

ANTENA REFLECTORA DE HACES MULTIPLES DE UN RADIOMETRO DE MICROONDAS PARA USO SATELITAL

J. P. Ciafardini², G. Rodríguez^{1,2}, J. A. Bava^{2,3}, A. Maltz⁴ y M. Garavaglia^{3,5}

- 1- Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).
- 2- Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, UNLP.
- 3- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) (CCT CONICET La Plata – CIC).
- 4- Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.
- 5- Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

RESUMEN

En este trabajo se describe el diseño y la construcción de antenas reflectoras de haces múltiples instaladas en una futura misión satelital como parte de radiómetros de microondas (MWR, Microwave Water Radiometer), en las bandas K y Ka. Estos instrumentos permitirán detectar parámetros geofísicos para el análisis del ciclo global del agua, factor de importancia para poder estudiar los cambios climáticos. Un resultado óptimo se obtuvo con un reflector offset parabólico toroidal que permite su utilización con haces múltiples. El reflector y los alimentadores se diseñaron sobre la base de los requerimientos de la misión satelital. Estos radiómetros en bandas K y Ka (MWR) deben llevar a cabo observaciones, en forma simultánea, con otro radiómetro que opera en la banda L de la misma misión. Este requerimiento, sumado al hecho de que el satélite debe observar a la Tierra en forma lateral a su trayectoria, origina una disposición asimétrica de los haces de las antenas a diseñar. Empleando el software comercial FEKO Suite 6.0 y aplicando métodos analíticos de Óptica Geométrica se determinó la posición de los alimentadores, instalados en la geometría del reflector seleccionado, de acuerdo a los ángulos de elevación y azimut requeridos. La simulación permitió analizar los procesos electromagnéticos y optimizar la posición de los haces. A fin de validar el diseño, se construyó un modelo a escala para la frecuencia de 36,5 GHz. También se muestran las medidas electromagnéticas efectuadas sobre el modelo de antena y se comparan los resultados con los predichos por el software de simulación.

1.- INTRODUCCION

Las antenas descriptas en este trabajo, son parte de radiómetros que se dedicaran al estudio del ciclo global del agua, analizando parámetros geofísicos de la corteza terrestre [1-2]. Los radiómetros en banda K y Ka deben observar en forma simultanea con otro en banda L de la misma misión y que ilumina sobre el lateral del satélite (Figura 1). La ubicación de los haces de antena, crean una disposición asimétrica de los alimentadores de la antena reflectora, que deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Numero de haces	8
- Bandas de frecuencia	23,8GHz and 36,5 GHz
- Angulo de inclinación	55°
- Resolución	40 Km
- Barrido total	340 Km
- Altura del satélite	657 Km
- Eficiencia de haz	> 90%

Como antena reflectora se utilizó una geometría offset de paraboloide toroidal con una nueva disposición de su eje de rotación, obteniéndose buenos resultados en este sistemas de haces múltiples.

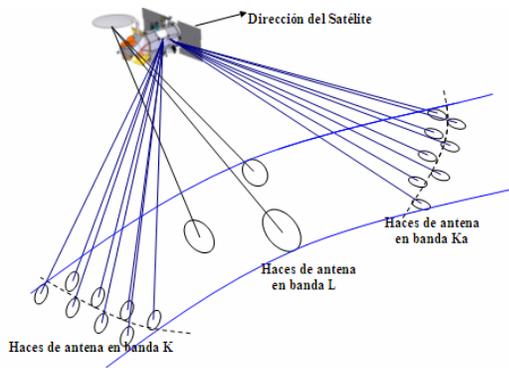


Figura 1 –Disposición de los haces de antenas del satélite.

Para cumplir con los requerimientos se simuló la antena reflectora ubicando los alimentadores en disposición asimétrica y se la compararon con los resultados obtenidos de las medidas electromagnéticas de campo lejano de un modelo de desarrollo construido.

