

# DESIGN OF A SYSTEM OF CAPTURE AND ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES IN THE LABORATORY OF COMMUNICATIONS OF UNAPEC.

Porfirio Sánchez, Msc, Luis Pérez Méndez, Msc, Ángel Iván Gerónimo, Ing, Michelle Fernández, Ing,  
Sherman Rosario, Ing  
UNAPEC, Republica Dominicana  
psanchez@adm.unapec.edu.do, lperez@adm.unapec.edu.do, 20132826@unapec.edu.do, 20120792@unapec.edu.do,  
20132925@unapec.edu.do

**Abstract—** *A picture is worth a thousand words and a satellite image can contain a large amount of data. These data can be used to know things as simple as the movement of clouds or things as complicated and extensive as studying the population growth in a specific region. Therefore, the interest arises to take advantage of this information in order to open the possibility of exploring the versatility of digital image processing in order to study and monitor the growth of vegetation and the effects of deforestation within the territory of the Dominican Republic.*

**Keywords-** *satellite, clouds, digital image processing*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.318>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTURA Y ANÁLISIS DE IMÁGENES SATELITALES EN EL LABORATORIO DE COMUNICACIONES DE UNAPEC

Porfirio Sánchez, Msc, Luis Pérez Méndez, Msc, Ángel Iván Gerónimo, Ing, Michelle Fernández, Ing, Sherman Rosario, Ing

UNAPEC, Republica Dominicana

*psanchez@adm.unapec.edu.do, lperez@adm.unapec.edu.do, 20132826@unapec.edu.do, 20120792@unapec.edu.do, 20132925@unapec.edu.do*

## 1. Abstract:

**Una imagen vale más que mil palabras y de una imagen satelital pueden contener una gran cantidad de datos. Estos datos pueden ser utilizados para conocer cosas tan simples como el movimiento de las nubes o cosas tan complicadas y extensas como estudiar el crecimiento poblacional en una región específica. Por tanto, surge el interés de aprovechar esta información de forma que se abra la posibilidad de explorar la versatilidad del procesamiento digital de imágenes con el fin de estudiar y monitorear el crecimiento de la vegetación y los efectos de la deforestación dentro del territorio de la Republica dominicana. A su vez, ayudará a proveer de un medio para obtención dichas imágenes satelitales para la Escuela de Ingeniería de la Universidad APEC. En este documento se detallará el proceso de diseño de un sistema de recepción satelital con materiales caseros creado en el laboratorio de comunicaciones.**

## 2. Marco teórico

2.1 Principios básicos de operación El sistema busca interceptar las imágenes provenientes de los satélites NOAA POES, los cuales envían la información en dos modos, uno de baja resolución y uno de alta resolución. El modo de baja resolución lleva el nombre de

APT, siglas de Automatic Picture Transmission, cuyos enlaces de bajada se sitúan entre los 137 MHz y los 138 MHz. El otro modo de transmisión, envía imágenes en alta resolución y recibe el nombre del HRPT, siglas de High Resolution Picture Transmission, cuyos enlaces descendentes operan entre los 1650 MHz y 1750 MHz. El sistema funcionará de la siguiente manera; se dispondrá del uso de 2 antenas para obtener tanto la señal APT como la HRPT, después esta señal será llevada hasta unos receptores de SDR (Software Defined Radio) con el fin de ser decodificadas y convertidas en información digital para, con la ayuda de otros programas, poder obtener las imágenes deseadas.

## 2.2 Análisis de antenas

Para obtener las imágenes APT se implementa el uso de una antena de cruzado doble (DCA), la cual no es más que una antena compuesta de 4 dipolos colocados a 90 grado uno del otro con una inclinación de entre 30 y 60 grados para formar una doble hélice [1]. Este tipo de antena se puede usar para detectar tanto polarizaciones lineales como

circulares según la interconexión de sus dipolos. La implementación de este tipo de antena nos permite obtener una señal en polarización circular en la banda de frecuencia VHF. Esta Antena puede ser utilizada para obtener simultáneamente la polarización circular a la derecha y circular a la izquierda, pero solo se utilizará la polarización circular a la derecha

