes del curso de Medios de Transmisión Guiados de la Pontificia Universidad Javeriana con el que se buscó la aplicación de los conceptos teóricos sobre antenas enseñados en clase. El objetivo del concurso era diseñar, simular, construir y probar una antena para la recepción de la señal satelital de dominio público tipo APT (Automatic Picture Transmission) enviada por los satélites NOAA 15, 18 y 19. Esta señal, que contiene imágenes climatológicas del área sobrevolada por el satélite, fue recibida a través de un radio definido por software (SDR). Los requerimientos dados para el diseño de la antena se enuncian a continuación:

- Frecuencia de operación: 137 MHz
- Ancho de banda: > 40 KHz
- Polarización circular derecha (RHCP)
- Puerto de conexión del receptor tipo SMA de 50 Ω

El concurso estaba dirigido a grupos conformados por estudiantes principalmente de pregrado e investigadores de las universidades o centros de investigación en Colombia. Los criterios de evaluación planteados eran los siguientes: i) *Reporte escrito* donde se realizara una descripción detallada del escenario en cuestión, diseño propuesto, simulaciones, sistema implementado y resultados obtenidos en la puesta a prueba. ii) *Video en youtube* de máximo 3 minutos donde los integrantes presentaran su antena, los resultados de simulación y los resultados obtenidos en la puesta a prueba del sistema. Y iii) *Evaluación práctica* con la obtención de las imágenes a través de la antena diseñada, mediante un radio definido por software (SDR), un audio piping y un programa decodificador de la señal APT.

3. Descripción del sistema APT

El sistema de recepción planteado se muestra en la Fig. 1, constaba de: i) Computador donde se tiene el sistema de audio piping (Windows stereo mix) y un programa decodificador de la señal APT (WXtolmg). ii) Un radio definido por software (SDR): Funcube dongle y iii) Una antena con los requerimientos anteriormente mencionados (Ramos, 2017).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES CLIMATOLÓGICAS SATELITALES NOAA: UN PROYECTO-CONCURSO PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE EN EL DISEÑO DE ANTENAS Y USO DE RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE

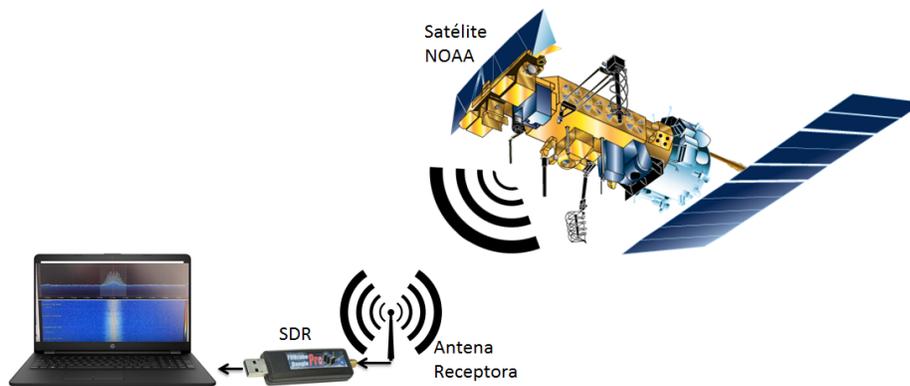


Figura 1. Sistema de recepción de imágenes climatológicas

Los sistemas APT son utilizados para transmitir señales satelitales meteorológicas, estas señales son transmitidas por satélites como: NOAA 15, 18 y 19. Los satélites no geoestacionarios NOAA pertenecen a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos y tienen como misión principal la meteorología operacional, proporcionando información importante sobre el clima espacial y la química atmosférica (Hollander, 1999). La recepción de las señales APT a través de los satélites debe hacerse en la banda de 137 MHz con un ancho de banda aproximadamente de 37 KHz y una potencia radiada efectiva (EIRP) estimada de 37 dBm. Las características de cada uno de los satélites NOAA se presentan en la Tabla 1 (OSCAR, 2017).

