



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 355 341**

② Número de solicitud: 201130200

⑤ Int. Cl.:  
**H01P 3/123** (2006.01)

**H01P 1/208** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **15.02.2011**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **25.03.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**25.03.2011**

⑰ Solicitante/s:  
**Universidad Politécnica de Cartagena**  
**Edificio "La Milagrosa"**  
**Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n**  
**30202 Cartagena, Murcia, ES**

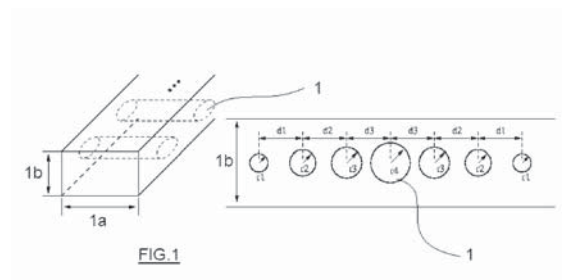
⑱ Inventor/es: **Vera Castejón, Pedro;**  
**Quesada Pereira, Fernando Daniel;**  
**Álvarez Melcón, Alejandro y**  
**Parreño Marchante, Alfredo**

⑳ Agente: **Temño Cenicerros, Ignacio**

⑳ Título: **Filtro paso-bajo en guía-onda rectangular usando postes circulares.**

㉑ Resumen:

Filtro paso-bajo en guía-onda rectangular usando postes circulares, caracterizado porque utilizan postes circulares como inversores de impedancia de tipo capacitativo, y el radio de cada poste circular introducido en la estructura es variable, con el fin de obtener los valores de inversores de impedancia requeridos para sintetizar la función de transferencia deseada.



ES 2 355 341 A1

## DESCRIPCIÓN

Filtro paso-bajo en guía-onda rectangular usando postes circulares.

5 El objeto principal de la presente invención es una nueva estructura de filtro paso-bajo en guía-onda rectangular usando por primera vez postes circulares, con lo que se evitan esquinas y aristas en los inversores de impedancia del filtro. Ello puede conducir a dispositivos que soporten niveles de potencia mayor, y que por tanto, puedan operar mejor en los transmisores de alta potencia utilizados en los sistemas espaciales basados en satélites.

10 La invención se enmarca dentro de los dispositivos utilizados para el filtrado paso-bajo de señales en aplicaciones espaciales basadas en satélites. Específicamente, en las cabeceras de radiofrecuencia de los transmisores, se suelen emplear filtro paso-bajo en guía-onda rectangular, ya que son capaces de soportar las altas potencias requeridas en los transmisores. La misión de estos filtros paso-bajo es rechazar las señales de interferencias que aparecen en las bandas espúreas de los filtros paso-banda empleados en las cabeceras de radiofrecuencia de los satélites.

### 15 Antecedentes de la invención

El uso de filtros paso-bajo en las cabeceras de radiofrecuencia, está muy extendido en los sistemas de comunicaciones por satélite [5, 6], Ello es debido a la necesidad de evitar interferencias en los sistemas por satélite ante señales extrañas, y a la necesidad de que las señales enviadas por el satélite a Tierra no interfieren en otros sistemas terrestres. Para cubrir las necesidades de filtrado en un satélite, se suelen emplear filtros de tipo paso-banda [7], Sin embargo, es conocido que estos sistemas de filtrado presentan bandas espúreas a las frecuencias armónicas de la fundamental. Esto quiere decir que los filtros permitirán el paso de señales indeseadas que estén en dichas bandas espúreas. Para eliminar estas señales, el uso de filtros paso bajo se hace indispensable [5, 6, 7],

