

# COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ENTRE ANTENA YAGI-UDA Y HELICOIDAL PARA RECEPCIÓN EN VHF DE ESTACIÓN TERRENA SATELITAL

Santiago Previotto<sup>1</sup>, Federico Beck<sup>1</sup>, Gastón Peretti<sup>1</sup>, Sergio Felissia<sup>1</sup>, Jorge Bossio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Electrónica, Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, Av. De la Universidad 501- San Francisco  
gperetti@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

## Resumen

En los últimos años, las imágenes satelitales han sido ampliamente utilizadas para el estudio de parámetros ambientales. En nuestra región los factores climatológicos tienen incidencia sobre la producción agrícola - ganadera y una predicción de sus impactos posibilitaría la ejecución de estrategias para minimizarlo. La banda de VHF de 30 a 300 MHz, entre otras normalmente se utilizan como frecuencias principales para telemetría, seguimiento y comando (TT&C) en satélites debido a los bajos costos y la alta accesibilidad para los usuarios finales. El objeto del presente trabajo es comparar parámetros de dos tipos de antenas denominadas Yagui-Uda y Helicoidal, en esta banda de recepción satelital, específicamente alrededor de los 137,5 Mhz. Los parámetros característicos que se tendría previsto comparar en tales antenas serían los patrones de radiación, la ganancia de la antenas, el roe y la relación front/back, entre otros con el fin de seleccionar la antena que mejor se adapte para la recepción de señales en una estación terrena satelital, la cual será utilizada para recibir señales de satélites de órbita baja (LEO), finalmente con el objetivo de recibir específicamente información de satélites meteorológicos tales como los NOAA -15, NOAA-18 y NOAA-19. Los resultados de simulación obtenidos mostrarían mejor performance para características como ganancia, el roe y la relación front/back para la antena Yagi-Uda en general en frecuencias cercanas a los 137,5 Mhz, además de resultar más sencilla su construcción por su forma geométrica.

**Palabras Clave:** Recepción, Satelital, Estación Terrena, Antena.

## Introducción

El diseño de una estación terrena y sobre todo en este caso puntual, el diseño de la antena receptora nunca debería considerarse una tarea aislada del resto del sistema de comunicación (Redolfo Neri Vela, 2018). Por el contrario, como la antena forma parte de un todo, debe realizarse una evaluación global para determinar las características mínimas necesarias, tales como ganancia, e impedancia dentro de sus principales características. En nuestro caso, si analizamos el sistema de recepción de una estación terrena satelital podríamos decir que el sistema de comunicación está compuesto por la antena receptora, un filtro pasabanda, un LNA (Low Noise Amplifier) o amplificador de bajo ruido, y el receptor como es apreciado en el diagrama en bloque (Fig. 1).

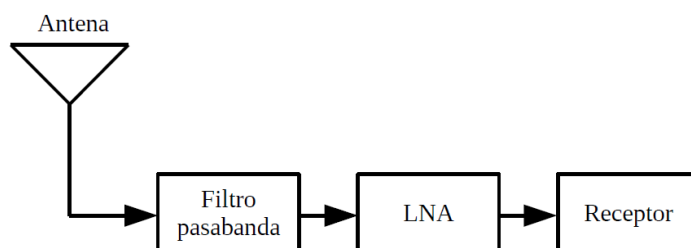


Fig. 1. Diagrama de una estación terrena satelital

Uno de los tipos de antena muy conocido y utilizado en la transmisión y recepción de señales en VHF, es la antena Yagi-Uda. La misma se compone de un boom central donde se montan de manera

transversal, los diferentes elementos. Consta de un elemento excitador, formado por un dipolo simple o doblado y una cantidad  $N$  de elementos parásitos. Posee dos tipos de elemento parásitos, uno situado delante del excitador, llamado director y otro situado detrás del excitador que se denomina reflector. Comúnmente una antena Yagi-Uda (Molino Luis, 2021) posee una matriz de varios directores colocados frente al elemento excitador y uno o dos reflectores detrás del elemento excitador mencionado para poder lograr una buena direccionalidad (Fig. 2).