Satélite	Frecuencia de Operación (MHz)	Estado Operativo	Altitud (Km)	Ángulo de inclinación
NOAA 15	137.6200	AM Secundario	807	98.5°
NOAA 18	137.9125	PM Secundario	854	98.74°
NOAA 19	137.1000	PM Secundario	870	98.7°

Tabla 1. Principales especificaciones de satélites NOAA

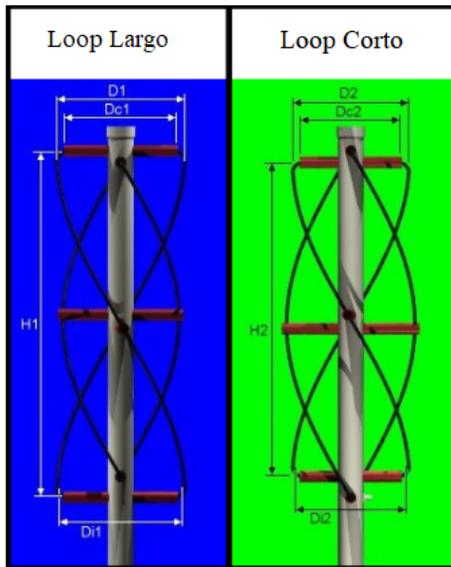
Para la selección de la antena en particular, diferentes grupos evaluaron el diseño de tres tipos de antenas: *Turnstile*, *Double Cross* y Antena Cuadrifilar Helicoidal. La antena seleccionada del grupo ganador fue del tipo Cuadrifilar Helicoidal. Los criterios de selección de dicha antena fueron principalmente su patrón de radiación cuasi-omnidireccional en el plano de elevación, mejor ganancia y pureza de polarización (Lopez, 2012). Así en las siguientes secciones se expondrán los detalles de diseño, simulación e implementación de la antena ganadora.

Diseño de la Antena

Esta antena está compuesta por dos lazos alineados 90° uno respecto del otro con un ángulo de giro de 180°, la alimentación se realiza en la parte superior con el objeto de obtener un patrón de radiación con polarización circular. La obtención de la polarización circular derecha es determinada por dos factores: la conexión del punto de alimentación y la dirección de las hélices.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES CLIMATOLÓGICAS SATELITALES NOAA: UN PROYECTO-CONCURSO PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE EN EL DISEÑO DE ANTENAS Y USO DE RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE

La dirección de las hélices se realizó en sentido contrario de las manecillas del reloj viendo la antena desde arriba, de esta forma, por la regla de la mano derecha, se asegura que la antena reciba las señales en la dirección del satélite. La frecuencia de operación de la antena está determinada por las medidas de la misma. Como se observa en la Fig. 2 esta antena cuenta con dos loops, uno corto y uno largo. Los parámetros más relevantes de este tipo de antenas son la altura (H) de sus loops, la longitud de los mismos, su diámetro interno (D_i) y la separación horizontal entre ellos (D_c).



Loop Grande		Loop Pequeño	
H_1	732.4 mm	H_2	696.4 mm
D_{i1}	306.3 mm	D_{i2}	290.4 mm
D_{c1}	292.2 mm	D_{c2}	276.4 mm
L_1	2399.4 mm	L_2	2280.2 mm

Tabla 2. Dimensiones de diseño obtenidas de la antena Helicoidal.

Figura 2. Antena Helicoidal (Coppensa,2017)

A partir de la longitud de onda en espacio libre a la frecuencia de funcionamiento dada por $\lambda = c_0/f$, se obtienen las dimensiones de las antenas siguiendo las reglas de diseño según lo presentado en (Hollander,1999) y en (Lopez, 2012). Las dimensiones obtenidas de la antena diseñada se muestran en Tabla 2.

Simulación de la Antena

Para verificar el diseño planteado, se construyó un modelo CAD de la antena y se usó el software de simulación comercial ANSYS Electronics para observar el desempeño de la antena propuesta. En la Fig. 3a, se muestra uno de los modelos de simulación creados. Así mismo se muestran en la Fig. 3b y Fig. 3c los patrones de polarización izquierda y derecha, respectivamente, mostrando que la radiación de la antena es principalmente circular izquierda, esto se debe a que la dirección de circulación se considera desde el punto de vista de transmisión y no de recepción, por lo que se puede concluir que los resultados son satisfactorios. Los parámetros de acople de la antena simulada se muestran en la sección de resultados.

Implementación

Una de las antenas construidas se muestra en la Fig. 4a, en ella se utilizaron: un tubo de PVC de 3 pulgadas para hacer la estructura principal de la antena, un tubo de cobre flexible de 3/8 de

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES CLIMATOLÓGICAS SATELITALES NOAA: UN PROYECTO-CONCURSO PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE EN EL DISEÑO DE ANTENAS Y USO DE RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE

pulgada para realizar los loops y cable coaxial. La forma de conexión de alimentación coaxial de la antena se muestra en la Fig. 4b.

