

# Software para determinar el patrón de radiación de Bocinas Cónicas Lisas

Rafael Pérez Alfonso

Roberto Jiménez Hernández

## RESUMEN

El presente trabajo reporta los resultados obtenidos con un software de modelación de bocinas cónicas lisas. Primero se muestra el análisis teórico necesario para la determinación del patrón de radiación para el modo TE<sub>11</sub>, considerando en el interior de la bocina un frente de onda esférico con centro en el vértice del cono. Luego se muestran los resultados obtenidos del programa de computación que implementa este método comparando con los resultados medidos reportados internacionalmente para bocinas de varios errores de fase en la abertura.

**Palabras clave:** Bocinas cónicas, Patrón de radiación.

## ABSTRACT

A theoretical analysis to determine the radiation pattern for smooth-walled conical horns with inner spherical-wave fronts is presented here. The results obtained with the proposed software are compared to the internationally reported measured values for horns of varied aperture phase errors.

**Key words:** Conical Horns, Radiation patterns.

## I. INTRODUCCIÓN

Las antenas de bocina cónica son muy utilizadas en las bandas de frecuencias de microondas en la excitación de antenas reflectoras y para mediciones de parámetros eléctricos porque proporcionan ganancia media, baja razón de onda estacionaria, ancho de banda relativamente grande y son fáciles de construir en la práctica.

Las bocinas cónicas lisas han sido ampliamente tratadas en toda la bibliografía referente al tema [1] [2]. Pero los algoritmos para la determinación del patrón de radiación se han evitado aludiendo siempre la complejidad matemática del método; mostrando sólo algunos patrones medidos, pero casi nunca el procedimiento teórico necesario para obtener las características de radiación. Este trabajo muestra un método para la obtención del campo radiado por una bocina cónica lisa (Modo TE<sub>11</sub>) en el haz principal y primeros lóbulos secundarios (Óptica Geométrica).

## II. ANÁLISIS TEÓRICO.

La ley aproximada de distribución de fase en la abertura de una bocina cónica lisa puede ser obteni-

$$\Phi_{boc} \approx \frac{\pi \rho^2}{\lambda l_o} \quad (1)$$

da suponiendo que el frente de onda de la bocina tiene forma esférica con centro en el vértice del cono. Entonces la distribución de fase en la abertura se determina aproximadamente por:

donde  $\rho$  es la distancia desde el punto en el plano de abertura hasta el centro de la abertura de la bocina,

$\lambda$  es la longitud de onda de trabajo, y

$l_o$  es la longitud axial de la bocina. (Ver Figura 1)

Determinando así el retraso en fase del campo en un punto arbitrario de la abertura de la bocina.

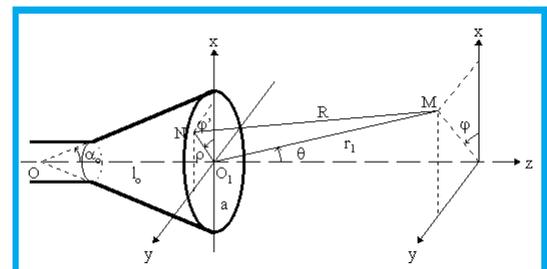


Fig. 1: Sistema coordinado para determinación del patrón de radiación de la bocina cónica lisa.

La fase de la intensidad de campo radiada por la bocina ( $\Phi_M$ ) en un punto alejado sería la fase del campo en la abertura ( $\Phi_{boc}$ ) mas la constante de fase determinada por la diferencia de trayectoria ( $\Phi_r$ ). (Ver Figura 1)

$$\Phi_r = \beta \left[ \sqrt{r_1^2 + \rho^2 + 2r_1\rho \sin \theta \cos(\varphi - \varphi')} - r_1 \right] \quad (2)$$

donde  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$  es la constante de desplazamiento de fase.

Y como  $\frac{\pi \rho^2}{\lambda r_1} \sin^2 \theta \ll 1$  al realizar el desarrollo binomial se tiene que:

$$\Phi_M = \Phi_{boc} + \Phi_r \approx \frac{\beta \rho^2}{2l_o} + \frac{\beta \rho^2}{2r_1} + \beta \rho \sin \theta \cos(\varphi - \varphi') \quad (3)$$

Las bocinas cónicas lisas han sido ampliamente tratadas. Pero los algoritmos para la determinación del patrón de radiación se han evitado aludiendo siempre la complejidad matemática del método.

El campo en la zona de Fresnel puede ser expresado como:

$$E(\theta, \varphi) = -j \frac{E_o e^{-j\beta r_1}}{2\lambda} (1 + \cos\theta) \iint_0^{2\pi} \int_0^a f(\rho, \varphi') e^{-j\frac{\beta \rho^2}{a^2} - j\beta \rho \sin\theta \cos(\varphi - \varphi')} \frac{\rho}{R} d\rho d\varphi' \quad (4)$$

$$\text{donde: } \gamma = \frac{\beta a^2}{2r_1} + \frac{\beta a^2}{2l_o} \quad (5)$$

$f(\rho, \varphi')$  es la distribución de amplitud en el plano de abertura, y  $a$  es el radio de la bocina. (Ver Figura 1).