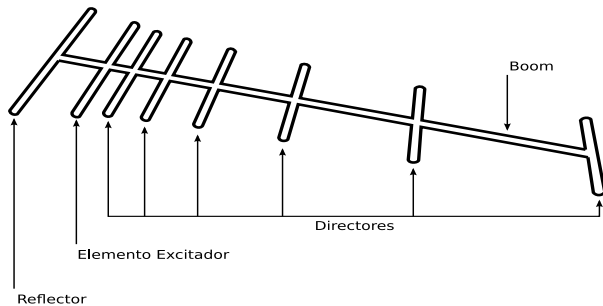


Fig. 2. Antena yagi-Uda

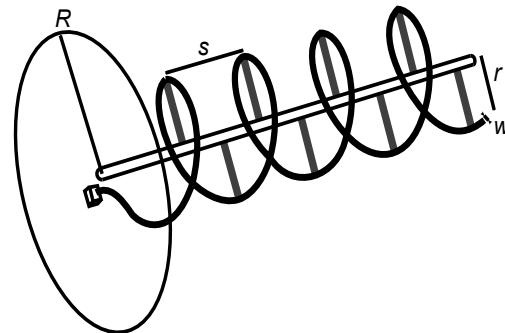


Fig. 3. Antena helicoidal

Por otra parte otro tipo de antena muy utilizada en comunicaciones satelitales (National Environmental Satellite Data e Information Service, 2017) y estaciones terrenas es el modelo de antena helicoidal. La misma está formada por un alambre conductor enrollado en forma de espiral, conformando un helicoide y con un plano de tierra finito, similar al de los monopolos. Los parámetros claves de una antena helicoidal son el radio de la hélice, la circunferencia de la hélice, el número de vueltas, la separación entre vueltas, el radio del plano de tierra y el diámetro del conductor (Fig. 3). La antena helicoidal proporciona un alto rendimiento y una plataforma de antena robusta tanto en el espacio como en tierra (Antenna Book, 2018). Posee dos modos, normal, cuando las dimensiones son pequeñas en comparación con la longitud de onda, y el modo axial, cuando las dimensiones son similares a la longitud de onda.

## Materiales y métodos

En el presente trabajo se desea comparar parámetros de dos modelos de antenas denominadas Yagi-Uda y Helicoidal, en esta banda de recepción satelital, específicamente alrededor de los 137,5 Mhz (Observing Systems Capability Analysis, 2019). Los parámetros característicos que se tendría previsto comparar en tales antenas serían los patrones de radiación, la ganancia de las antenas, el roe o relación de ondas estacionarias, en inglés swr (standing wave ratio) y la relación front/back, entre otros con el fin de seleccionar la antena que mejor se adapte para la recepción de señales en una estación terrena satelital. El servicio que se desea recibir es el servicio APT (automatic picture transmission) de los satélites NOAA-15, NOAA-18 y NOAA-19 (Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations, 2009).

Propuesta de dimensiones de antena helicoidal: el criterio principal de diseño en una antena helicoidal es cumplir con un correcto ángulo de paso, el cual define la separación entre vueltas, como también el número de giros y el diámetro del plano de tierra. Se adopta este último, es decir el plano de tierra con una forma circular y cumpliendo con diámetro  $D > \lambda/2$  como dimensión. El diámetro del conductor  $w$  se define de acuerdo con las restricciones mecánicas para llevar a cabo su construcción. La separación entre espiras  $s$  suele adoptarse entre  $0,19$  de  $\lambda$  y  $0,25$  de  $\lambda$ . Si se incrementa esta distancia  $s$ , en conjunto con el número de vueltas y la circunferencia de la hélice, se obtiene un aumento en la directividad de la antena. La circunferencia  $c$  de la helicoidal es óptima si se cumple que es igual a la longitud de onda seleccionada, pero se puede determinar un rango comprendido entre  $0,75$  de  $\lambda$  y  $1,73$  de  $\lambda$ . La cantidad de vueltas suele comprender valores entre 3 y 15 vueltas. La impedancia de la helicoidal también es sensible al espaciamiento y la circunferencia

de los giros, aumentando, generalmente, a medida que se incrementan estas dimensiones, típicamente la impedancia ronda entre valores de 140 a 250 ohm.