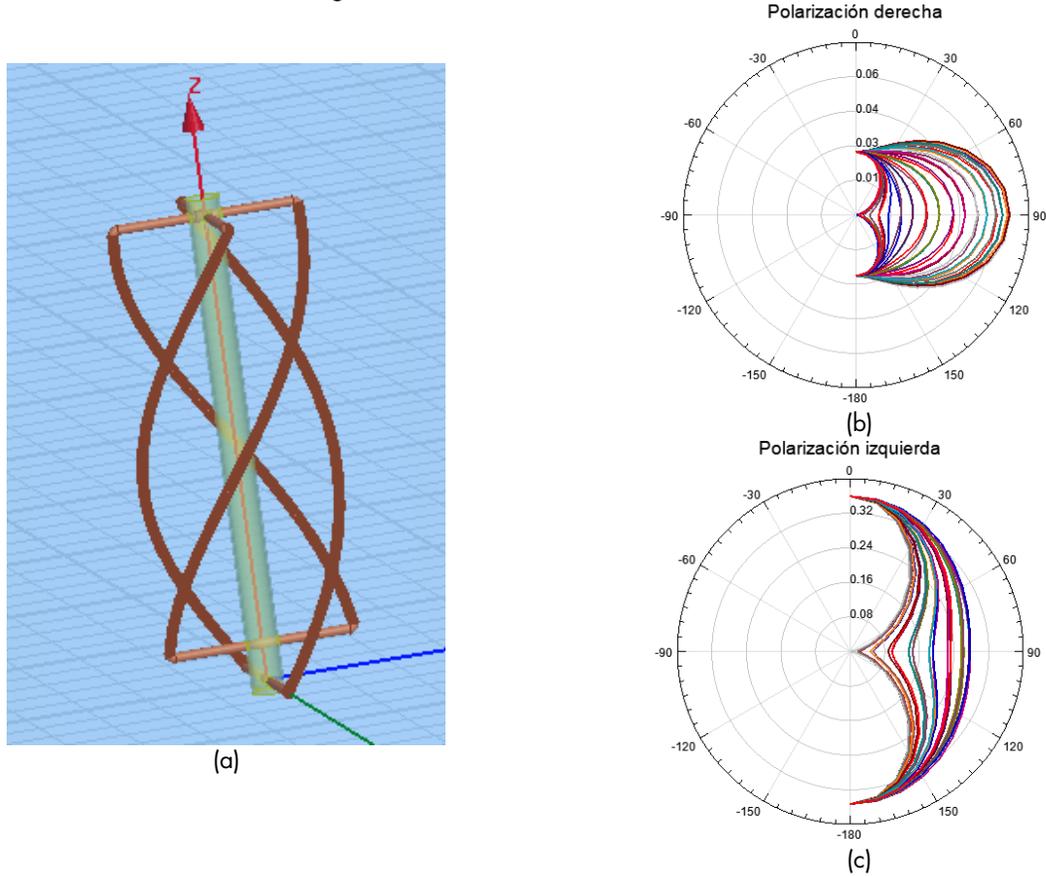


Figura 3. Antena Helicoidal: (a) Modelo de simulación Ansys Electronics, (b) Patrón de radiación de la polarización circular derecha, (c) Patrón de radiación de polarización circular izquierda.

