

## ANTENA SINUOSA PARA RADIO MONITOREO DE 2 GHZ A 15 GHZ

Oniet Paz Barros<sup>1</sup>, Pedro Arzola Morris<sup>2</sup>, José R de la C. Sandianes Gálvez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CIDP "Grito de Baire", Santa Ana # 711 / 47 y Reforma Plaza de la Revolución, La Habana.

<sup>1</sup>e-mail: [oniet@nauta.cu](mailto:oniet@nauta.cu)

<sup>2</sup>e-mail: [pedro.amorris@gmail.com](mailto:pedro.amorris@gmail.com)

<sup>3</sup>e-mail: [sandianes@tele.cujae.edu.cu](mailto:sandianes@tele.cujae.edu.cu)

### RESUMEN

Con el objetivo de explorar la banda de frecuencias 2 GHz – 15 GHz con una sola antena de banda ancha, evitar el uso de varias antenas y conmutador de antenas correspondiente, se procedió al diseño y simulación de una antena sinuosa impresa. Este diseño de antena se acopla a la línea de transmisión de 50Ω a través de un balun-tapared. En este artículo se profundiza en el procedimiento de diseño de la antena sinuosa impresa. Se analizan los resultados teniendo en cuenta el criterio de mantener un valor de ROE (razón de onda estacionaria) inferior a 3 en la banda de interés, los mismos se obtienen mediante la simulación y la optimización utilizando el software CST (Microwave Studio). La construcción de algunos prototipos, su posterior medición y las pruebas realizadas dan certeza del buen funcionamiento del diseño presentado.

**PALABRAS CLAVES:** Antena independiente de la frecuencia, balun-tapared, antena sinuosa.

### SINUOUS ANTENNA FOR RADIO WATCHER

#### ABSTRACT

In order to explore the frequency band 2 GHz – 15 GHz with one only broadband antenna, to avoid the use of a variety of antennas and switched antennas, current article designs and simulates a printed sinuous antenna. This design is then matched to the transmission line of 50Ω through a balun-tapared. Current article goes through the procedure of printed sinuous antenna. Obtained results were analyzed to maintain SWR (stationary wave reason) less than 3 units over the bandwidth of transmission. Results are obtained through simulation, optimization and using the software CST (Microwave Studio). The construction and measurement of several prototypes and tests realized show the proper functioning of designed device.

**KEY WORDS:** Frequency independent antennas, balun-tapered, sinuous antenna.

### 1. INTRODUCCIÓN

El monitorización del espectro radioeléctrico es vital para el control de emisiones de radio furtivas para aplicaciones de seguridad. También es necesario para garantizar la calidad de los servicios del sector empresarial que explota el recurso natural del espectro radioeléctrico. En este afán es inminente obtener antenas de mayor ancho de banda, dentro de las que se destacan las antenas independientes de la frecuencia (AIF). Dentro de estas antenas se destaca la antena sinuosa.

La antena Sinuosa desde su descubrimiento en 1987 [1] ha tenido múltiples aplicaciones: en radio telescopios [2], en RADAR [3], en la medicina [4], entre otros. Estas antenas (figura 1) no solo se han utilizado en sus forma planas o impresas, sino que también se han utilizado en la forma cónica [6], [7] y piramidal [8].



Figura 1. a) Antena sinuosa plana b) Antena sinuosa cónica[2] c) Antenas sinuosa piramidal[8].

La antena sinuosa al estar dentro del grupo de las antenas independientes de la frecuencia (AIF) se puede decir que tiene un patrón de radiación estable y una impedancia característica casi invariante en un rango amplio de frecuencias. Estas antenas AIF se destacan por las siguientes características:

- La antena sinuosa con la misma estructura puede tener dual polarización lineal, así como también dual polarización circular;
- Mayor ganancia teniendo similares dimensiones físicas que las espirales;
- Menor tamaño físico para la misma frecuencia de operación;
- Ancho de banda más flexible.

