

Antenas de Comunicación para la Misión LUR-1

Andoni Marzo^{(1),(2)}, Fernando Teberio⁽¹⁾, Itziar Maestrojuán⁽¹⁾ y Jorge Teniente^{(2),(3)}

amarzo@aneral.com, fteberio@aneral.com, imaestrojuan@aneral.com y jorge.teniente@unavarra.es

(1) Aneral S.L., Pamplona, 31006 España.

(2) Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica y de Comunicación, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, 31006 España.

(3) Instituto de Smart Cities, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, 31006 España.

Abstract- In this paper, the communication antennas for LUR-1 mission are presented. LUR-1 is a satellite that will orbit at 500 km above the Earth with the purpose of taking images of the planet. This satellite uses the S and X Band to communicate with the ground station. The S Band antenna has TTC (Telemetry, Tracking and Command) functions while the X Band will be used for downlink data. Aneral has developed both antennas and the mission is programmed to be launched in June 2024.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria espacial ha presenciado una transformación radical gracias al desarrollo de los *nanosatellites* y *smallsats*, pequeños satélites que están revolucionando la forma en la que se explora el espacio y se recoge información sobre la Tierra [1].

Esta tipología de satélites, como su nombre indica, son satélites de dimensiones reducidas con un peso bajo. A pesar de su tamaño compacto, estos dispositivos están equipados con sistemas de comunicación, sensores y en algunos casos incluso cámaras y propulsores. Su tamaño pequeño y su coste relativamente bajo los hacen accesibles para una amplia gama de aplicaciones, desde la observación de la Tierra, hasta la investigación científica y comunicación satelital [2].

Una de las áreas más destacadas es la observación de la Tierra. Gracias a su capacidad para orbitar la Tierra en constelaciones, los *nanosatellites* pueden capturar imágenes de alta resolución de nuestro planeta. Además, los *nanosatellites* están desempeñando un papel crucial en la democratización del espacio. Anteriormente, la exploración espacial estaba reservada principalmente para agencias espaciales gubernamentales y grandes corporaciones. Sin embargo, con la llegada de los nanosatellites, universidades, empresas emergentes y países en desarrollo pueden participar activamente en misiones espaciales a una fracción del costo de los satélites tradicionales [3].

En todas las misiones espaciales es muy importante el aspecto de las comunicaciones entre el satélite y las bases terrenas. Generalmente, desde la estación terrena se emiten señales para controlar la posición del satélite y enviar comandos a este, mientras que el satélite tiene una antena a otra frecuencia para transmitir datos que ha ido recogiendo. Estas bandas de comunicación están fijadas por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) de cara a evitar interferencias con otros sistemas [4]. Establece la banda S para todo lo relacionado con las comunicaciones entre la base terrena y el nanosatélite, esto incluye lo que se denomina TTC (telemetría, *tracking* y comando). Por otra parte, la banda X se emplea para el enlace descendente, concretamente, para la

descarga de datos del satélite, ya que al operar en una frecuencia mayor permite una mayor transferencia de datos.

II. MISIÓN LUR-1

En España existen múltiples empresas que han desarrollado sus propios nanosatellites y los han puesto en órbita. LUR-1 orbitará alrededor de la Tierra a una distancia de 500 kilómetros, pesa 57 kilos y transportará con él sofisticadas cámaras de alta definición que registrarán imágenes precisas de la Tierra.

La compañía Aneral [5] ha sido la encargada de diseñar y fabricar las distintas antenas de comunicación que llevará a bordo el satélite. Concretamente, se ha dotado al satélite con una antena banda S que cubre desde 2.0 hasta 2.3 GHz para las funciones de telemetría, *tracking* y comando en el que desde una base terrena se mandarían instrucciones de las acciones que deberá llevar a cabo el satélite. Por otro lado, se empleará la banda X de 8.0 a 8.4 GHz para la función de transferencia de información recogida por los sensores del satélite. Ambas antenas deben de tener polarización circular a derechas (RHCP), la cual es ampliamente usada en comunicaciones satelitales debido a las bajas pérdidas que presenta al atravesar la atmósfera respecto a la polarización lineal.

Estas antenas han sido sometidas a distintas pruebas de vibración y temperatura que emulan las condiciones adversas a las que se enfrentarán durante el lanzamiento y una vez esté el satélite en órbita.