El primer paso es establecer la frecuencia de trabajo, debido a que se desea captar la señal de 3 satélites NOAA POES que orbitan la tierra, los cuales trabajan a frecuencia distintas, se tomó la media de las 3 frecuencias de transmisión de señal APT de estos 3 satélites, que es la suma de las frecuencias dividida entre la cantidad de frecuencias NOAA 15 137.6200 MHz NOAA 18 137.9125 MHz NOAA 19 137.1000 MHz La frecuencia media de estos 3 satélites da como resultado 137.5442 MHz. Debido a que estos satélites se encuentran a 830 kilómetros de la superficie se procede a calcular la pérdida que sufre la señal en el espacio libre.

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log f_{[MHz]} + 20 \log (d_{[km]})$$

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log 138 + 20 \log 830$$

$$L_{bf} = 32,4 + 42.8 + 58.38$$

$$L_{bf} = 32,4 + 42.8 + 58.38$$

$$L_{bf} = 133.6 \text{ dB}$$

El transmisor de la señal APT tiene una potencia de radiación PIRE de 33.5dBm y nuestro receptor SDR tiene un margen de señal que va desde -97 a +10 dBm. Se podría suponer que las pérdidas por cableado y conexión son de 3 dB, nuestro presupuesto la potencia sería el siguiente.

$$33.5 \text{ dBm} - 133.6 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + G \\ \geq -97 \text{ dBm}$$

Con el que podemos calcular la ganancia de nuestro sistema de antena.

$$G \geq -97 \text{ dB} - 33.5 \text{ dB} + 133.6 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$G \geq 6 \text{ dB}$$

Nuestra antena no cuenta con mucha ganancia debido a que su diseño se priorizo un patrón de radiación casi isotrópico, se compensara la ganancia con nuestro SDR, con el que podremos añadir hasta 35 dB a nuestra señal mediante un LNA (Low Noise Amplifier). Para las señales de a la resolución HRPT se usará una antena Yagi de polarización circular, la idea de utilizar esta antena surge debido a que la frecuencia a la que trabaja este enlace se encuentra entre la línea que separa la banda de frecuencias UHF y SHF. Utilizamos el mismo criterio que la antena anterior, se tomara la frecuencia media entre las frecuencias de transmisión de estos satélites NOAA 15 1702.5MHz NOAA 18 1707.0 MHz NOAA19 1698.0 MHz La frecuencia media de estos 3 satélites da como resultado 1702.5 MHz. Conociendo la frecuencia y la distancia a la que se encuentran los satélites, podemos calcular las pérdidas en el espacio libre que sufre la transmisión.

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log f_{[MHz]} + 20 \log (d_{[km]})$$

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log (1702.5 \text{ MHz}) + 20 \log(830 \text{ km})$$

$$L_{bf} = 32,4 \text{ dB} + 64.62 \text{ dB} + 58.38 \text{ dB}$$

$$L_{bf} = 155.4 \text{ dB}$$

El transmisor HRPT tiene una potencia de radiación de 40.13 dBm Igualmente, conocemos que el margen de ruido de señal de nuestro SDR está entre los -97 y los +10 dBm. Se podría suponer que la pérdida por asuntos de cableado y conexión es de 2dB con lo que se puede proceder a despejar la ganancia de nuestra antena.

$$40.13 \text{ dBm} - 155 \text{ dB} - 2 + G > -97 \text{ dBm}$$

$$G > -97 \text{ dB} - 40.13 \text{ dB} + 155 \text{ dB} + 2 \text{ dB}$$

$$G > 20 \text{ dB}$$

Esto quiere decir que nuestro sistema de antena debe proporcionar una ganancia superior a los 20 dB.

Debido a que el proceso de cálculo de una antena Yagi es muy extenso, se recurre a la implementación de programas de diseño y métodos de construcción para

auxiliarnos en esta tare. La antena será simulada con el programa MMANA-GAL para realizar experimentos. Como la construcción de una antena Yagi de 20dB requiere de alrededor de 38 elementos directores, se reduce la ganancia a 15 dB para construir una antena de no más de 15 directores. Para compensar, se utilizará un LNA de 35 dB.