2.- GEOMETRIA DE LA ANTENA REFLECTORA

En la Figura 2 se observa la geometría del reflector offset parabólico utilizada para las antenas en banda K y Ka. Al hacer girar la parábola sobre el eje de rotación (ubicado en forma perpendicular al eje central de la parábola) se genera la superficie reflectora, siendo en este caso particular una nueva superficie esférica no utilizada antes en estas aplicaciones [3-5]. La rotación de la parábola sobre el eje, también produce una rotación del foco de la parábola, generando un arco focal en donde podemos disponer los alimentadores para generar los haces múltiples.

En esta alternativa se ubicaron, por problemas mecánicos, los alimentadores en dos líneas a ambos lados del arco focal, como se observa en la figura 3.

La disposición mecánica en dos planos de los alimentadores (Figura 3), permite fácilmente ubicarlos y construir la placa de soporte. También permite tener la toma de las guías de ondas en

diferentes posiciones, lo que produce menos probabilidad de interferencia mecánica. Este inconveniente es más notable en un polarímetro, donde debe ir instalado un separador de polarización (OMT), duplicando las guías de onda por cada alimentador.

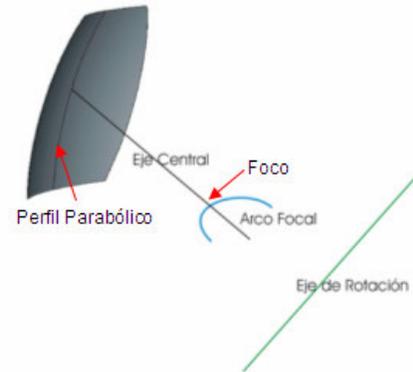


Figura 2 – Geometría de la antena reflectora.

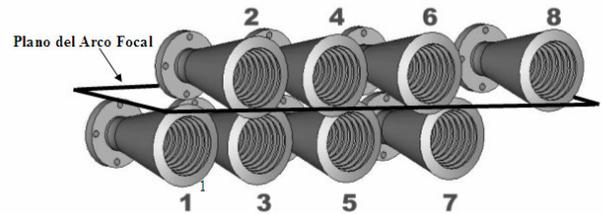


Figura 3 – Disposición de alimentadores en forma asimétrica y a ambos lados del arco focal

Los alimentadores colocados en la parte superior del plano que contiene el arco focal tienen la numeración par, mientras que los de la parte inferior son los correspondientes a la numeración impar (Figura 3).

3.- SIMULACION

Las simulaciones y las mediciones experimentales del sistema de antena reflectora offset toroidal multihaz de este trabajo [6-7], fueron realizadas a la frecuencia de 36,5 GHz, por ser la frecuencia más crítica de las bandas en estudio, sobre una superficie reflectora de 360 x 530 mm, con $f/D=1$.

Las simulaciones del sistema se efectuaron utilizando un software electromagnético comercial [7]. Este software es una herramienta que es utilizada en el análisis de campos electromagnéticos de estructura en 3D. En la figura 4 se observa el modelo de desarrollo graficado con el software FEKO para obtener los resultados de las simulaciones

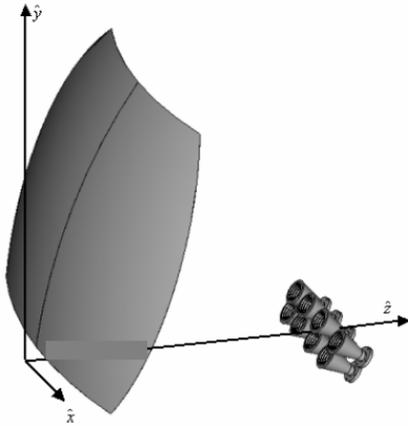


Figura 4 - Posición de referencia según los ejes de coordenadas de los alimentadores y su reflector offset parabólico toroidal.

