

ALIMENTACIONES CAPACITIVAS PARA ANTENAS TIPO PIFAS

JOSÉ IACUTONE¹, HON MOY¹, FREDDY BRITO¹, ROLANDO RODRÍGUEZ¹, FRANKLIN MARTÍNEZ²

¹Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones (CENDIT).

Dirección de Propagación y Antenas. Caracas 1020A, Venezuela.

e-mail: {iacutone; rrodvis}@gmail.com – e-mail: {hmoy; fbrito}@mct.gob.ve

²Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Caracas 1020A, Venezuela. e-mail: fmartq@cantv.net

Recibido: octubre de 2008

Recibido en forma final revisado: diciembre de 2009

RESUMEN

Se planteó el diseño y construcción de dos configuraciones de antenas tipo PIFA's (antenas planares F invertidas): la primera es alimentada capacitivamente por platos paralelos y la segunda es un arreglo de dos elementos con alimentación capacitiva por sonda en forma de L, que operan en la banda de 800 MHz. El modelo de cavidad fue el escogido para determinar los valores preliminares de las estructuras; y mediante simulación se ajustaron las dimensiones y la altura de las estructuras de alimentación, a fin de obtener las características eléctricas requeridas. En el primer diseño de la alimentación capacitiva se obtuvo un ancho de banda de 10,35% ($ROE \leq 1.5$), y para el arreglo de 2 elementos PIFA's un ancho de banda de 10%. Se realizaron montajes experimentales para comprobar las características del ROE, el error relativo porcentual máximo para la primera configuración fue de 26 % en el rango de frecuencias de 800 MHz a 900 MHz y para la segunda configuración el error máximo obtenido fue de 16 % en la misma banda de frecuencias. El modelo de cavidad arroja buenos resultados en la obtención de los valores preliminares de las estructuras. La alimentación que presentó mejores características en cuanto a rigidez mecánica, punto de alimentación y acoplamiento de impedancia, fue la alimentación por sonda en forma de L.

Palabras clave: Tecnología planar, Modelo cavidad, PIFA, ROE, Alimentación capacitiva.

CAPACITIVELY FED PIFA

ABSTRACT

The design and construction of two PIFA configurations is presented: the first is capacitively fed by a parallel plate and the second by an array of two elements with an L shape capacitively fed probe operating in the 800 MHz band. The cavity model was chosen to find the preliminary value of the structures; and with simulators the dimensions and height of the feed structure is adjusted. In the first design, the bandwidth was 10,35% ($VSWR \leq 1.5$), and in the second design, it was 10%. The structures were mounted to check VSWR. The relative error for the first antenna was 26 % in the range of 800 MHz to 900 MHz, and with the second antenna, the error was 16 %. The cavity model gives good approximation for the preliminary value. The feed that shows best performance in terms of mechanical rigidity, feed point and matching coupling was the probe feed in L shape.

Keywords: Planar technology, Cavity model, PIFA, VSWR, Capacitive feed.

INTRODUCCIÓN

Las PIFA son en esencia antenas rectangulares planares, cortocircuitadas con el plano de tierra.

En general las antenas planares están constituidas por: una placa metálica, que es el radiador; un sustrato dieléctrico, un plano de tierra, cuyas dimensiones son mayores que el radiador; y un alimentador que suministra la potencia de

RF.

El análisis de antenas planares es complicado debido a la presencia de dieléctricos no-homogéneos, condiciones de fronteras no-homogéneas, diversidad de alimentadores, formas de radiadores, y diferentes configuraciones (Bahl *et al.* 2001).

Los modelos más utilizados para determinar las caracterís-

ticas de las antenas planares son: (a) línea de transmisión, (b) cavidad y (c) redes multipuertos. Análisis exactos basados en ecuaciones integrales tipo Sommerfeld, y la solución de las ecuaciones de Maxwell son más confiables, pero son muy laboriosos en cuanto al manejo matemático.

El modelo de cavidad produce buenos resultados para ser una aproximación, da un mejor entendimiento de la operación física de la antena y permite una mejor manipulación de los parámetros del diseño comparado con el modelo de línea transmisión, es por esto que las estimaciones preliminares se van a realizar basado en este modelo.