III. ANTENAS DESARROLLADAS

Se han desarrollado varias antenas de distinta topología para estudiar cual se adecúa mejor a las especificaciones marcadas. Todas las antenas están pensadas para ser empleadas en *cubesats*, ya que tienen una superficie inferior a 1U (100x100 mm). Todas ellas han sido fabricadas, medidas y se han sometido a las pruebas de vibración y temperatura para evaluar su correcto funcionamiento.

A. Antena Banda S con un único conector

La antena Banda S es una antena de cobertura, por lo cual prevalece que tenga un mayor ancho de haz funcional. Esto hace que la antena, una vez esté en órbita, no tenga que estar apuntando directamente a la estación terrena.

Se ha diseñado una antena que cubra la Banda S desde 2.0 hasta 2.3 GHz. La antena va cubierta con un marco que lo ancla al satélite y un radomo a modo de protección, Fig 1 a).

Tiene un conector SMA por el que se alimenta la antenna desde el lado inferior, Fig 1 b).

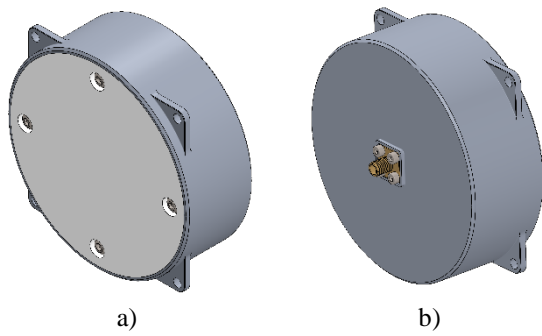


Fig. 1. a) Vista frontal, b) Vista trasera.

En la Fig. 2 se puede comprobar que el sistema presenta unas pérdidas de retorno inferiores a -20 dB, más que suficiente para este tipo de aplicaciones. En la Tabla 1 se recogen los principales parámetros de la antenna de un único conector. Opera en polarización circular a derechas y tiene una ganancia realizada de 6.5 dBi. Tiene unas dimensiones de 97.6 x 97.6 x 35.9 mm con un peso del conjunto inferior a 200 gramos.

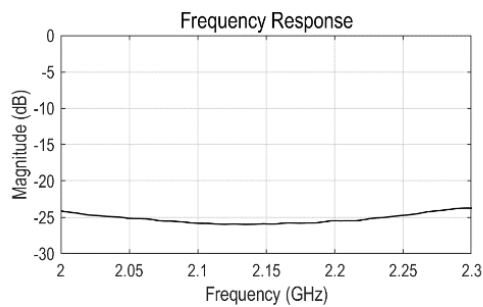


Fig. 2. Medida de la respuesta en frecuencia de la antenna Banda S con un único conector.

TABLA I
PARÁMETROS DE LA ANTENA BAND S CON UN ÚNICO CONECTOR

Parámetro	Valor
Frecuencia de operación	2 – 2.3 GHz
Pérdidas de retorno	-22 dB
Ganancia realizada	6.5 dBi
Relación axial	2.5 dB
Polarización cruzada	-18 dB
Polarización	RHCP
Volumen	97.6 x 97.6 x 35.9 mm
Peso	196 g

B. Antena Banda S con dos conectores

Hay ocasiones en las que hay clientes que en vez de tener un único conector prefieren trabajar en dos bandas divididas. Es por ello que se ha desarrollado una segunda antenna con dos conectores que cubren las dos sub-bandas en las que van a operar, una para telemetría (2.042 – 2.092 GHz) y el otro para

tracking (2.22 – 2.27 GHz), ambos con polarización circular a derechas.

Además, en esta ocasión se ha desarrollado una antenna mucho más delgada a la primera con el objetivo de que se pueda emplear en *nanosatellites* de inferiores dimensiones, en los que la protrusión de la antenna no puede superar los 7 mm, Fig. 3.

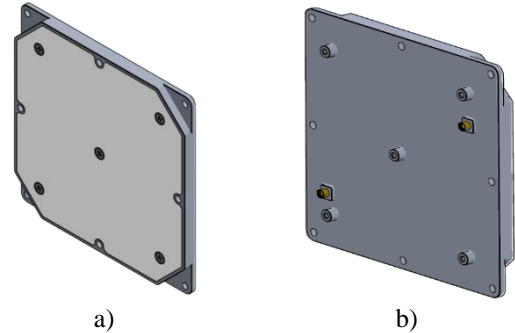


Fig. 3. a) Vista frontal, b) Vista trasera.