25 En el pasado, los filtros paso-bajo en tecnología de guía-onda rectangular han estado basados en corrugaciones rectangulares capacitivas [8, 9] alternando secciones de alta impedancia con secciones de baja impedancia, o bien en ventanas rectangulares capacitivas que implementan los inversores de impedancia necesarios del filtro [6, 10, 11], El uso de estos elementos con esquinas y aristas en la estructura del filtro, los hace críticos desde el punto de vista de los niveles máximos de potencia que soportan antes de que se produzcan fenómenos de ruptura (multipactor, corona [3]). Esto resulta crítico sobre todo, en las secciones del filtro que presentan espaciamientos estrechos entre placas (gaps estrechos). Ello provoca la necesidad de realizar complejos y costosos procesos de ensayo, para asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo con los niveles de potencia requeridos en los transmisores de los satélites (ensayos de corona y multipactor, [12]). También, la presencia de esquinas y aristas provocan densidades de corriente grande incluidas en las proximidades de estos elementos, lo que resulta en mayores pérdidas de inserción en el dispositivo [13].

40 El inconveniente principal de los filtros paso-bajo actuales es que los niveles de potencia quedan limitados en las secciones donde las paredes de la guía-onda presentan espaciamientos estrechos (gaps estrechos), debido a la aparición de fenómenos de ruptura (multipactor, corona, [1, 2]), éstos están favorecidos por el uso de ventanas o corrugaciones rectangulares, que presentan esquinas y aristas [3, 4].

45 La invención propuesta, pretende resolver estos inconvenientes utilizando por primera vez postes circulares capacitivos para implementar los inversores de impedancia requeridos en la estructura del filtro paso-bajo. El uso de postes circulares evita las esquinas y aristas, lo que puede conducir a menores pérdidas de inserción que con los diseños tradicionales. También, las zonas de pequeños gaps no quedan entre placas paralelas como en las estructuras tradicionales. Con la nueva invención, la curvatura de los postes circulares va a contribuir alejar los electrones de las zonas de gaps estrechos, lo que podría incrementar los niveles de potencia máxima admisibles en el dispositivo. Por ello, la invención propuesta es más conveniente para aplicaciones de alta potencia en sistemas espaciales, con respecto a las estructuras existentes.

55 El documento “*The design and analysis of waveguide e-plane filters with multiple round inductive posts using a moment-method approach*” Meyer, P. [AFRICON, 1996., IEEE AFRICON 4th, 24-27 Sep 1996, 532 - 535 vol. 1, ISBN: 0-7803-3019-6, Digital Object Identifier: 10.1109/AFRCON.1996.563170], En este documento se describe un procedimiento de diseño de filtros de guía de ondas utilizando postes conductores dispuestos en alineación con el eje y de la guía de ondas y que actúan como inversores de impedancia. El documento ofrece un análisis de los resultados del modelo y al menos un ejemplo de un filtro constituido por múltiples parejas de postes del mismo diámetro y una multiplicidad de espaciados entre los postes. El uso de estos postes en filtros inductivos en plano-E se viene utilizando desde hace algún tiempo para el diseño de filtros paso banda en guíaonda. Sin embargo, no existe ninguna propuesta previa para el uso de estos postes en filtros capacitivos en plano-H, lo que permite su uso por primera vez en el diseño de filtros paso-bajo en guíaonda.

65 No se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica a un dispositivo de este tipo en el que los postes se dispongan en el plano horizontal de la guía de ondas. Sin embargo, el documento titulado “*Scattering Matrix of Cylindrical Posts Centered on the Walls of rectangular Waveguides*” [Filho, O.M.C.P.; da Silva, L.C.; Jul 1994; Volume: 42 Issue: 7, On page(s): 1198 - 1206; ISSN: 0018-9480; Digital Object Identifier: 10.1109/22.299757], en el que se presenta un modelo para determinar la matriz de dispersión de un arreglo de postes circulares metálicos, dispuestos en las paredes horizontales y verticales de una guía de ondas rectangular, con un espacio vacío central en relación a los postes. El

documento realiza un análisis para el caso de postes en las dos paredes, ya sean verticales u horizontales, aunque toda la discusión se plantea para el caso de postes en la dirección vertical, y se da por supuesto que el análisis puede ser extrapolado a unos postes en la dirección horizontal.