La antena sinuosa que se presenta en este trabajo se utiliza para recepción de señales en la banda desde 2 GHz hasta 15 GHz. Es una antena impresa de dos brazos la que permite una razón de onda estacionaria (ROE) menor a 3 para una impedancia característica de  $50 \Omega$  (régimen de recepción). En este mismo rango de frecuencias se busca que la antena tenga un patrón de radiación amplio, alrededor de los 1000 de ángulo de media potencia; así como la polarización debe ser lineal y la ganancia debe ser igual o mayor a 4 dB.

### DISEÑO DE ANTENA SINUOSA.

La forma más general de definir la antena sinuosa está dada por las siguientes ecuaciones [1], [9], [10]:

$$\phi = (-1)^p \alpha_p \operatorname{sen} \left\{ \pi \frac{\ln \frac{r}{R_p}}{\ln \tau_p} \right\} \quad (1)$$

$$R_{p+1} < r < R_p \text{ en } p \text{ celda} \quad (2)$$

$$R_{p+1} = \tau R_p, \quad p = 1, 2, 3, \dots, P \quad (3)$$

Donde  $\phi$  y  $r$  están en coordenadas polares,  $P$  es el número de repetición de la celda,  $\alpha_p$  es el ancho angular de la celda  $p$  y  $\tau_p$  es la tasa de crecimiento de la celda  $p$ . La variable  $R_p$  representa el radio exterior de la celda, siendo  $R_1$  el radio exterior de la antena (figura 2). Para formar un brazo de la antena, la curva se barre con un ángulo  $\pm \delta$ . Para formar la antena el brazo se copia  $N$  veces a medida que se gira por  $2\pi/N$ .

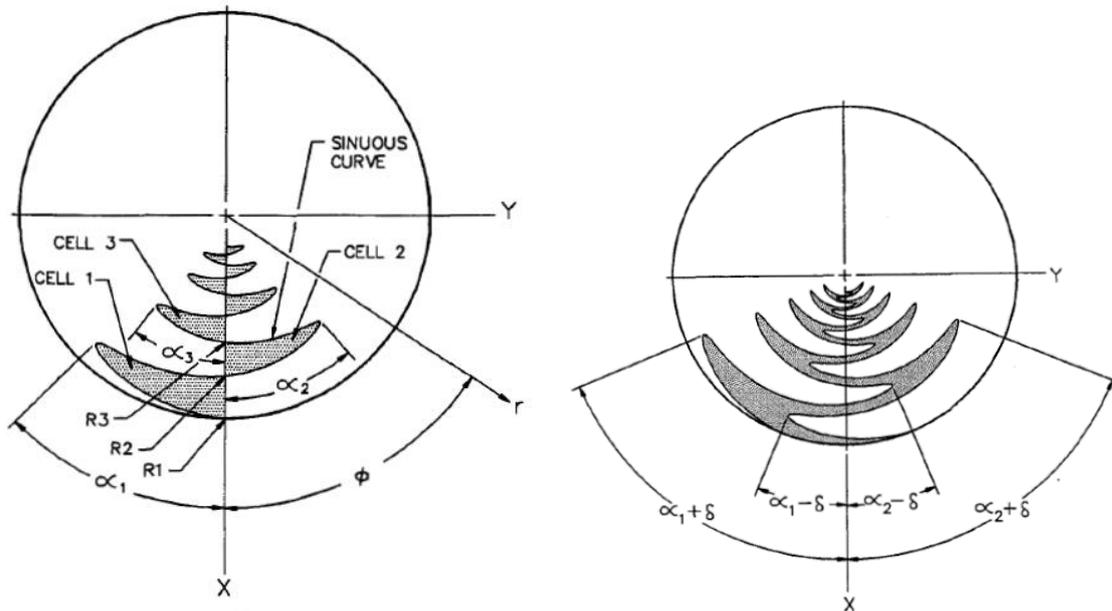


Figura 2. curva que define la antena sinuosa b) formación de un brazo de la antena sinuosa [11].