De modo que se propone primero calcular el radio de la hélice tomando el diámetro  $c$  de circunferencia de la helicoidal igual a la longitud de onda  $\lambda$  considerando a una frecuencia de 137,5 Mhz. Entonces el radio de la circunferencia (Ec. 1) y el diámetro del plano de tierra  $D$  debe cumplir (Ec. 2):

$$r = \frac{c}{2\pi} = \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{2,18 \text{ mts}}{2*3,14} = 0,347 \text{ mts} \quad (1)$$

$$D = 2R > \frac{\lambda}{2} = \frac{2,18}{2} = 1,09 \text{ mts} \quad (2)$$

Además, se define la mayor separación entre espiras  $s$  según el criterio, para obtener una óptima directividad (Ec. 3):

$$s = 0,19 * \lambda = 0,19 * 2,18\text{mts} = 0,414 \text{ mts} \quad (3)$$

El número de vueltas que se propone es  $N=7$ . Por último, se utiliza un diámetro de conductor de  $w=7.94\text{mm}$ , debido a la disponibilidad de mercado del aluminio de estas dimensiones. Para optimizar la antena helicoidal se realizó la simulación con software Matlab en este caso reajustando los valores hasta obtener los mejores resultados en ganancia, roe, relación front/back para una frecuencia de 137,5 Mhz (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones finales de antena Helicoidal

r	R	s	N	w
373 mm	700 mm	545 mm	7	7,94 mm

Propuesta de dimensiones de antena Yagi-Uda: en este caso se calcula la longitud  $L$  y la separación  $s$  entre elementos como una primera propuesta de diseño de la antena Yagi-Uda. Luego mediante software de simulación, se encuentran los valores óptimos. Para la primera instancia los elementos con una longitud  $L$  (Ec. 4) y para la separación  $s$  entre elementos (Ec. 5).

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{2,18}{2} = 1,09 \text{ mts} \quad (4)$$

$$s = \frac{\lambda}{4} = \frac{2,18}{4} = 0,545 \text{ mts} \quad (5)$$

Luego en una segunda etapa de optimización de la antena se la simula en el software MMANA-GAL obteniéndose los mejores resultados en ganancia, roe, relación front/back para una frecuencia de 137,5 Mhz con las siguientes tamaños y separaciones (Tabla 2):

Tabla 2. Dimensiones finales de antena Yagi-Uda

Elemento	Longitud	Posición en boom
Reflector	1062 mm	0 mm
Director 1	1028 mm	594 mm
Director 2	978 mm	697 mm
Director 3	980 mm	1140 mm
Director 4	944 mm	1705 mm

## Resultados y discusiones

Una vez optimizadas ambas antenas tanto la antena Yagi-Uda como la antena Helicoidal, se someten a software de simulación para obtener los patrones de radiación, el roe, la relación front/back a modo de poder realizar una comparación de las características observadas de cada una de ellas para la frecuencia de interés, que en este caso se encuentra alrededor de los 137,5 Mhz que es la frecuencia del servicio APT de los satélites NOAA 15, NOAA 18 y NOAA 19 que se desea recibir (Marcos Arias, 2016).

Se muestra los patrones de radiación de la antena Helicoidal en primera medida para la frecuencia de 137,5 Mhz (Fig. 4):