GENERALIDADES DEL MODELO DE CAVIDAD

Se asume que el radiador es un conductor perfecto, colocado en un sustrato con permitividad relativa ϵ_r de espesor h (pequeño comparado a la longitud de onda en el sustrato), con muros magnéticos en la periferia del radiador (figura 1).

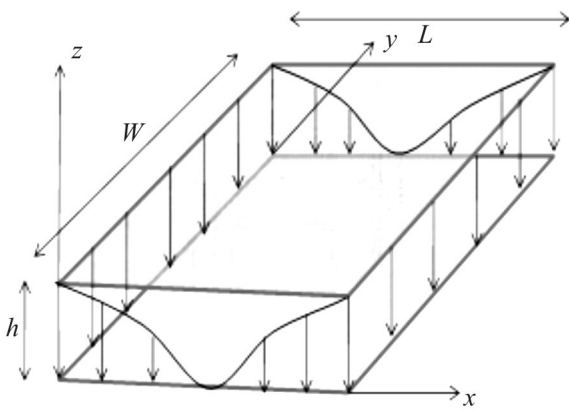


Figura 1. Líneas de campo eléctrico en una cavidad.

El modelo de cavidad está basado en las siguientes aseveraciones (James *et al.* 1989): (a) el campo eléctrico está localizado principalmente entre el radiador y el plano de tierra, (b) la radiación es causada por el desbordamiento de los campos electromagnéticos de la cavidad por los muros laterales.

El pequeño espesor h del sustrato permite asumir las siguientes aproximaciones:

- Los muros magnéticos ideales permiten una expansión modal en términos de una combinación de autofunciones.
- El campo eléctrico \vec{E} en la cavidad es paralelo a la dirección z . dada la condición que la corriente de excitación \vec{J}_s es constante (ésta es una restricción que limita la validez del modelo para sustratos que son delgados

comparados con la longitud de onda).

- El campo eléctrico \vec{E}_z dentro de la cavidad, así como también las autofunciones, son independientes de z .

Debido a la aproximación de una cavidad ideal, las autofunciones están determinadas y son ortogonales, y el campo total excitado por la alimentación puede ser expandido en términos de estas funciones. Además, los autovalores son todos números reales independientes de las pérdidas tangenciales de los dieléctricos.

LONGITUD Y ANCHO EFECTIVO

En el modelo de cavidad se coloca una frontera de muros magnéticos perfectos en los bordes del radiador para formar una cavidad cerrada. Para explicar la fuga de los campos, se usa la longitud efectiva del radiador como (Lee *et al.* 1997):

$$L_e = L + 2\Delta L \quad (1)$$

$$\Delta L = 0,412 \frac{(\epsilon_{ref} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{ref} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)} \quad (2)$$

De igual manera se define el ancho efectivo del radiador como (Lee *et al.* 1997):

$$W_e = W + 2\Delta W \quad (3)$$

$$\Delta W \approx \frac{h}{\pi} \ln 4 \quad (4)$$

MODELO DE CAVIDAD PARA UN RADIADOR $\lambda/4$

Debido a que el campo eléctrico es cero en la mitad de un radiador de media longitud de onda, un muro eléctrico puede ser colocado sin perturbar la distribución de campo eléctrico en la cavidad (figura 2), con esta condición una mitad puede ser descartada, conservando la frecuencia de resonancia del diseño.

La distribución de campo eléctrico entre el radiador y el plano de tierra para el modo fundamental TM_{10} se puede escribir como:

$$\vec{E} = E_o \cos\left(\frac{\pi x}{2L}\right) \hat{e}_z \quad (5)$$

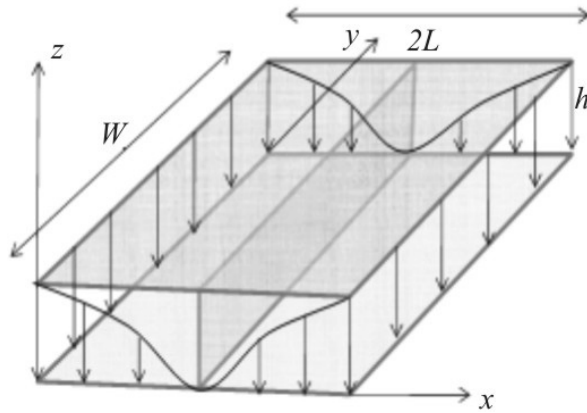


Figura 2. Líneas de campo eléctrico en una cavidad cortocircuitada en el centro.