Teniendo en cuenta la formulación de la antena sinuosa, la longitud de onda mayor y menor para las que debe trabajar la antena (149 mm y 20 mm respectivamente) se relacionan de la siguiente forma:

$$\lambda_H/4 = R_1 \quad (4)$$

donde  $\lambda_H$  es la longitud de onda mayor y  $R_1$  es el radio exterior dado por  $R_1 = \frac{149 \text{ mm}}{4} = 37.25 \text{ mm}$ . Para obtener la dimensión menor de la antena se sigue el criterio empírico:

$$\lambda_L/4 = 2R_p \quad (5)$$

donde  $\lambda_L$  es la longitud de onda menor y  $R_p$  es el radio interior de la antena sinuosa dado por:

$$R_p = \frac{20 \text{ mm}}{8} = 2.5 \text{ mm}$$

### SIMULACIÓN Y MEDICIÓN.

Una vez completado el diseño preliminar de la estructura de la antena, se procedió a la simulación de la misma haciendo uso del software CST (*Microwave Studio*) 2017 analizando fundamentalmente la ROE y el patrón de radiación en el campo lejano. Como se puede observar en las figuras 3 y 4, la antena que directamente se simuló es la obtenida en el diseño. Esta antena cumple en cuanto a la ganancia máxima, aunque no sucede así con el parámetro de ROE, por lo que se procedió a optimizar la estructura lo que dio como resultado los parámetros de la Tabla 1. Para el diseño de la estructura se selecciona el material ABT 23 del fabricante CIF. Este material tiene una altura del metal de 0.035 mm, una altura del dieléctrico de 1.52 mm y una permitividad dieléctrica de 2.2 unidades. Estos parámetros son los considerados en la simulación.

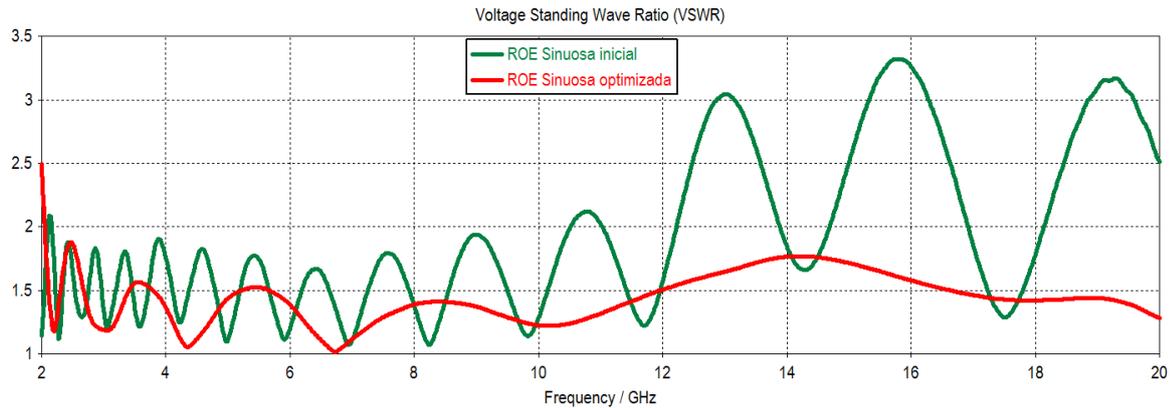


Figura 3. Comparación entre la ROE de la antena diseñada y la optimizada en el CST 177.