El diseño de simulación de antena está basado en la solución de las ecuaciones de Maxwell utilizando el Método de Momentos (MoM) y de Óptica Física (PO). La puesta en práctica híbrida de los dos métodos MoM/PO es ideal para estos sistemas, utilizando el Método de Momentos sobre el alimentador, mientras que el reflector se trata con Óptica Física (PO).

Los métodos de simulación deben dividir el espacio en celdas. A fin de lograr buena exactitud en los resultados, esta celda, deben ser del orden de $\lambda/10$. El aumento de este margen hace que los tiempos de cómputos aumenten considerablemente. Las dificultades encontradas para simular grandes estructuras, como sucede en esta antena, fueron problemas de tiempos de procesamientos y de capacidad del sistema. Una de las posibilidades de este software es sustituir el alimentador por una apertura que equivale a una fuente en campo cercano o puede ser substituido por un patrón de radiación equivalente del campo

lejano. Estas técnicas pueden reducir los recursos de cómputo requeridos perceptiblemente.

En la figura 5 a) se observa la simulación de la antena la desviación azimutal del haz cuando el alimentador se desplaza sobre el eje x pudiendo observarse a través de la simulación la desviación azimutal (ϕ) del haz principal. En la figura 5 b) se observa el desviación en elevación (θ) del haz principal cuando el alimentador se desplaza sobre el eje y .

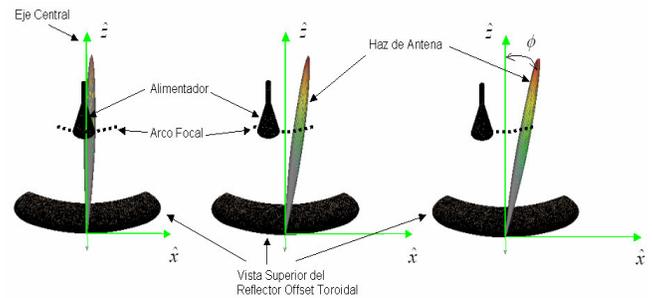


Figura 5 - Simulación donde se muestra el desplazamiento angular azimutal (ϕ) del haz principal en función del desplazamiento del alimentador sobre el arco focal.

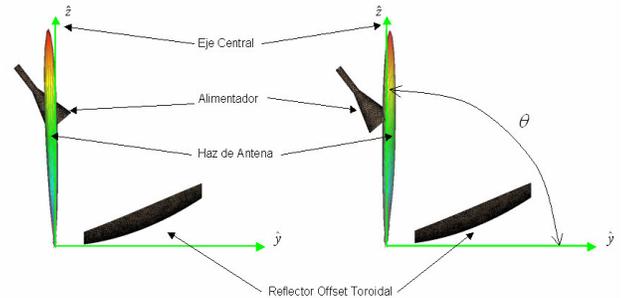


Figura 6 - Simulación donde se muestra el desplazamiento angular del haz (θ) en función del desplazamiento del alimentador, a) hacia arriba del arco focal y b) hacia abajo del arco focal.

La ubicación de las pisadas (Figura 1), fue estudiada con el objetivo de determinar la posición angular teórica de cada haz que debía generar cada alimentador. Los valores de los ángulos teóricos se determinaron con algoritmos apropiados considerando al satélite en una órbita

paralela al ecuador, situación geoméricamente equivalente al problema a estudiar. Los desarrollos y cálculos para esta problemática no son parte de este trabajo.

Usando los ángulos teóricos de elevación y azimut (θ y ϕ) y efectuando la simulación correspondiente para cada posición, se determinaron las coordenadas de los centros de fase de cada alimentador en nuestro sistema de antena.

3.- RESULTADOS

Un modelo experimental de antena reflectora offset parabólica toroidal, de similares características al simulado, fue construido. El comportamiento electromagnético de la antena fue medido para los ocho alimentadores. Cada uno fue medido en forma individual para evaluar sus características sobre el sistema reflector. Se realizaron medidas en campo lejano de los diagrama de irradiación a fin de evaluar y validar el diseño del dicho modelo.