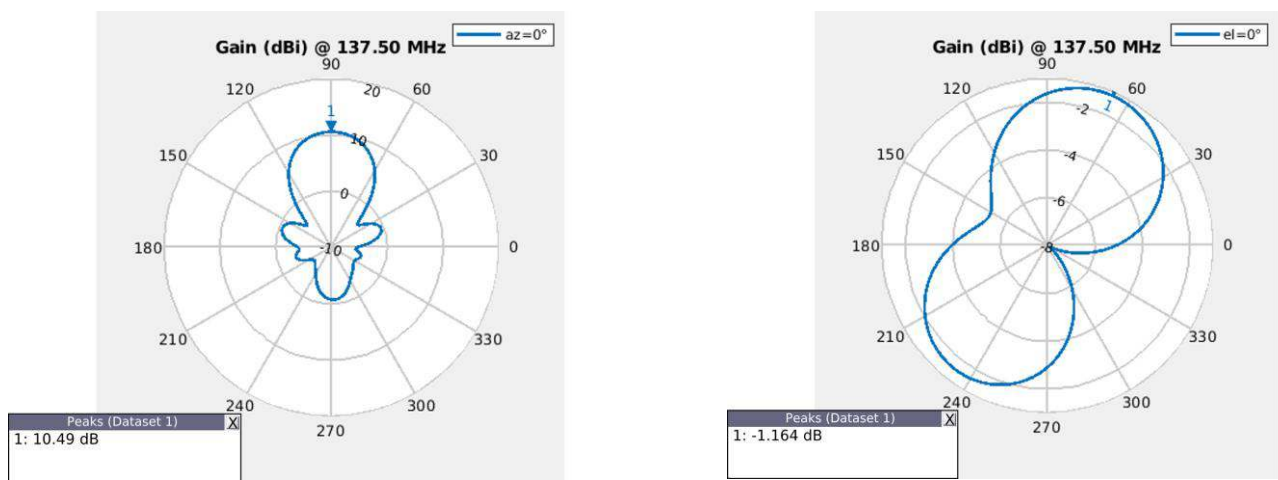


Fig. 4. Patrones de radiación de antena helicoidal azimut y elev.

Por otra parte se muestra los patrones de radiación de antena Yagi-Uda para la frecuencia de 137,5 Mhz (Fig. 5):

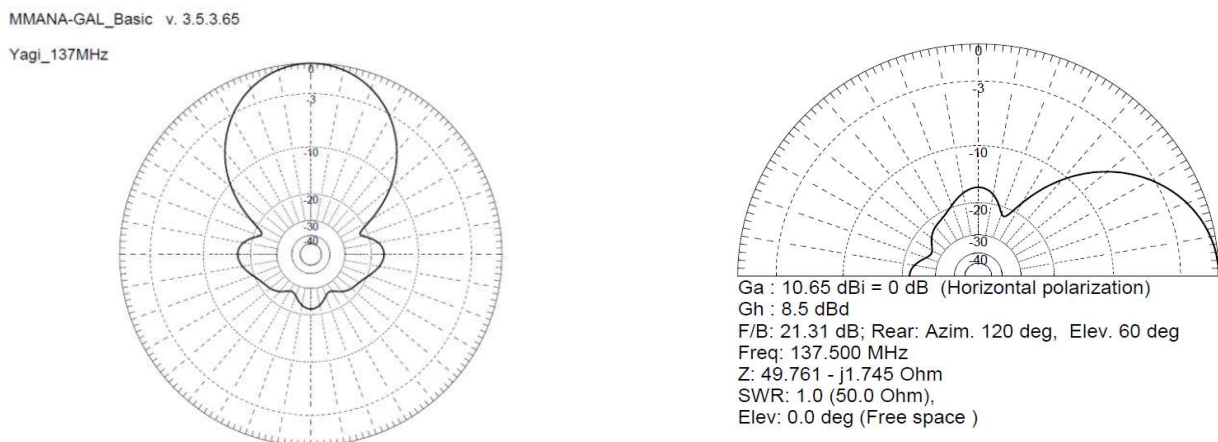


Fig. 5. Patrón de radiación de antena Yagi-Uda

Comparando ambos diagramas de radiaciones vemos que son semejantes, e inclusive la ganancia de ambas es bastante parecida resultando de 10,65 dBi para la antena Yagi-Uda y de 10,49 dBi para la antena helicoidal. Ambas poseen bastante directividad siendo el ángulo de apertura de alrededor de 60 °. Simulando el roe o swr para la antena helicoidal y Yagi-Uda respectivamente tenemos (Fig. 6):