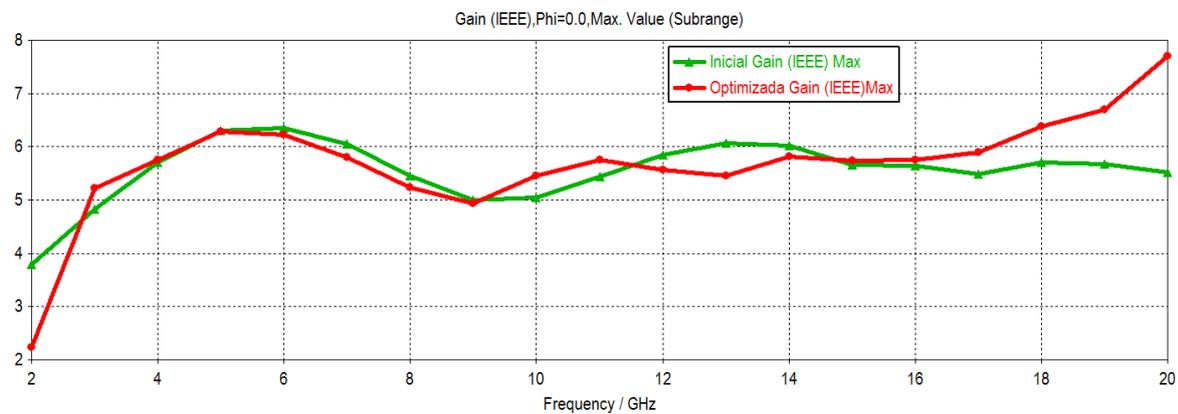


Figura 4. Ganancia máxima de las antenas sinusoidales: inicial y optimizadas

Tabla 1. Dimensiones antenas sinusoidales inicial y la optimizada.

Parámetros	Antena sinusoidal inicial	Antena sinusoidal optimizada
Díámetro inicial [mm]	3.53	4.24
Díámetro exterior [mm]	76.39	77.76
Número de celdas	19	7
Rango incremento	0.85	0.65
Ancho angular	60°	60°
Angulo de rotación	35°	32.36°

En relación a estos resultados se plantea un problema a resolver: ¿cómo adaptar 150Ω balanceados a 50 Ω no balanceados? La respuesta a esta pregunta es la conformada por un “balun” de banda ancha [12], [13]. La estructura diseñada se muestra en la figura 4, la cual presenta un *balun tapered*. El cual convierte de microcinta a cintas paralelas teniendo un comportamiento de banda ancha con bajas pérdidas de inserción [14], la estructura de este adaptador de simetría e impedancia se muestra en la figura 5 y las dimensiones en la Tabla 2.

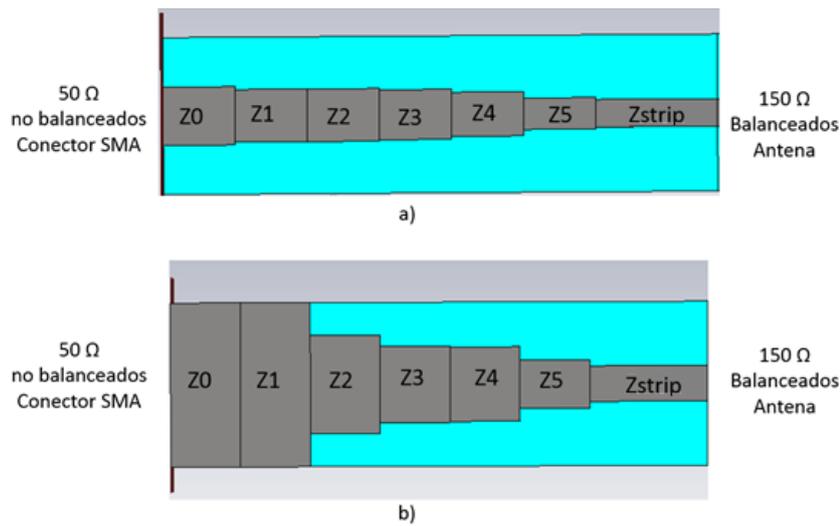


Figura 5. *Balun tapared* a) vista superior b) vista inferior [13].

Tabla 2. Dimensiones del *balun tapared*.