Esta antenna presenta en medida unas pérdidas de retorno de -10 dB. Además, al tener dos canales diferentes es importante el parámetro del aislamiento entre ambos, en este caso se consiguen valores de -20 dB en toda la banda. Cada conector consigue polarización circular a derechas con una directividad superior a 5.5 dBi, suficiente para este tipo de operaciones. En la Tabla 2 se recogen los principales parámetros de la antenna con dos conectores.

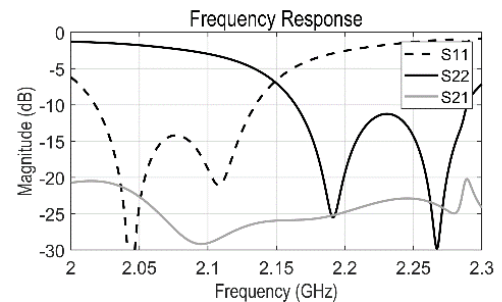


Fig. 4. Medida de la respuesta en frecuencia de la antenna Banda S con dos conectores.

TABLA II
ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA BANDA S CON DOS CONECTORES

Parámetro	Valor	
Frecuencia central	2.067 GHz	2.245 GHz
Ancho de banda	50 MHz	50 MHz
Pérdidas de retorno	-10 dB	
Aislamiento	-20 dB	
Directividad	5.5 dBi	
Polarización	RHCP	
Volumen	99 x 99 x 6.5 mm	
Peso	129 g	

C. Antena Banda X

La antenna banda X se ha diseñado para la función de descarga de datos con una frecuencia de operación de 8 a 8,4

GHz. Al igual que las antenas anteriores, presenta un marco que lo ancla al satélite y un radomo a modo de protección, Fig 5 a). Tiene un conector SMA por el que se alimenta la antena desde el lado inferior, Fig 5 b).

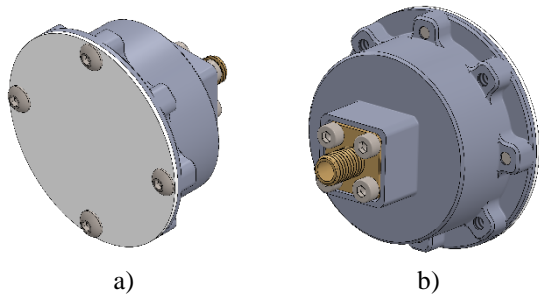


Fig. 5. a) Vista frontal, b) Vista trasera.

Una vez caracterizada la antena, se puede comprobar que se obtiene una respuesta en frecuencia de prácticamente -20 dB en toda la banda. Análogamente a las antenas de la banda S, tiene polarización circular a derechas y 9 dBi de ganancia realizada. Tiene unas dimensiones de 46 x 46 x 18.9 mm con un peso del conjunto inferior a 32 gramos. En la Tabla 3 se recogen los principales parámetros de la antena para la Banda X.

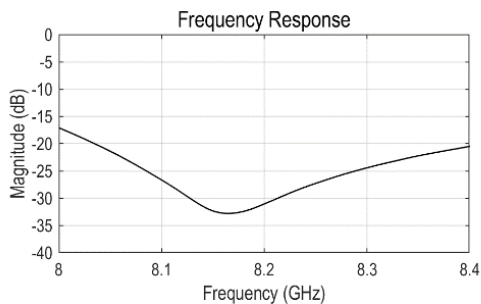


Fig. 6. Antena banda X.

TABLA III
PARÁMETROS DE LA ANTENA BANDA X

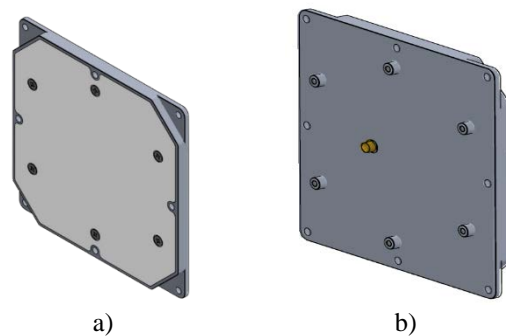
Parámetro	Valor
Frecuencia de operación	8 – 8.4 GHz
Pérdidas de retorno	-18 dB
Ganancia realizada	8.5 dBi
Relación axial	3 dB
Polarización cruzada	-15 dB
Polarización	RHCP
Volumen	46 x 46 x 18.9 mm
Peso	32 g