Cabe indicar frente a este documento que, aunque se plantea una técnica de análisis de postes en los dos planos de la guía, la aportación no contiene ninguna proposición sobre el uso práctico de estos postes en la implementación de dispositivos para filtrado. Por tanto, este documento contiene la primera propuesta del uso de postes en el plano horizontal (plano-H) para concebir filtros paso-bajo en guíaonda con aplicación directa en las cabeceras de radiofrecuencia de sistemas por satélite.

## Referencias

[1] J. Rodney M. Vaughan, "Multipactor", *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 35, No. 7, July 1988, pp. 1172-1180.

[2] Jen-Shih Chang, Phil A. Lawless and Toshiaki Yamamoto, "Corona Discharge Processes", *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 19, No. 6, December 1991, pp. 1152-1166.

[3] Manuel Jimenez Nogales, et al., "Analysis of the Electromagnetic Radiation Generated by a Multipactor Discharge Occurring Within a Microwave Passive Component", *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol. 43, September 2010, Ref. 395501. doi: 10.1088/0022-3727/43/39/395501.

[4] V. Semenov, E. Rakova, N. Zharova, D. Anderson, M. Lisak, J. Puech, "The Multipactor Effect in Hollow Waveguides with Rectangular and Wedge-Shaped Cross Section - a Comparison", *European Space Agency, MULCO-PIM 2008*, 24-26 September 2008, Multipactor Session 2, Valencia, Spain.

[5] Jyh-Wen Sheen, "A Compact Semi-Lumped Low-Pass Filter for Harmonics and Spurious Suppression", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol. 10, No. 3, March 2000, pp. 92-93.

[6] Saad, A. M. K, "Novel Lowpass Harmonic Filters for Satellite Application", International Microwave Symposium Digest, 1984 *IEEE MTT-S*, May 30, 1984-June 1, 1984, pp. 292 - 294, San Francisco, California, USA.

[7] Ralph Levy, Richard V. Snyder, George Matthaei, "Design of Microwave Filters", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 50, No. 3, March 2002, pp. 783-793.

[8] Ralph Levy, "Tapered corrugated waveguide low-pass filters", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 21, No. 8, August 1973, pp. 526-532.

[9] Ralph Levy, "Aperiodic Tapered Corrugated Waveguide Filter", United States Patent, Appl No.: 880.556. Aug. 3, 1971. Patent Number: 3.597.710.

[10] Abdelmegid K. Saad, "Evanescent Mode Triple Ridge Lowpass Harmonic Filter", United States Patent, Canadá, Appl. No.: 667.824. Nov. 2, 1984. Patent Number: 4.673.903. Date of Patent: Jun. 16, 1987.

[11] Richard J. Cameron, Chandra M. Kudsia, Raafat R. Mansour, "Microwave Filters for Communication Systems", *Wiley-Interscience*, 2007.

[12] Bernard Mauconduit, "Corona Protection of Spacecraft Equipment in Thermal Vacuum Test", *European Space Agency, MULCO-PIM 2008*, 24-26 September 2008, Corona Session 1, Valencia, Spain.

[13] J. Antonio Lorente, et al., "Single Part Microwave Filters Made From Direct Metal Laser Sintering", *European Microwave Conference, EuMC 2009*, Ref. 2148, pp. 1421-1424, 28 Sept.-1 October 2009, Rome Italy.

## Descripción de la invención

La invención propuesta, consiste en un filtro paso-bajo en tecnología de guía-onda rectangular, estando basado su diseño en el concepto clásico de conectar secciones de líneas de transmisión a través de inversores de impedancia. En concreto, la concepción del diseño propuesto se corresponde a la variante en la que todas las secciones de las líneas de transmisión mantienen una misma impedancia característica, que están conectadas a través de inversores de impedancia de valores distintos. La novedad propuesta es el uso de postes capacitivos circulares como inversores de impedancia, en lugar de las tradicionales ventanas rectangulares.