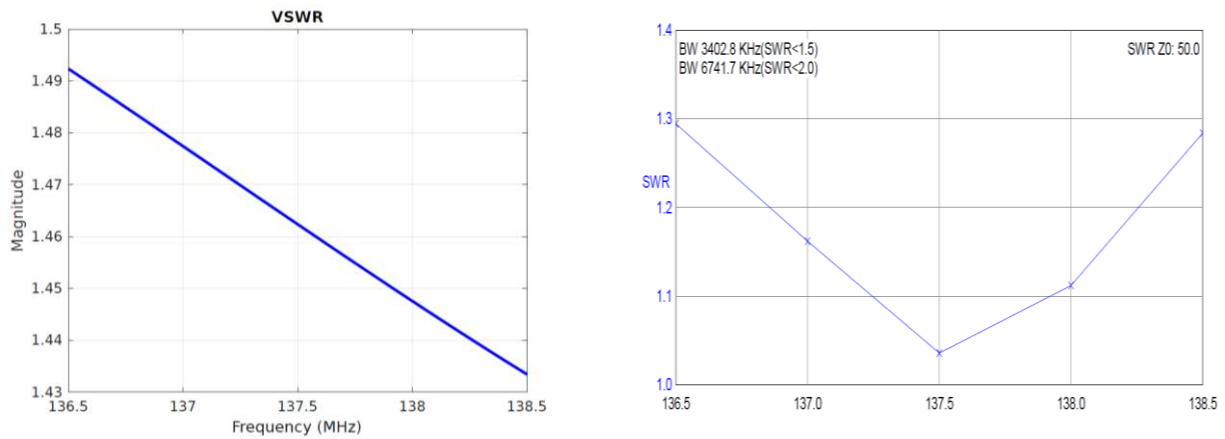


Fig. 6. Roe o swr de antena helicoidal y Yagi-Uda respectivamente a 137,5 Mhz.

Se puede interpretar, en cuanto al SWR, que la antena Yagi-Uda presentaría un mejor resultado con  $swr = 1,04$  para la frecuencia central de 137,5 Mhz mientras que la antena Helicoidal posee  $swr = 1,463$ , aunque esta última sigue estando en un valor razonable ya que cumple con un  $swr < 1,5$ .

Cuando realizamos la simulación de la relación front/back para la antena helicoidal y Yagi-Uda para la frecuencia de 137,5 Mhz (Fig. 7). Como se puede apreciar en las figuras la antena helicoidal tiene una relación front/back de 14,52 dB para la frecuencia de 137,5 Mhz, mientras que la antena Yagi-Uda posee una relación front/back de 21,31 dB, por lo cual parecería que esta última tiene mejor rechazo a las señales provenientes por detrás de la dirección de propagación. Cuando revisamos la impedancia de ambas antenas la impedancia de la antena helicoidal se encuentra alrededor de los 170 ohm mientras que la impedancia de la antena Yagi-Uda con un valor muy cercano a los 50 ohm. Este último punto o simulación no es mostrado en el trabajo por razones de espacio.