#### Requerimientos de diseño

- La frecuencia de construcción es 1702.5 MHz.
- El diámetro de los elementos directores es 2 mm.
- El diámetro del elemento de soporte es 10 mm.
- Debe tener como mínimo 15 elementos.
- Ganancia aproximada de 15 dBi.

Elemento	Longitud de elementos Yagi (mm)	Posición D de elementos respecto al reflector (mm)
Reflector	88.1	0
Radiador	82	40.8
D1	81.0	55.2
D2	80.0	85.6
D3	79.1	123.8
D4	78.3	168.9
D5	77.5	217.3
D6	76.6	269.6
D7	76.2	323.9
D8	75.7	388.6
D9	75.0	444.5
D10	74.2	518.9
D11	74.0	576.4
D12	73.3	637.2
D13	72.8	707.4
D14	72.4	783.8
D15	72.3	862.7

Tabla 1. Dimensión y espaciamiento de los elementos obtenidos con el programa YagiCalculator y ajustados mediante el software YagiCAD6 [2] [3].

Parámetro	Antena
Ga (dBi)	14.97
R (ohm)	63.14
jX (ohm)	19.22

SWR	1.51
Az-3dB	14°
El-3dB	15°

Tabla 2. Parámetros físicos de la antena Yagi obtenidos con el programa MMANA-GAL.

### 2.3 Receptor RTL-SDR

La señal que será captada por las antenas, debe ser entendida por un equipo físico antes de ser procesada. Esta acción será realizada mediante un hardware denominado RTL-SDR. RTL son las siglas de Register Transport Level que es como se denomina a la operación transmitir un flujo de datos en el que cada paquete de datos corresponde a un nivel de señal. Dicho de forma simple, el RTL-SDR realiza un muestreo del nivel de la señal captada por la antena que se le conecte y entrega estos datos a un computador. Esto permite que mediante software se pueda interpretar los cambios en los valores de la señal como variaciones en la modulación de una frecuencia de radio y a su vez obtener la información dentro de esta onda. Por tal razón, esta operación se denomina como Radio Definida por Software. En la figura 2 puede apreciarse un hardware genérico de radio definida por software, el cual es comercializado por la compañía NooElec.

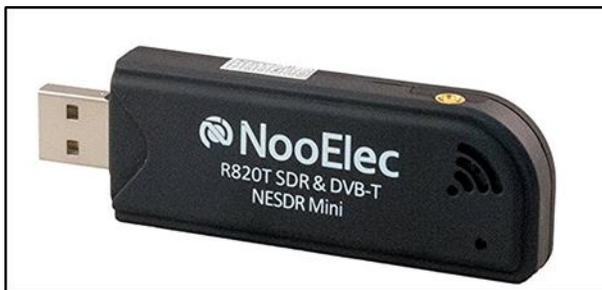


Fig. 1. NooElec NESDR.

La compañía NooElec aprovecha esto para comercializar una línea de dispositivos SDR llamados NESDR por precios entre 20 y 40 dólares. Puede ser utilizado como un radio DVB-T común, pero mediante a la instalación del driver correcto puede instalarse como SDR en un computador con abarcar frecuencias entre 25 y 1750 MHz de forma nativa. Este dispositivo puede recibir señales entre -97 y +10 dBm y debido a su unidad AGC (Automatic Gain Control) con un LNA (Low Noise Amplifier) de +35dB puede llegar hasta -132 dBm. En la figura 9 puede apreciarse un ejemplar de este dispositivo.

### 2.4 GPredict

Es un programa de predicción de órbitas y seguimiento de satélites en tiempo real [5]. Este es un software libre, facultado por Licencia Pública General GNU, por lo que su código fuente es de libre acceso y puede ser modificado para ajustarse a las necesidades del usuario. Este software predice la posición y la velocidad de un satélite en tiempo real usando un modelo matemático de la órbita. Como

cualquier otro programa de seguimiento de satélites, toma tres tipos de entradas:

- Elementos Keplerianos describiendo la órbita del satélite, así como la posición y velocidad de los satélites en un tiempo dado  $t_0$ .
- Posición de la estación terrena en la tierra.
- Tiempo y fecha en las cuales la posición y velocidad del satélite deberían ser calculadas.

