

Diseño de una antena Cross-Yagi para Comunicaciones Satelitales a Frecuencias de UHF

J. Simón-Rodríguez^a, K. A. Pichardo-Rivas^b, I. I. Fernández-Morales^b

^aCátedra CONACyT, Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones Espaciales, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. López Velarde No. 801, Zacatecas, Zac, México, 98000.

<http://cidte.uaz.edu.mx/>

^bUnidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. López Velarde No. 801, Zacatecas, Zac, México, 98000.

<http://uaie.uaz.edu.mx/>

2016 Publicado por *DIFU*_{100ci}@ <http://difu100cia.uaz.edu.mx>

Resumen

En este artículo se muestra el diseño de una antena de polarización circular Cross-Yagi fabricada para operar a frecuencias de UHF utilizadas en enlaces de comunicación satelital. Este tipo de antena direccional fue diseñada con el fin de captar señales provenientes de nanosatélites transmitiendo a 436.5 MHz y para formar parte del segmento terrestre. Se muestran resultados de su respuesta en frecuencia a partir de sus parámetros "S", presentando esta antena un ancho de banda a -10 dB de 118.236 MHz.

Palabras clave: Antena, Cross-Yagi, Comunicaciones Satelitales, UHF.

1. Introducción

Los sistemas de comunicaciones satelitales son aquellos sistemas electrónicos de comunicaciones que transmiten y reciben ondas electromagnéticas gracias a la presencia en el espacio de satélites artificiales situados en órbita alrededor de la tierra, mismos que intercambian información con equipos electrónicos en la tierra llamados estaciones terrenas [1]. Las estaciones terrenas pueden incluir módulos básicos como pueden ser el de energía, la computadora, el de comunicaciones y el de antena, mientras que un satélite puede incluir además de

los anteriores módulos, un módulo de carga útil que contenga sensores, gps, cámaras, etc. Ambos sistemas, tanto el segmento terrestre como el espacial (satélite), incluyen estructuras de antena necesarias para la transición entre medios guiados y no guiados [2].

En lo que respecta a las estructuras de antenas, podemos encontrar una gran variedad de ellas aplicadas a comunicaciones satelitales, las cuales pueden ir desde una simple antena dipolo lineal, antenas parabólicas, antenas de parche, antenas Yagi o complicados arreglos de elementos, todos ellos diseñados para satisfacer una necesidad

de comunicación particular, ya sea en la estación terrena o en el segmento espacial. Dichas necesidades de comunicación satelital pueden ser direccionales u omnidireccionales [3].

Respecto a los satélites, cabe hacer mención que pueden clasificarse según sus características, entre las que destacan su órbita, su objetivo y su peso. Según su órbita podemos encontrar del tipo LEO (Low Earth Orbit) que orbitan la tierra a distancias de 160 a 2,000 km y que se usan para geología y en la industria de la telefonía satelital. Los satélites MEO (Medium Earth Orbit) orbitan la tierra a distancias de 10,000 km y se usan para comunicaciones de telefonía y televisión, así como para experimentos espaciales. Existen también los satélites HEO (Highly Elliptical Orbit), que no siguen una órbita circular, sino elíptica, lo que hace que alcancen distancias mucho mayores en el punto de órbita más lejano. Los satélites HEO comúnmente se usan para cartografía de la superficie terrestre. La última clasificación según su órbita es la de los satélites GEO (geosynchronous satellite), estos satélites tienen una velocidad de traslación igual a la velocidad de rotación de la tierra, lo que los ubica sobre un mismo punto del globo terrestre. Estos satélites son usados para transmisiones de televisión y de telefonía. Los satélites artificiales se clasifican de acuerdo a su peso desde grandes satélites (1,000 kg) hasta los femtosatélites que pesan menos de 100 g. La antena descrita en esta publicación, es una antena diseñada para recibir en tierra señales provenientes nanosatélites (1-10 Kg) [4].