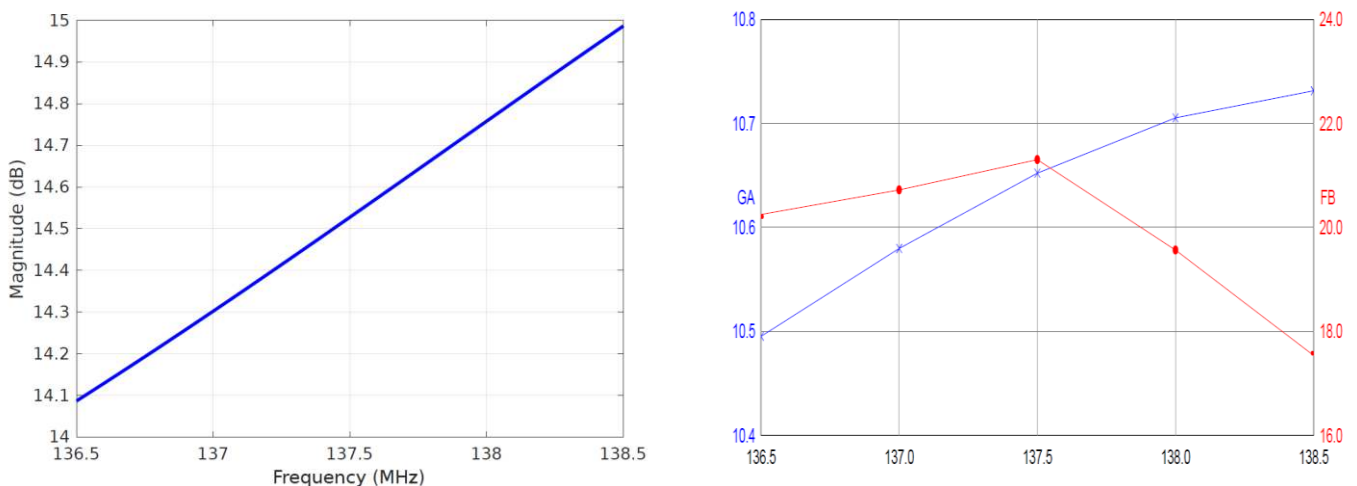


Fig. 7. Relación front/back de antena helicoidal y Yagi-Uda a 137,5 Mhz.

## Conclusiones

A lo largo de todo el trabajo se analizaron dos diferentes modelos de antenas. Un modelo del tipo helicoidal y otro modelo del tipo Yagi-Uda para una frecuencia central de 137,5 Mhz. La frecuencia central elegida es la frecuencia que transmiten los satélites NOAA el servicio APT con el fin de lograr su recepción en estación terrena satelital. Para ambos modelos de antenas se realizó una primera aproximación a través de cálculos y luego fue reajustada a través de software de simulación, en estos casos puntuales de MMana-Gal y Matlab. Se compararon la ganancia, el roe o swr y la relación front/back para la frecuencia central de 137,5 Mhz. Analizando los resultados logramos observar que las ganancias de ambas serían parecidas, el roe o swr ajustaría un poquito mejor para la antena Yagi-Uda y la relación front/back parecería que a 137,5 Mhz la antena Yagi-Uda se comportaría mejor para rechazar señales provenientes por detrás de la dirección de propagación. Además la impedancia característica de la Yagi-Uda resultaría muy próxima de los 50 ohm respecto a los 170 ohm de la antena helicoidal, lo que haría más sencillo la adaptación de impedancia en la estación terrena. Por otra parte si comparamos a la frecuencia central los tamaños de las mismas, parecería que la antena Yagi-Uda resultaría de menor tamaño, además de más sencilla su construcción. En cuanto a la polarización de la onda, la antena helicoidal tendría la ventaja de recibir polarización que por razones de medios se encuentre rotada, lo que lo hace seguramente muy elegible para recibir frecuencias bastante superiores a los 137 Mhz que hagan que el tamaño de la antena sea mucho más pequeña, sino un arreglo de antenas Yagi-Uda sería lo esperable. Por todo lo expuesto parecería que el modelo Yagi-Uda se adaptaría mejor a la frecuencia central de 137,5 Mhz en función de los parámetros analizados resultando su construcción más sencilla y su peso más reducido para su utilización en la estación terrena satelital.

## Referencias

- Redolfo Neri Vela. (2015). Comunicaciones por satélite. México. Thomson. ISBN: 970-686282-X.
- Molino Luis Antonio. (2021). El ABC de las antenas. España. Unión de radioaficionados españoles.
- National Environmental Satellite Data e Information Service. NOAA-15 Makes 100 Thousandth Orbit. (2017). URL: <https://www.nesdis.noaa.gov/content/noaa-15-makes-100-thousandth-orbit>.
- The American Radio Relay League. ARRL Antenna Book. (2018). ISBN: 978-1-62595-044-4.
- Observing Systems Capability Analysis and Review Tool. BackForward Satellite Programme: NOAA 5th generation / Polar Operational Environmental Satellites. Inf. téc. (2019). URL: <https://www.wmo-sat.info/oscar/satelliteprogrammes/view/112>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. User's Guide for Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations. Inf. Técnico. (2009). URL: <https://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/pubs/UsersGuide-BuildingReceiveStationsMarch2009.pdf>
- Marcos Arias y Fernando Aguado. (2016). Small satellite link budget calculation. Inf. técnico. Universidad de Vigo. URL: <https://www.itu.int/en/ITUR/space/workshops/2016-small-sat/Documents/Linkbudgetuvigo.pdf>.