### 2.5 GNU Radio

Este software se comunicará mediante USB con el dispositivo RTL-SDR y el USRP para realizar las funciones de radio definido por software. USRP son las siglas en inglés de Periférico Universal de Radio Definido por Software [6]. El USRP no es más que un transceptor computarizado que contiene 4 conversores de digital a análogo (D/A), 4 de análogo a digital (A/D), y la interfaz con la que se introduce al equipo puede ser USB o puerto de Ethernet. 2.6 WXtoIMG

Este software es un decodificador de señales de audio APT y WEFAX [7]. Soporta acciones de grabación, decodificación, edición y visualización. Este programa se utilizará para decodificar las señales de audio obtenidas de la demodulación de la señal APT y las convertirá en imagen, de la misma forma, nos permitirá realizar varias acciones de procesamiento digital de imágenes. 2.7 HRPT Reader

Es un software diseñado para decodificar la señal recibida mediante la transmisión HRPT [8]. Este programa necesita que previamente se haya recolectado, desmodulado y compilado un archivo binario con los datos de la señal pues no soporta funciones de demodulación o grabación por sí solo. Debe ser auxiliado con programas como GNU Radio.

## 3. Diseño y construcción.

### 3.1 Construcción de antenas

Para la antena DCA Para antena doble cruzado la frecuencia de trabajo es 137.5442 MHz cuya longitud de onda se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\lambda = c/f = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 137.5442 \times 10^6 \text{ Hz} = 2.1811 \text{ m}$$

Las sub-divisiones de la longitud de onda son las siguientes:

$$\lambda/2 = 2.1811 \text{ m} / 2 = 1.0905 \text{ m}$$

$$\lambda/4 = 2.1811 \text{ m} / 4 = 54.54 \text{ m}$$

$$\lambda/8 = 2.1811 \text{ m} / 8 = 27.26 \text{ m}$$

Cada dipolo de esta antena deberá tener una longitud de onda, es decir 1 metro con 9 cm, es decir, cada monopolo deberá tener una longitud de un cuarto de longitud de onda, 54.54cm. Se aceptará un espaciado entre monopolos de 2 cm. Cada monopolo debe estar a 90 grados del anterior en el eje X-Y y la separación entre dipolos deberá ser igual a un cuarto de longitud de onda, por último, los en Angulo de los dipolos deben ser de 30 grados hacia la izquierda. Para la construcción de esta antena se implementará el uso de tubos PVC.



Fig. 2. Tubos de PVC. Para la construcción del dipolo se utilizó tubería de aluminio de un diámetro de 1cm. Cortaremos un total de 8 trozos de tubería.

Para saber el largo de cada tubo usamos esta ecuación.  
 $Lm2 = Lm1 - gap \ 2 = 54.54 \text{ cm} - 2\text{cm} \ 2 = 53.54 \text{ cm}$

La longitud del tubo será de 53.54 cm, esta dimensión es el resultado de restar a la longitud ideal de un cuarto de onda, la mitad de la longitud de la separación física entre monopolos. El cableado de la antena debe seguir el esquema de la figura 3. Cada dipolo está conectado un cable coaxial en el cual el centro de cobre está conectado al monopolo superior mientras que la malla del cable se conecta al monopolo inferior. Es de notar que antes de conectar el cable al dipolo, se coloca una ferrita toroidal cuyo propósito es el de ayudar al filtrado de las bajas frecuencias dentro del cable.