D. Antena Banda X de alta ganancia

Como la antena Banda X se va a emplear para aplicaciones de descarga de datos, es interesante que tenga una alta ganancia. Esto permite mejorar la velocidad de la tasa de información que se está transfiriendo y así aumentar la capacidad del enlace. Es por ello que se ha desarrollado un array de antenas que permita aumentar la ganancia del sistema,

todo ello en una superficie inferior a 1U y que de esta forma pueda ser empleado en *nanosatellites*.

La antena se ha diseñado con la intención de poseer una protrusión mínima, además de ser alimentada con un único conector.



Los resultados de las medidas de la antena se muestran a continuación, con una respuesta en frecuencia de -12 dB, una relación axial de 1.5 dB en toda la banda y una directividad de 18.5. Estas especificaciones se recogen en la Tabla 4.

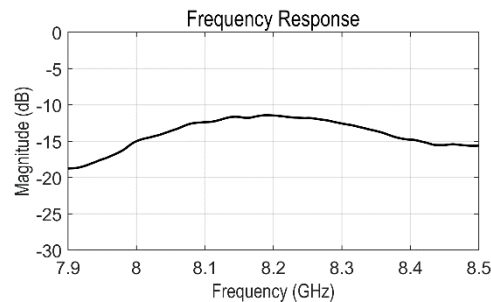


Fig. 7. Medida de la respuesta en frecuencia de la antena Banda X de alta directividad.

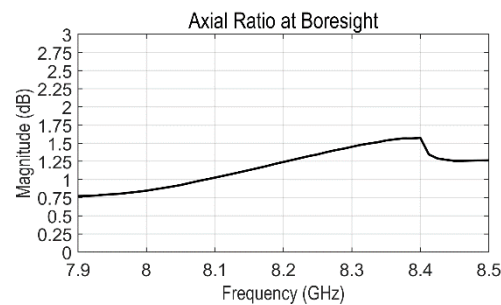


Fig. 8. Medida de la relación axial de la antena Banda X de alta directividad.

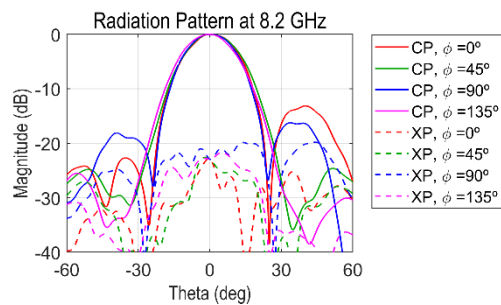


Fig. 9. Medida del diagrama de radiación a 8.2 GHz de la antena Banda X de alta directividad.

TABLA IV
 ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA BANDA X DE ALTA
 DIRECTIVIDAD

Parámetro	Valor
Frecuencia de operación	7.9 – 8.5 GHz
Pérdidas de retorno	-13 dB
Directividad	18.5 dBi
Relación axial	1.5 dB
Polarización cruzada	-20 dB
Polarización	RHCP
Volumen	99 x 99 x 6.5 mm
Peso	127 g

IV. CONCLUSIONES

En este artículo se presentan los sistemas de comunicación a bordo del satélite de la misión LUR-1. Son antenas para la banda S y X que se pueden emplear en nanosatélites y pequeños satélites. Operan en polarización circular a derechas y tienen una directividad acorde con la función que van a desarrollar. Está previsto que en junio de 2024 se lance la misión LUR-1 al espacio.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido cofinanciada por el Gobierno de Navarra bajo el proyecto 0011-1408-2021-000004 y el proyecto 0011-1365-2021-000220.

REFERENCIAS

- [1] Joseph N. Pelton, *Handbook of Small Satellites*, Springer Reference, 2020.
- [2] Cappelletti, C.; Battistini, S.; Malphrus, B. (Eds.) *Cubesat Handbook: From Mission Design to Operations*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020.
- [3] S. Gao et al., "Antennas for Modern Small Satellites," in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 51, no. 4, pp. 40-56, Aug. 2009, doi: 10.1109/MAP.2009.5338683
- [4] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2016
- [5] Anteral, www.antal.com