Sección	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_L$	$Z_{Strip}$
Ancho Capa superior [mm]	3.6	3.29	3.25	3.09	2.72	1.95	1.7
Ancho Capa inferior [mm]	9.7	9.7	5.8	4.5	4.4	2.85	2.1
Largo cada sección [mm]	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	7.48

Una vez obtenida la simulación acorde a los parámetros exigidos para el diseño, se construyó la antena sinuosa y se acopló al *balun tapared* de banda ancha y se obtuvo los resultados que aparecen en las figuras 6 - 9. En la figura 10 se muestra como queda acoplada la antena y el *balun tapared*. En la figura 11 se muestra la antena con el *balun* acoplados y con un soporte plástico.

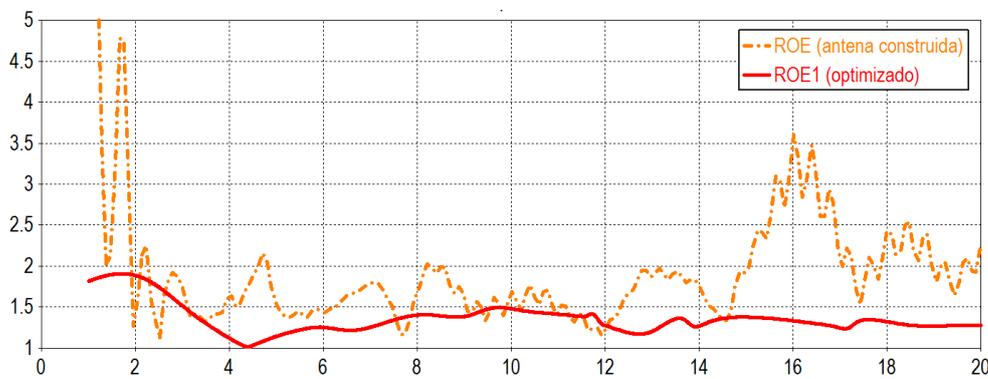


Figura 6. Comparación entre la Simulación y la Medición de la antena Sinuosa en cuanto a la ROE (la frecuencia está en GHz en el eje horizontal).

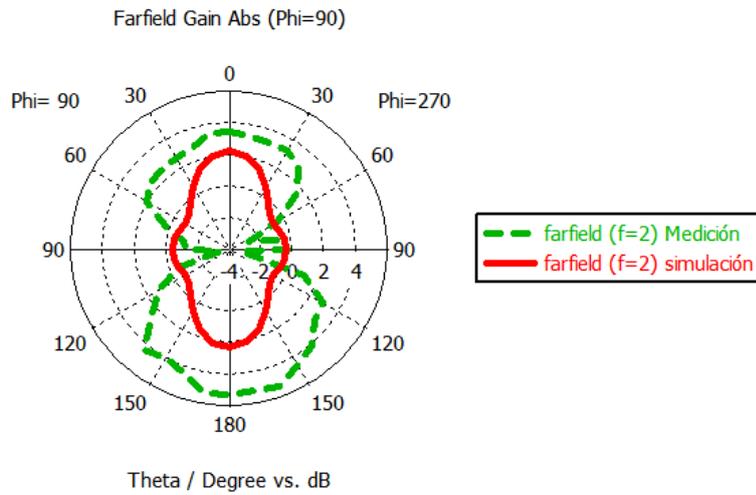


Figura 7. Patrón de radiación de la antena sinuosa en 2 GHz

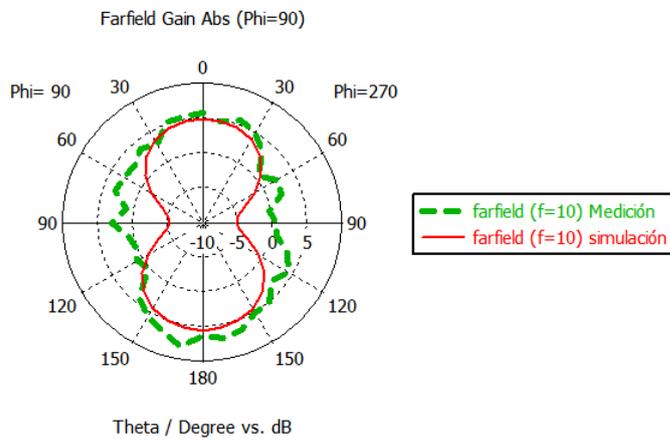


Figura 8. Patrón de radiación de la antena sinuosa en 10 GHz.