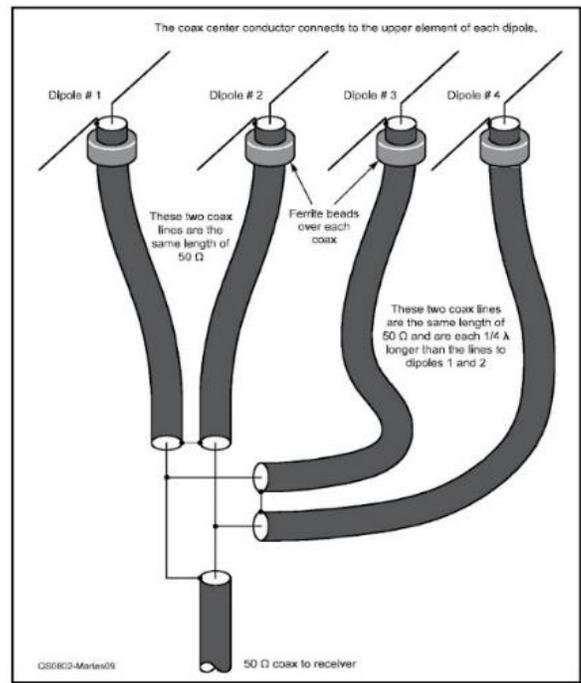


Fig. 3. Conexión de los dipolos de la antena de cruzado doble.

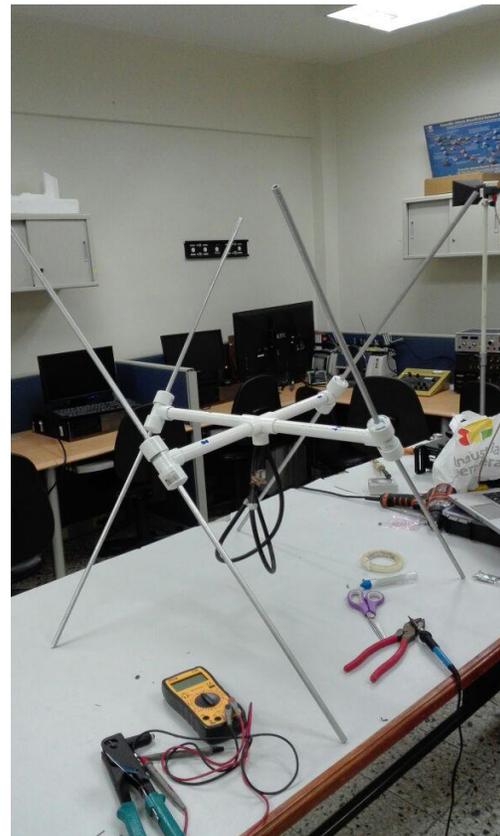


Fig. 4. Antena DCA construida.

Para la antena Yagi La frecuencia de construcción de esta antena es 1702.5 MHz. Obtenida la frecuencia de construcción se calcula la longitud de onda mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = c / f = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 1702.5 \times 10^6 \text{ MHz} = 0.17621 \text{ m} = 176.21 \text{ mm}$$

Se realizan agujeros a una barra de aluminio con un grosor de 1cm, usando un taladro de base. Es necesario hacerle la misma cantidad de agujeros nuevamente a 90 grados, con una separación de 5 mm por encima de los primeros para no coincidir en ningún agujero. Luego se traspasan los electrodos cortados a las dimensiones de longitud que ordena la tabla 1 que se encuentra en el apartado anterior y por último se deben soldar estos elementos a la barra de aluminio para que exista conductividad entre todos los elementos directores. Los radiadores en polarización horizontal y vertical se colocan dentro de un recuadro de acrílico como se puede ver en la figura 5 para que estén aislados y puedan ser irradiados apropiadamente por los elementos directores.

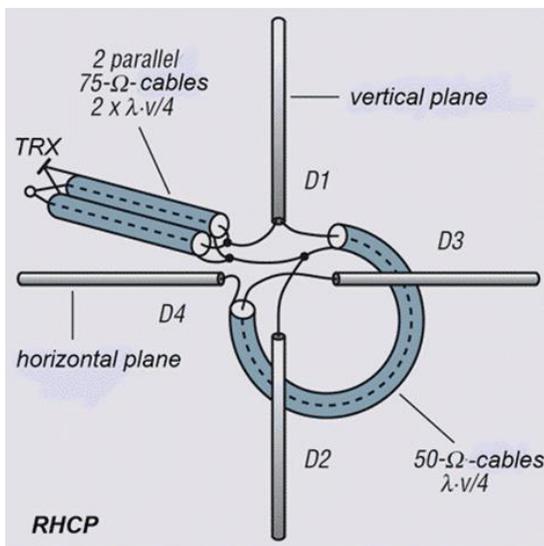


Fig. 5. Conexión de elementos radiadores en Yagi de polarización [9]. Entonces una cuarta parte de longitud de onda (1/4) es 44.05 mm,