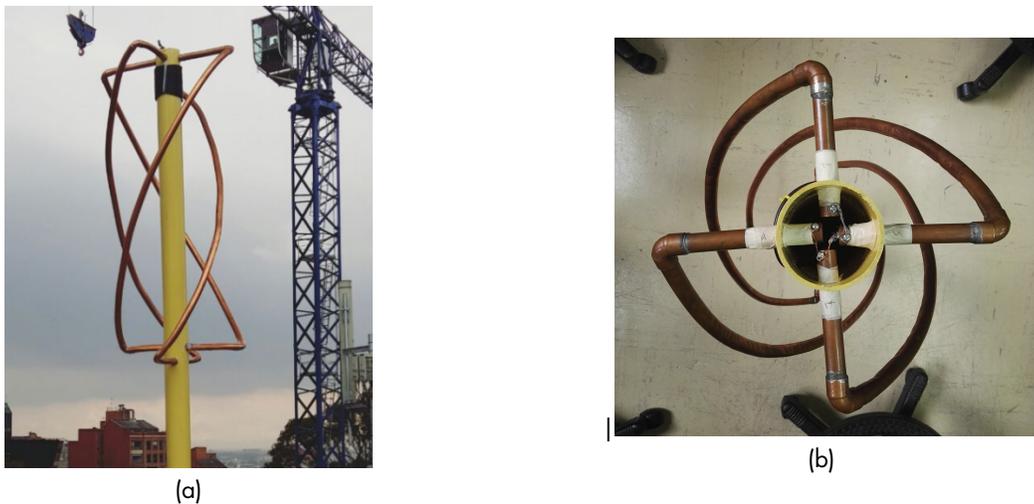


Figura 4. (a) Antena Helicoidal construida, (b) Alimentación coaxial

4. Resultados

Desempeño

Una parte importante de los parámetros de desempeño de las diferentes antenas diseñadas fue el parámetro de acople a la línea de alimentación coaxial, para ello se realizó una medición del parámetro de reflexión (S_{11}) (Fig. 5a) y de la impedancia de entrada (Fig. 5b) de la antena mediante un analizador vectorial de redes portátil (VNA) de marca Anritsu MS2721.

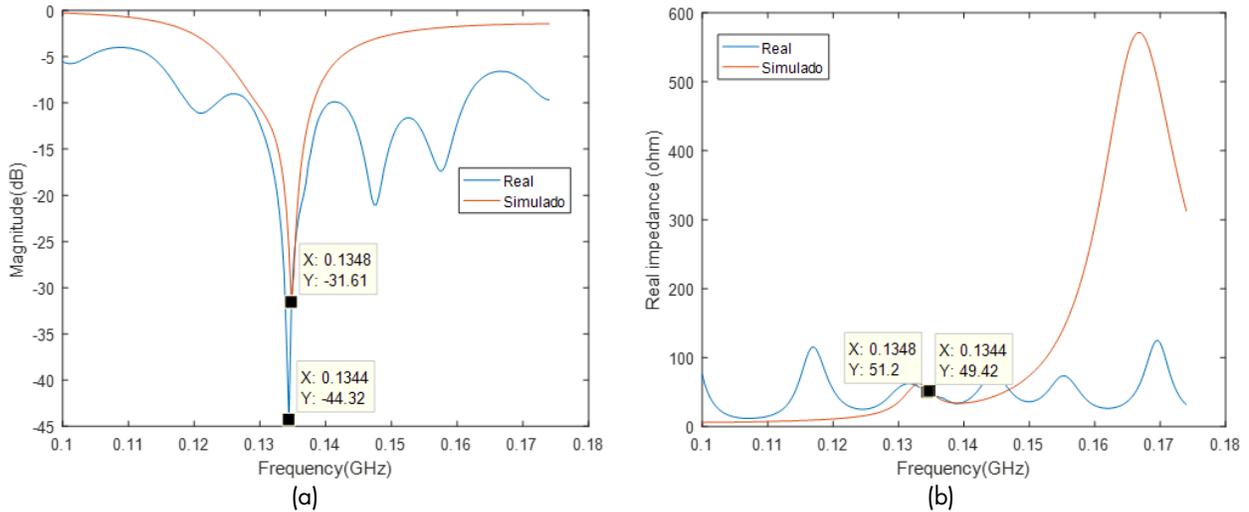


Figura 5: Parámetros de desempeño de la antena: (a) Parámetro de reflexión S_{11} , (b) Parte real de impedancia de entrada.