La frecuencia de resonancia del modo dominante en la cavidad $\lambda/4$ está relacionada con la longitud efectiva del radiador por:

$$f_{10} = \frac{c}{4L_e \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (6)$$

TÉCNICAS DE ALIMENTACIÓN DE ANTENAS PLANARES

Las técnicas de alimentación influyen en la impedancia de entrada, y son también utilizadas para propósitos de acoplamiento. La eficiencia de la antena depende de la transferencia de potencia a los elementos radiantes, es por esto que las técnicas de alimentación juegan un rol vital en el proceso de diseño. Las técnicas más populares de alimentaciones capacitivas son discutidas a continuación.

Acoplamiento capacitivo por platos paralelos

La alimentación capacitiva es construida terminando el conductor interno de un coaxial en un plato conductor paralelo al radiador (figura 3).

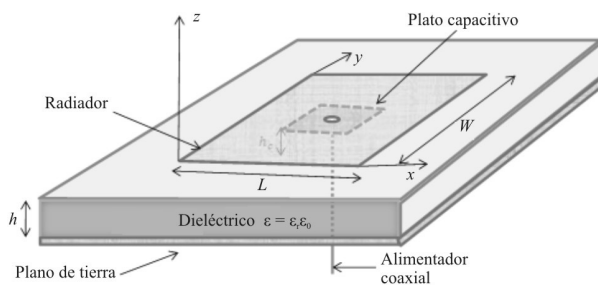


Figura 3. Acoplamiento capacitivo.

La principal ventaja de ésta técnica es que permite ajustar la impedancia de entrada modificando la altura y las dimensiones del plato paralelo, eliminando la componente induc-

tiva que introduce un conductor colocado entre el radiador y el plano de tierra (Vandenbosch *et al.* 1989).

Otra ventaja es el aumento del ancho de banda debido al decremento de la reactancia de entrada y la reducción del factor de calidad Q, cuando se usan sustratos gruesos.

La principal desventaja es que debido a la alta complejidad de la estructura radiante, se tienen que utilizar ecuaciones integrodiferenciales para analizar de una manera formal y con precisión a estas estructuras.

Alimentación por sonda en forma de L

En esta técnica el alimentador se dobla en L (figura 4), presentándose de igual manera un acoplamiento capacitivo, con las ventajas de que su construcción es de mayor simplicidad que la alimentación con platos paralelos y además, se elimina la transición de coaxial a líneas de microcinta.

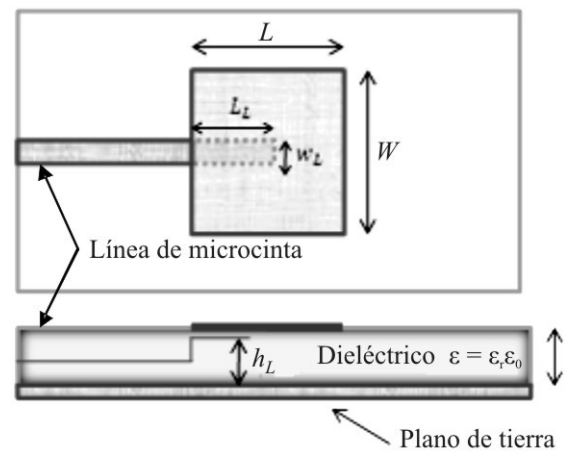


Figura 4. Alimentación por sonda en forma de L.

El ajuste de la impedancia de entrada se logra modificando la altura de la sección vertical del alimentador y la longitud de la sección vertical (Meshram, 2007).

CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

En el proceso de diseño, la meta es obtener una antena que cumpla las características eléctricas mínimas en el rango de operación. Las características eléctricas fundamentales, que se desean conseguir son las siguientes:

- Polarización lineal-vertical.
- Impedancia nominal 50Ω.
- ROE ≤ 1.5 en el rango de frecuencias de 806-896 MHz.

DISEÑOS PROPUESTOS

PIFA alimentada capacitivamente por platos paralelos

El material escogido para la construcción es cobre de 0,33 mm de espesor y se utilizó conector SMA para cada montaje.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se propone una PIFA alimentada capacitivamente por platos paralelos (figura 5), utilizando como dieléctrico el aire, cuyas dimensiones son las siguientes: $h_c = 2,3$ cm; $L_c = 1,3$ cm; $W_c = 1,3$ cm; $z_0 = -1,4$ cm.

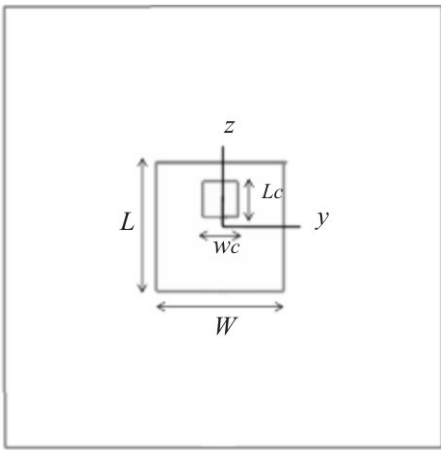


Figura 5. Diseño propuesto de PIFA alimentada capacitivamente por platos paralelos.

En el diseño el ancho de banda fue de 10,35% ($ROE \leq 1.5$) (figura 6), presentándose un error relativo máximo del 26%

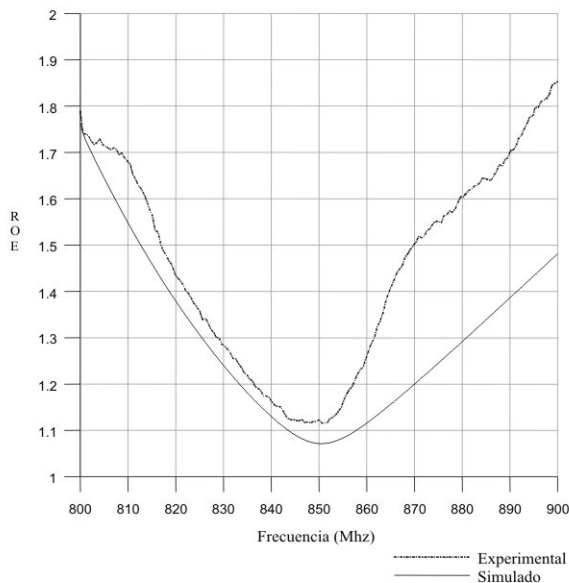


Figura 6. ROE experimental y simulado de la PIFA alimentada capacitivamente por platos paralelos.

en la banda superior al ser comparada con la curva obtenida mediante simulación con CST STUDIO SUITE™ 2006. En este diseño la rigidez mecánica de la estructura de alimentación era muy débil, existiendo problemas en el acoplamiento.

Arreglo en el plano H de 2 elementos PIFA alimentadas capacitivamente por sonda en forma de L

En esta geometría se tienen dos radiadores $\lambda/4$ alimentados capacitivamente por sondas en formas de L (figura 7).

La red de alimentación se encuentra encima del plano de tierra a una distancia de 0,3 cm, usando al aire como dieléctrico para las líneas de microcintas.

Las dimensiones del diseño son: $h = 3$ cm; $L = 5,5$ cm; $W = 5,5$ cm; $h_c = 2,8$ cm; $L_L = 3,2$ cm; $w_L = 0,5$ cm; $z_0 = 3,3$ cm.