Realizando un cambio de variable de integración, tal que  $\rho = va$  y como  $R \approx r_1$ , se obtiene el campo radiado como [3]:

$$E(\theta, \varphi) = -j \frac{E_o a^2}{2r_1 \lambda} (1 + \cos\theta) e^{-j\beta r_1} F(\theta, \varphi) \quad (6)$$

donde

$$F(\theta, \varphi) = \int_0^1 \int_0^{2\pi} f(v, \varphi') e^{-j\gamma v^2 - j\delta v \cos(\varphi - \varphi')} v dv d\varphi' \quad (7)$$

$$\delta = \beta a \sin\theta \quad \text{y}$$

$f(v, \varphi')$  es la ley de variación de la amplitud del campo en el plano de abertura de la bocina, que para una distribución de amplitud no simétrica respecto al eje, con excitación  $TE_{11}$  desde la guía de onda se puede representar como [3]:

$$f(v, \varphi') = 1 - 0,37v^2 + (0,215v^2 - 0,845)v^2 \cos^2 \varphi' \quad (8)$$

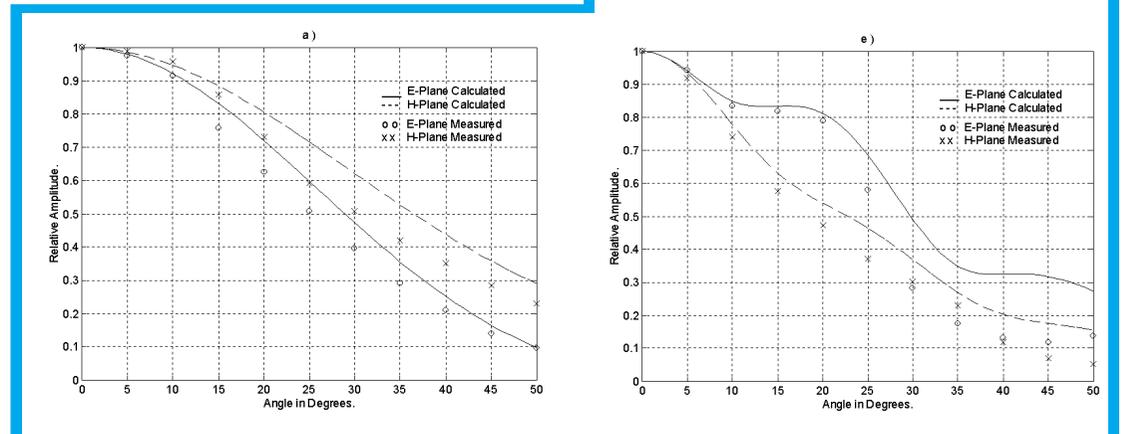


Fig. 2: Patrones de radiación calculados y medidos (Cortesía de Laboratorios Jasik); a)  $a=0,71$  y  $l_o=7,9691$ ; b)  $a=1,31$  y  $l_o=3,4641$ ; c)  $a=1,71$  y  $l_o=3,511$ ; d)  $a=1,81$  y  $l_o=3,1181$  y e)  $a=1,81$  y  $l_o=2,41$ .

### III. RESULTADOS LOGRADOS

El método anterior ha sido desarrollado en un software sobre **Matlab** v. 6.0 para *Windows* [4]. Al ejecutar este programa y entrar como datos la frecuencia de trabajo, el diámetro, el semi-ángulo de vuelo de la bocina y la distancia al punto lejano para evaluar el patrón de radiación; se obtendrá el patrón de radiación en el haz principal y primeros lóbulos secundarios para ambos planos principales.

Para verificar los resultados se compararon estos patrones teóricos con patrones medidos reportados por los Laboratorios Jasik. Seguidamente se muestran cinco ejemplos para varios errores de fase en la abertura, donde sobre cada ventana, resultado del software, se han superpuesto los valores medidos por Jasik [5].

### IV. CONCLUSIONES

Con este trabajo se obtuvo un instrumento útil y rápido para la obtención del patrón de radiación de bocinas cónicas lisas (Modo  $TE_{11}$ ). Este campo radiado en el haz principal y primeros lóbulos secundarios es muy útil para modelar antenas reflectoras excitadas con bocinas de este tipo, así como para determinar el campo que incide en el borde de un subreflector en un sistema doble espejo.

Los resultados se han comparado con patrones medidos reportados en la literatura, observándose una excelente coincidencia para bocinas de diferentes errores de fase. La exactitud del software es mayor para bocinas cuyo error de fase máximo en la abertura es cercano al óptimo  $\frac{1}{4}\lambda$  ó  $135^\circ$

El método mostrado aquí es fácilmente aplicable para el cálculo de patrones radiados con otras distribuciones de campo en la abertura de la bocina.

### V. AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecerle al Grupo de Estudios sobre Medios y Sistemas Radioeléctricos, de la Universidad Central de Las Villas por el gran apoyo en este trabajo. También, muy especialmente, al Dr. Ing. Francisco Lee Tenorio por la revisión de este trabajo.

### REFERENCIAS

- [1] Lo, Y. T. & Lee. S. W. "Antenna Handbook". Vol. II: Antenna Theory. Edited by Van Nostrand Reinhold. New York. U.S.A. 1993. pp. 8-46 – 8-49.
- [2] Balanis, Constantine A. "Antenna Theory – Analysis and Design". Second Edition. Edited by John Wiley & Sons, Inc. USA. 1997. pp. 695-697.
- [3] Aizemberg, G. Z.; lampolski, B. G. y Teriochin, O. N. "Antenas de UHF". Vol.1. Editado por Comunicaciones. Moscú. 1977. pp. 269-274.
- [4] Matlab. "Reference Guide". Edited by MathWorks, Inc. U.S.A. 2000.
- [5] Jasik, Henry. "Antenna Engineering Handbook". Edited by Jasik Laboratories, Inc. New York. U.S.A. 1961. pp. 10-11 – 10-13.

---

#### Rafael Pérez Alfonso

Msc. Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Central de las Villas, Cuba.

---

#### Roberto Jiménez Hernández

Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Central de las Villas, Cuba. Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Electrónico de Telecomunicaciones de Moscú. Profesor titular Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de las Villas, Cuba.