Una evaluación entre los valores simulados y medidos de los ocho diagramas de irradiación pueden observarse en la figura 7 a) y b). En estas gráficas se muestran los valores superpuestos del diagrama co-polar en la dirección azimutal, determinados con valores obtenidos de medidas en campo lejano para el lóbulo central y con valores determinados con simulaciones. En ambos casos se muestra sólo el diagrama del haz principal, sin mostrar los detalles de los lóbulos laterales.

Se observa con claridad el entrelazado angular azimutal (ϕ) entre los diagramas de la figura 7 a) y b), generando las pisadas asimétricas necesaria para cumplir con los requerimientos. Los diagramas de los alimentadores pares (figura 7 a)) e impares (figura 7 b)) están angularmente separados $4,25^\circ$ en elevación ($\Delta\theta$).

Entre los diagramas medidos (línea de rayas de las figuras 7a y b) y simulados (línea llena de las figuras 7a y b) de cada posición de los ocho haces se advierte una gran similitud y buena coincidencia de los máximos.

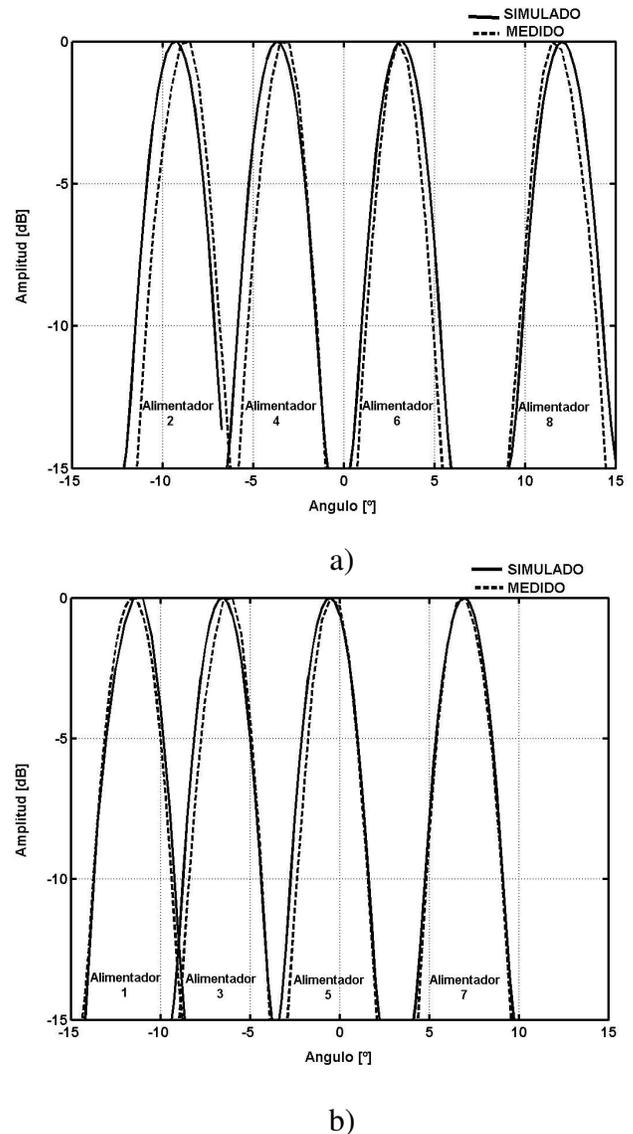


Figura 7 – Comparación entre diagramas azimutal (ϕ) entre valores medidos en campo lejano y valores obtenidos a través de simulaciones, a) alimentadores pares y b) alimentadores impares.

En la Tabla I se muestran los valores de la posición del ángulo azimutal de cada alimentador medido [ϕ_M] y simulado [ϕ_S], también se comparan los resultados. El término $|\phi_S - \phi_M|$ representa la diferencia entre el valor del ángulo de azimut determinado mediante la simulación con el obtenido en base a las medición del modelo experimental.