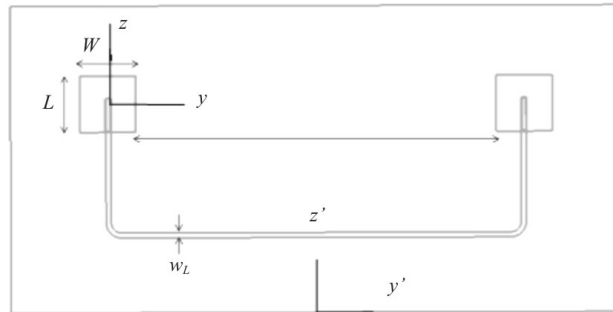


Figura 7. Diseño propuesto de PIFA alimentada capacitivamente por sonda en forma de L.

En la figura 8 se muestran las curvas del ROE, en ella se observa que la experimental es cercana a la obtenida mediante simulación, con un error relativo máximo de 16% en toda la banda de frecuencia, manteniéndose la frecuencia de resonancia.

En este diseño se obtuvo un ancho de banda del 10%, y se eliminaron los inconvenientes presentados por la alimentación.

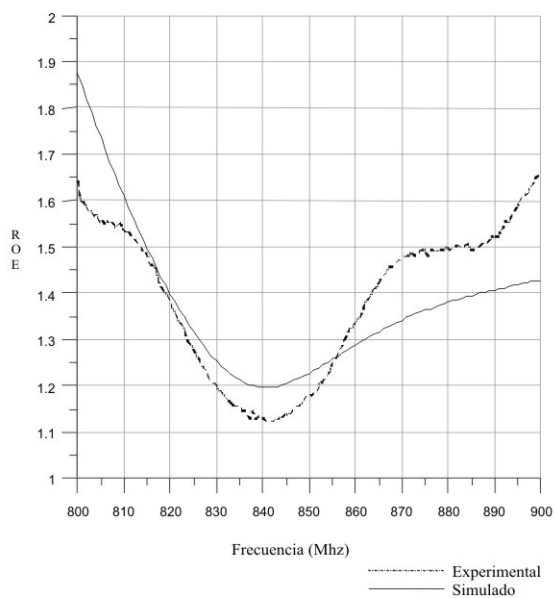


Figura 8. ROE experimental y simulado de la PIFA alimentada capacitivamente por sonda en forma de L.

CONCLUSIONES

Se diseñaron y simularon diferentes estructuras de antenas, cambiando la forma, las dimensiones y la alimentación; se realizaron montajes experimentales de los diseños propuestos y se midió el ROE.

El modelo de cavidad permite obtener los valores preliminares de los diseños, a partir de la frecuencia de resonancia. El uso de software de simulación de aplicaciones en 3D, permitió ajustar los valores de la estructura de alimentación para acoplar la estructura en la banda deseada. Los valores de la frecuencia de resonancia y el ancho de banda de los montajes experimentales realizados son muy similares a la de la simulación con CST STUDIO SUITE™ 2006, lo cual permitió reducir el número de intentos en la fabricación de los diseños.

La alimentación capacitiva por sonda en forma de L es más fácil de implementar para la producción en masa de arreglos de antenas, además no presenta inconvenientes en las transiciones y presenta mayor rigidez que la alimentación capacitiva por platos paralelos.

REFERENCIAS

- BAHL, I.J. & BHARTIA, P. (2001). Microstrip antenna design handbook. Norwood, MA: Artech House, p. 73.
- JAMES, J.R. & HALL, P.S. (1989). Handbook of microstrip antennas. Londres: Peter Peregrinus, pp. 112-113.

LEE, K. & CHEN, W. (1997). Advances in microstrip and printed antennas. New York, NY: John Wiley & Sons, pp. 225, 232.

MESHAM, M.K. (2007). Analysis of L- Strip fed rectangular microstrip antenna for mobile base station. Microwave and Optical Technology Letters. Vol. 49, N° 8, pp. 1817-1824.

VANDENBOSCH, G.A., & VAN DE CAPELLE, A.R (1994). Study of the capacitively fed microstrip antenna element. IEEE Transactions on Antenna and Propagation. Vol. AP-42, pp. 1648-1652.