pero como esta dimensión es muy pequeña respecto a la dimensión de la antena, se decide utilizar propiedades de la guía de ondas, para aumentar el cableado de las alimentaciones en media longitud de onda (88.1 mm). Con lo que la longitud del elemento de desfase pasaría de una cuarta parte de longitud de onda a 3/4 de longitud de onda (132.15 mm), pero de la misma forma, hay que extender la conexión de los elementos en fase por media longitud de onda para que las señales captadas en ambas

polarizaciones se encuentren en el mismo ciclo. Adicionalmente, estas dimensiones se deben multiplicar por un factor de velocidad en el cable que depende del tipo de cable que se utilizará para hacer esta conexión. Debido a que se utilizará un cable RG316 para hacer este cuadrado, estas dimensiones deben multiplicarse por un factor de velocidad de 0.79, lo que nos resulta en dimensiones de 104.40 mm y 69.6 mm para el elemento de desfase y la conexión de los elementos en fase, respectivamente.

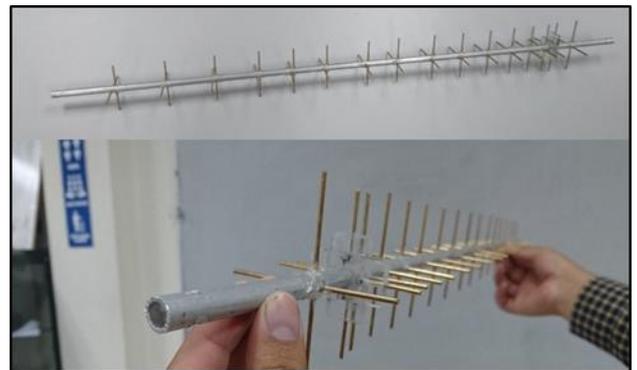


Fig. 6. Antena Yagi construida.