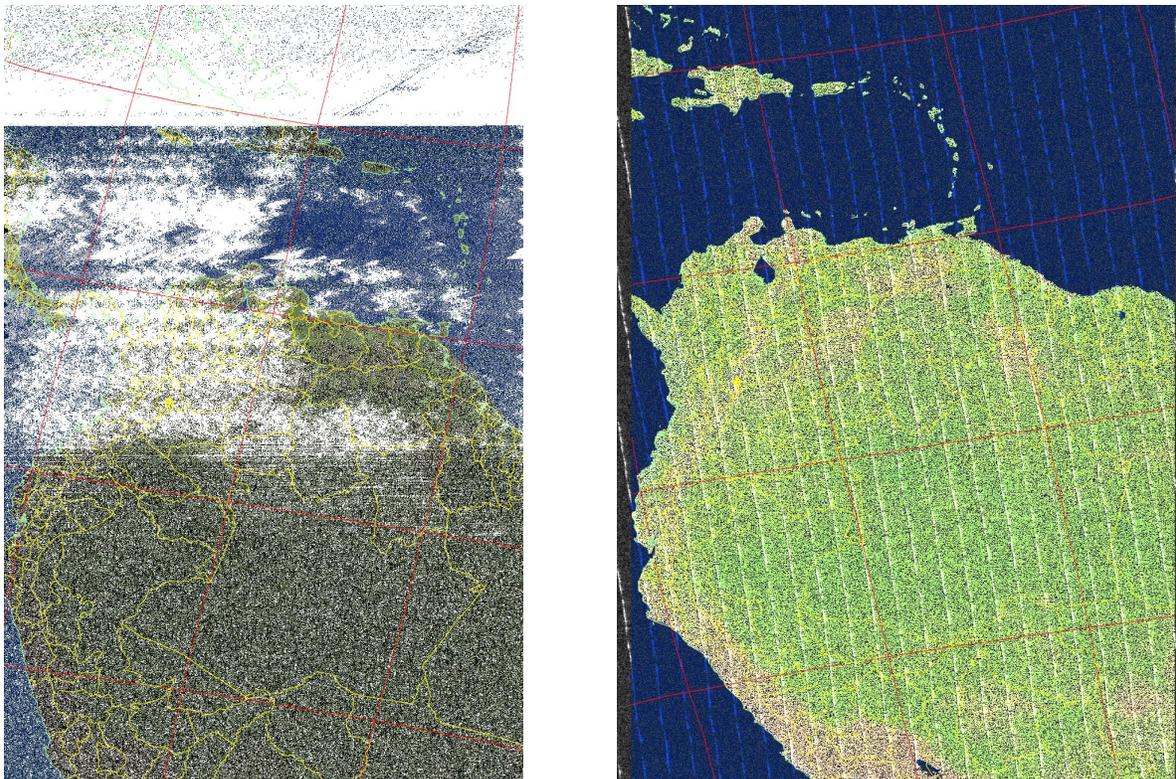


Figura 6: Imágenes satelitales obtenidas.

La Fig. 6 muestran dos imágenes satelitales obtenidas por diferentes grupos donde se observa gran parte del caribe, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador y parte de Brasil.

5. Conclusiones

En el presente artículo se presentó los resultados obtenidos de una experiencia de aprendizaje en el curso de Medios de Transmisión Guiado, en donde los estudiantes se involucraron en el proceso de diseño, simulación e implementación de una antena para recepción de imágenes satelitales. El diseño se enmarcó en el 1er concurso de diseño de antenas organizado por el capítulo estudiantil de la *Antennas and Propagation Society (APS)* de la Universidad Nacional. La experiencia mostró que el aprendizaje basado por proyectos es una alternativa efectiva ante la evaluación mediante exámenes escritos, donde según la vivencia del profesor, el desempeño de los estudiantes mejoró al enfrentarse a una aplicación práctica del uso de antenas.

6. Referencias

- Mitola J. (1999), "Software radio architecture: a mathematical perspective", IEEE Journal on selected areas in communications, vol. 17, no. 4, pp. 514-538.
- Sadiku M. N. O. (1986), "Problems Faced by Undergraduates Studying Electromagnetics," IEEE Transactions on Education, vol. E-29, no. 1, pp. 31-32.
- Rosenbaum F. J. (1990), "Teaching Electromagnetics around the World: A Survey," IEEE Transactions on Education, vol. 33, no. 1, pp. 22-34.
- APS-UN-Chapter (2017), "Concurso Diseño de Antenas", disponible online: <https://sites.google.com/view/aps-un-chapter/concurso-dise%C3%B1o-de-antenas>
- Hollander R. (1999), "Resonant Quadrifilar Helix Antenna"
- Lopez J. (2012), "Diseño y construcción de una antena cuadrifilar helicoidal para recepción de imágenes transmitidas por satélites de órbita polar", Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España
- Ramos L. (2017), "Diseño e implementación de un prototipo para recepción de señales satelitales para la obtención de imágenes meteorológicas del sistema de satélites NOAA usando radio definido por software", Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- O.S.C.A.R (2017), "OSCAR tool", disponible online: <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/341>
- Coppensa J. (2017), "Quadrifilar helicoidal", Disponible online: <http://jcoppensa.com/ant/qfh/calc.en.php>.

Sobre los autores

- **Manuel Ricardo Pérez Cerquera:** Ingeniero Electrónico, Máster en comunicaciones inalámbricas, Doctor en Ingeniería Electrónica y de las Comunicaciones del Politecnico di Torino en Italia. Profesor asistente. manuel.perez@javeriana.edu.co

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE IMÁGENES CLIMATOLÓGICAS
SATELITALES NOAA: UN PROYECTO-CONCURSO PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE EN EL DISEÑO
DE ANTENAS Y USO DE RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE**

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)