En el presente artículo se muestra el diseño, la simulación, la fabricación y la caracterización de una antena direccional tipo Cross-Yagi para estación terrena de un sistema de comunicación nanosatelital. Esta antena terrena funciona con polarización circular, lo que garantiza menos pérdidas por desacoplamiento de polarización con la antena del nanosatélite, ya que si este último opera con polarización 'lineal solo se tendría una pérdida de -3 dB [3]. La antena de polarización circular referida, fue diseñada para operar a una frecuencia de 436.5 MHz, frecuencia perteneciente a la banda de UHF (300 MHz a 3 GHz). Finalmente, se puede mencionar que la frecuencia de diseño se encuentra en el rango de 432 a 438 MHz, rango etiquetado en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias para ser usado por aficionados, para radiolocalización y para exploración de la tierra por satélite [5].

2. Parámetros de diseño

El diseño de la antena Cross-Yagi propuesto se basa fundamentalmente en la combinación de dos antenas Yagi de tres elementos cada una (un dipolo alimentado y dos directores), encontrándose estas antenas a 90° una de la otra, es decir una vertical y otra horizontal. Ambas antenas Yagi comparten el mismo soporte (boom) intercalando sus elementos entre sí de manera que se tiene una antena de 6 elementos en total. Los elementos de la antena son hechos a partir de varillas de aluminio de 6.35 mm de espesor. Las dimensiones de los 6 elementos que forman la antena son de 0.5 longitudes de onda (λ), mientras que la separación entre un elemento vertical y otro horizontal es de 0.25λ . Si consideramos que la frecuencia de diseño es de 436.5 MHz, tendremos longitudes de elementos de 34.36 cm y separaciones entre elementos verticales y horizontales de 17.18 cm. Los dipolos alimentados de cada una de las dos antenas están conectados a cables coaxiales de 75Ω de 0.25λ considerando la constante de propagación, lo que dió como resultado longitudes de cada uno los cables de 75Ω de aproximadamente 11 cm. Los otros extremos de estos 2 cables de 75Ω fueron unidos entre sí y conectados a uno de los extremos de un cable de 50Ω , el cual tiene en su otro extremo un conector coaxial SMA macho de 50Ω . Esta configuración "Y" actúa como un acoplador de impedancia, ya que teniendo dos segmentos de cable de 75Ω (uno en cada antena), se acoplan las impedancias entre las dos antenas y el cable de 50Ω . En la Figura 1 se puede observar la antena Cross-Yagi fabricada.

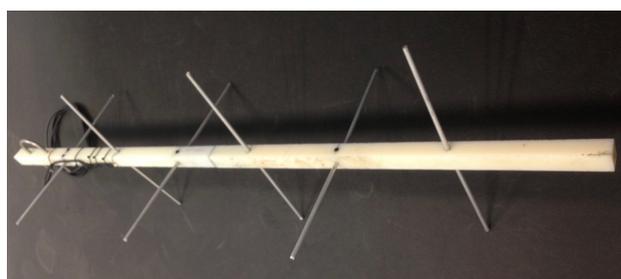


Figura 1. Antena Cross-Yagi diseñada para comunicaciones satelitales en UHF

Así mismo en la Figura 2 se pueden observar los dos dipolos alimentados con la correspondiente configuración "Y" de cables coaxiales.

Debido a sus elementos verticales y horizontales, la antena Cross-Yagi es de polarización circular, que en comunicaciones espaciales es muy utilizada, esto dado que el uso de este tipo de polarización en un

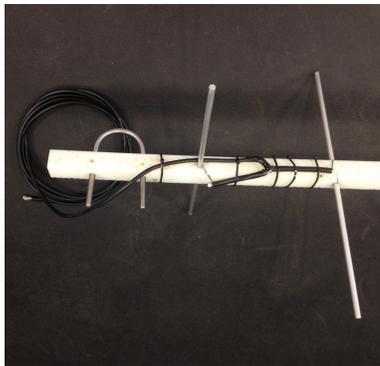


Figura 2. Los dos dipolos ortogonales alimentados con la correspondiente configuración acopladora a partir de cables coaxiales

extremo del enlace (estación terrena por ejemplo) es muy deseable, ya que sólo llega a dar una pérdida por desajustes de polarización de alrededor de -3 dB. Este tipo de antenas son comúnmente utilizadas para cubrir satélites LEO.