TABLE I

Resultados de los ángulos azimutales simulados y medidos para cada alimentador principal.

ALIMENTADOR	ϕ_S [°]	ϕ_M [°]	$ \phi_S - \phi_M $
Alimentador 1	-12	-11,5	0,5
Alimentador 2	-9,5	-8,83	0,67
Alimentador 3	-6,63	-6	0,63
Alimentador 4	-3,71	-3,33	0,38
Alimentador 5	0,43	-0,5	-0,07
Alimentador 6	3,17	3	0,17
Alimentador 7	7,21	6,83	0,38
Alimentador 8	12	11,5	0,5

CONCLUSIONES

Buenos resultados y fácil manejo se han obtenidos con el programa comercial FEKO Suite 6.0, para procesar este tipo de reflectores de microondas.

Se observan una gran similitud en los valores comparados en la Tablas I y en la forma de los diagramas de irradiación mostrados en las figuras 7 a) y b) entre el modelo simulado y los valores medidos, esto verifica no sólo el diseño de la antena, sino también permite la ubicación de los alimentadores principales con disposición asimétrica.

Las diferencia en el cálculo de la posición azimutal entre el modelo simulado y los valores medidos $|\phi_S - \phi_M|$, son mayores a medida que los alimentadores se alejan del centro geométrico del sistema. Mientras podemos ver en la Tabla I diferencias máximas de 0,63° en los valores, estos pueden ser reducidos mejorando el posicionamiento y alineación mecánica de los alimentadores.

REFERENCIAS

[1] Nielsen, P.H. Pontoppidan, K. Heeboell, J. Le Stradic, B., “Design, manufacture and test of a pushbroom radiometer”, IEEE Xplore, Antennas and Propagation. ICAP 89., Sixth International Conference on (Conf. Publ. No.301), pp. 126-130, 1989.

[2] K. Tachi, K. Arai and Y. Sato, “Advanced microwave scanning radiometer (AMSR) requirements and preliminary design study”, IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing, Vol. 27, N2, March 1989, pp. 177-182.

[3] D. Holck, A. Roldan Molina, P. Fluxa, L. Zerbino. J. A. Bava, E. Cortizo y M. Garavaglia - Optomecatronic techniques to characterize the topography of a MW satellite antenna - RIAO/OPTILAS 2007, Iberoamerican Meeting on Optics and Latin American Meeting on Optics Lasers and their Applications. Oct 21, 2007 - Campinas, Brasil – Oct 22- 26, 2007.

[4] José Alberto Bava, Víctor Sergio Sacchetto, Alberto Maltz, Guillermo Rodriguez, Alicia Szymanowski y J. P. Ciafardini - Antenas offset toroidal con haces múltiples asimétricos - IV Congreso Argentino de Tecnología Espacial - Bs As – 22-24 de Mayo 2007.

[5] José Alberto Bava , Víctor Sergio Sacchetto, Alberto Maltz, Guillermo Rodriguez, Alicia Szymanowski - Obtención y medidas de superficies reflectora para antena de uso satelital, empleando CNC – IV Pan American Conference for Non Destructive Testing - Buenos Aires, Argentina, October 22-26, 2007 - Published in NDT.net – [On line]. Available: <http://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/9.pdf>.

[6] J. A. Bava, A. Maltz y M. Garavaglia – Analysis of Beam Efficiency in Multiple Beam Reflector Antennas - PIERS 2009 Moscow – Progress In Electromagnetics Research Symposium - PIERS Proceedings, Moscow, Russia, August 18-21, 2009, pp 718 – 721- [On line] Available:

<http://piers.mit.edu/piersproceedings/piers2k9MoscowProc.php?searchname=Bava>

[7] EM Software & Systems - S.A. (Pty) Ltd - FEKO (www.feko.info) - EM Software & Systems - S.A. (Pty) Ltd Address: PO Box 1354, Stellenbosch, 7599, South Africa.