### 3.2 Simulación

#### Antena de doble cruzado

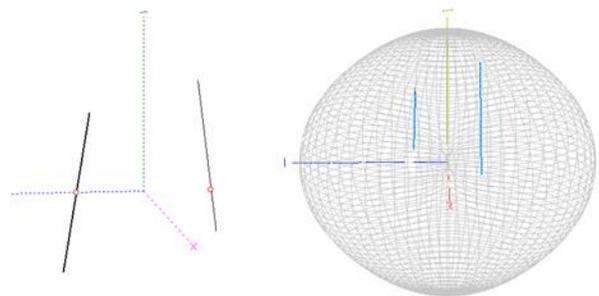


Fig. 7. Patrón de radiación de dos dipolos cruzados

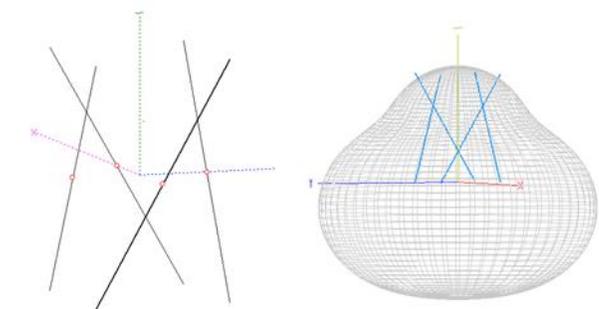


Fig. 8. Patrón de radiación de 4 dipolos cruzados Antena Yagi

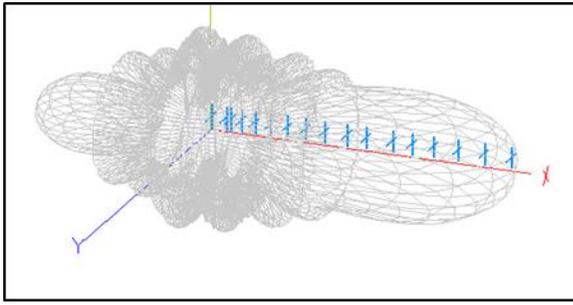


Fig. 9. Patrón de radiación antena Yagi

#### 4. Resultados y conclusiones

##### 4.1 Pruebas

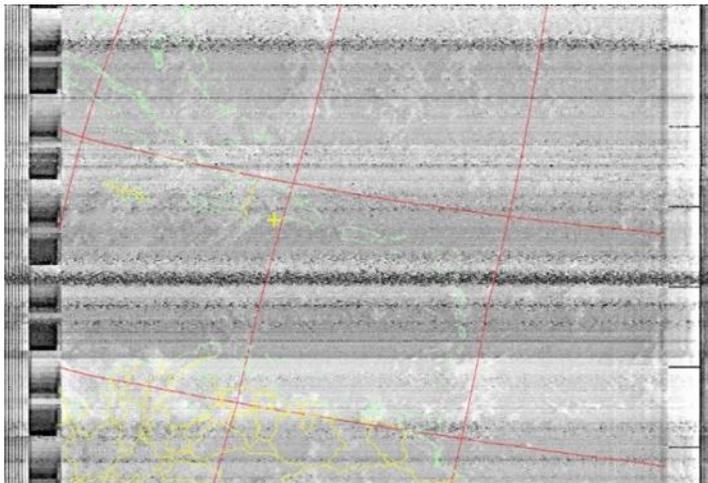


Fig 10 Imagen APT captada

##### 4.2 Conclusión

La captura realizada mediante la antena de cruzado doble presenta un alto índice de factibilidad, puesto que

su construcción e implementación son relativamente sencillas y las imágenes capturadas presentan una calidad aceptable bajo las condiciones atmosféricas y de radiación electromagnética normales. Aunque la eficiencia de la recepción fue afectada por un alto índice de ruido eléctrico, se pudo obtener una imagen con la información suficiente para obtener datos sobre el clima de la región. Con respecto a la adquisición de imágenes en Alta Definición, la antena Yagi de polarización circular presenta gran eficiencia, que se complementa con el sistema de control de posición para brindar datos confiables. La antena Yagi de polarización circular fue un gran descubrimiento durante este desarrollo, esta antena contó con la ganancia suficiente para dotar a la señal del nivel necesario para sobresalir por encima del piso de ruido. Los programas de decodificación utilizados, WXtoIMG y HRPT Reader, fueron suficientes para realizar las operaciones de composición y procesado de las imágenes de alta y baja resolución.

- [1] [5]. Referencias bibliográficas [1] G. Martes, “Double Cross: A NOAA Satellite Downlink Antenna”, W7DBO.net, 2008. [Online]. Available: <https://goo.gl/dVCiyA>. [Accessed: 5-Sep-2017]
- [2] [2] P. McMahon, “YagiCAD”, 2017. [Online]. Available: <https://goo.gl/6Szb9v>. [Accessed: 10-Oct-2017]
- [8] [8] D. Taylor, “HRPT Programs”, SatSignal, 2016. [Online]. Available: <http://www.satsignal.eu/software/hrpt.htm> [Accessed: 10-Oct-2017]
- [9] [9] C. Balanis. “Traveling Wave and Broadband Antennas”, in *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2016,

- [3] [3] J. Drew, “Yagi Calculator: DL6WU style yagis for VHF/UHF”, 2015. [Online]. Available: <http://www.vk5dj.com/yagi.html>. [Accessed: 10-Oct-2017]
- [4] [4] NooElec, “NooElec NESDR Mini SDR & DVB-T USB Stick (RTL2832 + R820T) w/ Antenna and Remote Control”, 2014. [Online]. Available: <https://goo.gl/CcVWX6>. [Accessed: 23-Oct-2017]
- [5] [5] A. Csete, “Gpredict: Free, RealTime Satellite Tracking and Orbit Prediction Software”, 2016. [Online]. Available: <http://gpredict.oz9aec.net>. [Accessed: 10-Oct-2017]
- [6] [6] “What is GNU Radio?”, The GNU Radio Foundation, 2017. [Online]. Available: <https://www.gnuradio.org/about/>. [Accessed: 10-Oct-2017]
- [7] [7] C. Anderson, “WXtoImg: The world's best weather satellite (WXsat) signal to image decoder”, WXtoImg Foundation, 2017. [Online]. Available: <http://www.wxtoimg.com>. [Accessed: 10-Oct-2017]