3. Mediciones

Con el fin de conocer el comportamiento en el dominio de la frecuencia de la antena diseñada, se procedió a la medición de sus parámetros "S", dichos parámetros fueron los correspondientes a una red de un puerto, es decir S_{11} en sus versiones logarítmica, Carta de Smith y SWR. Las mediciones de dichos parámetros fueron llevadas a cabo con la ayuda de un analizador vectorial de redes de dos puertos N5222A de Keysight Technologies ® y después de llevar a cabo el procedimiento correspondiente de calibración en el rango de frecuencias de 300 a 600 MHz. En la Figura 3 se puede observar el comportamiento del parámetro S_{11} en formato logarítmico, el cual se interpreta como la reflexión de ondas debidas al desacoplamiento de la antena con una impedancia de 50Ω , impedancia del puerto del equipo N5222A que emula o hace las veces de un transmisor o receptor al que se conectará la antena diseñada. Cabe mencionar que entre menor sea la medición en dB del parámetro S_{11} en formato logarítmico, mejor es acoplamiento de la antena y por lo tanto menores las pérdidas por reflexión. En la figura referida se aprecia un $S_{11} = -21.59$ dB a la frecuencia de diseño de interés que es de 436.5 MHz.

La versión SWR del parámetro S_{11} representa la razón de onda estacionaria de voltaje. Éste parámetro sin unidades idealmente debe ser 1 (condiciones de acoplamiento perfecto), mientras que en términos prácticos es deseable que se acerque a dicho valor



Figura 3. S_{11} en formato logarítmico (dB) de la antena Cross-Yagi de 300 a 600 MHz.

ideal o que no sea mayor a 2. La Figura 4 muestra S_{11} en formato SWR de 300 a 600 MHz donde se puede observar un valor de 1.18 a 436.5 MHz.



Figura 4. S_{11} en formato logarítmico (dB) de la antena Cross-Yagi de 300 a 600 MHz.

La tercera de las mediciones reportadas en el presente trabajo se refiere a la carta de Smith donde se puede observar el valor de la impedancia a lo largo del rango de frecuencias de 300 a 600 MHz arrojando un valor de impedancia a 436.5 MHz de $(41.91 - j1.77)\Omega$, que al tener una reactancia negativa representa una capacitancia de 205.82 pF. La Figura 5 muestra la carta de Smith de la antena diseñada.

4. Conclusiones

La antena Cross-Yagi diseñada presenta un buen desempeño en el dominio de la frecuencia en la banda de UHF con un ancho de banda a -10 dB de 118.236 MHz en el rango de frecuencia de 354.706 a 472.942

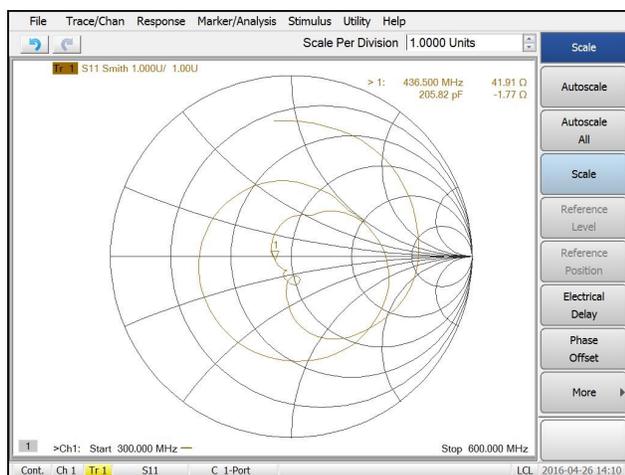


Figura 5. Carta de Smith de la antena Cross-Yagi de 300 a 600 MHz.

MHz, lo que la hace idónea para enlaces entre estaciones terrenas y nanosatélitales. La antena Cross-Yagi de polarización circular y con patrón de radiación direccional, representa una opción de antena de bajo costo y de fácil construcción para estudiantes, aficionados y profesionales de las comunicaciones basadas en satélites pequeños.

Referencias

- [1] Tomasi W., *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Prentice Hall Cuarta edición, 2001.
- [2] Neri Vela R., *Comunicaciones por satélite*. Thomson 2003.
- [3] Balanis C.A., *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley & Sons 1997.
- [4] Maini A.K., Agrawal V., *Satellite technology: principles and applications*. Wiley 2011.
- [5] <http://cnaf.ift.org.mx>, *Cuadro Nacional de Asignación de Frecuencias*. Instituto Federal de Telecomunicaciones, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2012.