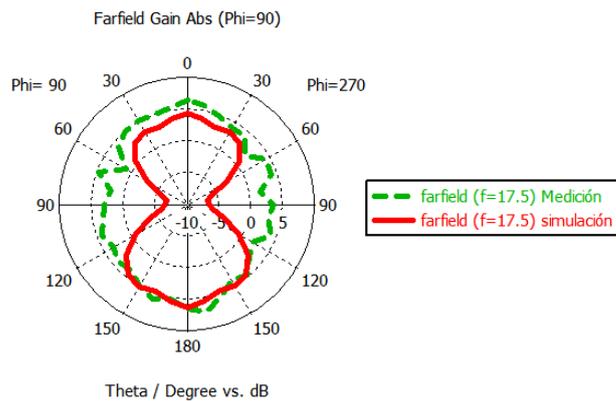


Figura 9. Patrón de radiación de la antena sinuosa en 17.5 GHz.



Figura 10. Antena Sinuosa construida con Balun conectado.

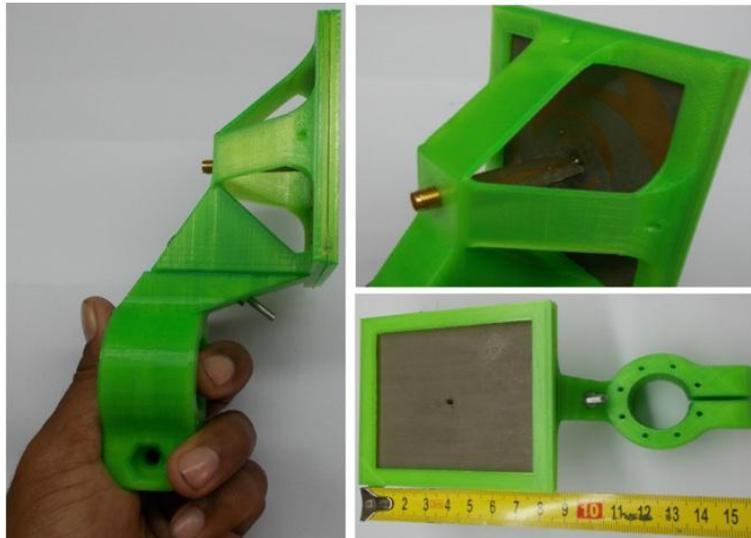


Figura 11. Antena Sinuosa con soporte plastico.

## CONCLUSIONES

Con la terminación de este trabajo se satisface el objetivo de lograr un diseño de antena sinuosa en la banda de 2 GHz a 15 GHz con una ROE menor a las 3 unidades en toda la banda de trabajo. Para el diseño, la simulación y la construcción de la antena y el balun se utilizó sustrato ABT 23 de permitividad dieléctrica 2.2 de espesor de 1.52 mm con un espesor del cobre de 35  $\mu\text{m}$ . Los resultados obtenidos son muy motivadores pues para próximas investigaciones se pretenderá bajar la ROE a 2 unidades para poder emplear este dispositivo como antena transmisora

## RECONOCIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el apoyo brindado por los profesores y alumnos del laboratorio de comunicaciones inalámbricas de la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE. En particular a Taimir Alain Morales Roche, Rolando Guerra Gómez, Osmery Hernández Martínez y Dayan Pérez Quintana Nelson Paz García y Alejandro D. Cabrera Valdés. A la Lic. Yennisey Miranda Contreras por su colaboración en la edición del texto.

## REFERENCIAS

1. R. H. DUHAMEL, "Dual polarized sinuous antenna," U.S. Patent 4658262.
2. M. IVASHINA, R. BRADLEY, and R. GAWANDE, "System Noise Performance of Ultra-wideband Feeds for Future Radio Telescopes: Conical-Sinuous Antenna and Eleven Antenna," *IEEE*, 2014.
3. Y. KANG, K. KIM, and W. SCOTT, "Modification of Sinuous Antenna Arms for UWB Radar Applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 11, pp. 5229–5234, 2015.
4. T. SAMSON and T. CENCICH, "Low Profile, Minimally Absorptive Cavity Backed Non-Complimentary Sinuous Antenna," *IEEE*, pp. 1833–1834, 2016.
5. Y. KANG and K. KIM, "Investigation of the Effects of Sharp-Ends Removal in the Sinuous Antenna Arms on the Radiation Patterns," *IEEE*, pp. 1989–1990, 2015.
6. S. ZHENG, Z. WANG, and X. Ren, "A Conical Four-Arm Sinuous Antenna," *IEEE*, pp. 1986–1987, 2015.
7. S. YAO, X. LIU, and S. V. GEORGAKOPOULOS, "Morphing Origami Conical Spiral Antenna Based on the Nojima Wrap," *IEEE*, 2016.
8. N. STEENKAMP, N. MUTONKOLE, and D. I. L. de VILLIERS, "Wideband Pyramidal Sinuous Antenna for Reflector Antenna Applications," presented at the 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2017, pp. 2291–2295.
9. N. MUTONKOLE, "Study of a Wideband Sinuous Feed for Receiver Antenna Applications," Master of Engineering in Electrical and Electronic Engineering, Stellenbosch University, South Africa, 2013.
10. M. VAHDANI, "Low-profile, Ultra Wideband and Dual Polarized Antennas and Feeding Systems," Doctor de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, Francia, 2008.
11. R. JOHNSON and H. JASIK, *Antenna Engineering Handbook*, 3ra ed. New York: McGraw Hill, 1998.
12. O. PAZ, "Diseño de un balun de microcinta a línea de cinta coplanar para la banda de televisión digital," *Revista Telemática*, vol. 15, no. 2, pp. 40–51, 2016.
13. O. PAZ, "Antena Sinuosa Independiente de la Frecuencia para la banda de 2 GHz a 18 GHz.," Máster en Telecomunicaciones y Telemática, Universidad tecnológica de la Habana (CUJAE), La Habana, Cuba, 2018.
14. S. ANUAR HAMZAH, M. ESA, and K. NIDZAM RAMLI, "Microstrip-to-parallel strip transition balun integrated with stubs and dgs for 3-d harmonic Suppressed dipole antenna," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 19, 2015.

## SOBRE LOS AUTORES

Oniet Paz Barros, Investigador Agregado, Master en Ciencias, graduado de ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica en la CUJAE en julio de 2012. Ingresó en Grito de Baire en el año 2013 donde participó en el evento de las Brigadas Técnicas Juveniles presentó un artículo "Antenas independientes de la frecuencia, antenas espirales impresas." En el evento Mecatronic 2014 presentó "Dispositivos conmutadores a diodos PIN". Participó como ponente en el evento CUBAINDUSTRIA 2016 "Alternativa viable para la recepción de la Televisión digital en Cuba".

Pedro Arzola Morris, master en ciencias desde 1992. Graduado de ingeniero radio técnico en 1986, actualmente profesor e investigador del instituto tecnológico de la Habana (CUJAE). Especialista en el desarrollo de antenas, en radio propagación y radares.

José Sandianes Gálvez, Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular del Departamento de Telemática y Telecomunicaciones en la Universidad Tecnológica de La Habana -Ha presentado trabajos en eventos de

informática y ha obtenido premios relevantes y destacados en fórums de Ciencia y Técnica -Obtuvo el Premio Anual de la Academia de Ciencias de Cuba en 1999.