## Breve descripción de las figuras

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

Fig 1. muestra la estructura esquemática tridimensional, y la proyección en el plano (y,z), se muestran ejes de coordenadas en las direcciones espaciales como referencia, se ha puesto como ejemplo, un filtro que contiene siete postes circulares, pero la idea se extiende a un número arbitrario de postes circulares, para aumentar el orden de la red de filtrado.

Fig 2. muestra una alternativa propuesta usando dos postes circulares en cada inversor de impedancia, los dos postes se sitúan equiespaciados a lo largo de la altura de la guía-onda base, los dos postes circulares que pertenecen a un mismo inversor de impedancia tienen el mismo radio.

Fig 3. muestra el circuito equivalente de los filtros propuestos, basados en secciones de línea conectadas por inversores de impedancia.

Fig 4. muestra la respuesta de un filtro diseñado con la estructura propuesta de la Fig. 1, en el estándar de guía-onda WR-75.

**Realización preferente de la invención**

La estructura propuesta del filtro puede verse en la Fig. 1 en su proyección de perfil. La dimensión 1b de la figura corresponde a la altura de la guía-onda rectangular usada como base del dispositivo. Dentro de la guía-onda base se sitúan varios postes circulares 1 de radio diferente (r1, r2, r3, r4). Es importante señalar que los postes son invariantes a lo largo de la anchura 1a de la guía-onda, para obtener las discontinuidades capacitivas requeridas. El diferente tamaño de los postes es necesario para implementar los inversores de impedancia de valores requeridos, necesarios para obtener la función de transferencia deseada. El diseño se completa calculando la correcta separación (d1, d2, d3) entre los diferentes postes, para sintetizar las líneas de transmisión de longitud adecuada. Hay que resaltar que la altura de la guía-onda base no se ve modificada, lo que hace que todas las secciones de guía tienen la misma impedancia característica.

En una realización opcional, se pueden emplear dos postes circulares actuando como inversores de impedancia, tal y como muestra la Fig. 2. En este caso, se propone situar los dos postes circulares equi-espaciados en altura, modificando los radios de los postes por igual para obtener el valor de inversor de impedancia requerido (en la implementación propuesta, por tanto, los dos postes circulares pertenecientes a un mismo inversor de impedancia tendrán el mismo radio).

La invención propuesta consiste en un filtro paso-bajo en guía-onda rectangular que utiliza inversores de impedancia de tipo capacitativo. La novedad principal de la invención es que se utilizan postes circulares como inversores de impedancia, según se muestra en las Fig. 1 y 2. El circuito equivalente de la estructura se presenta en la Fig. 3, lo que indica su comportamiento como filtro paso-bajo, apreciándose que la estructura consta de varias líneas de transmisión conectadas a través de inversores de impedancia.

La concepción del filtro se basa en la variante de mantener fija la impedancia característica de todas las secciones (Zc), ajustando convenientemente los valores de los inversores de impedancia (K01, K12) para obtener la función de transferencia deseada. En la implementación física de las Fig. 1 y 2, la guía-onda base mantiene la altura constante a lo largo de toda la estructura, con lo que la impedancia de todas las secciones del filtro será la misma (Zc). Por otro lado, los radios de los postes circulares capacitivos cambian, con el fin de ajustar los valores requeridos de los diferentes inversores de impedancia de la estructura (K01, K12).

En la Fig. 4 se presenta como ejemplo, la respuesta de un filtro propuesto en la invención, utilizando el estándar de guía rectangular WR-75, cubriendo la banda Ku de explotación por satélites. La estructura consta de siete postes circulares como se indica en la Fig. 1 la separación entre postes y los radios de todos los postes se dan en la siguiente tabla.

1a (mm)	1b(mm)	r1 (mm)	r2 (mm)	r3 (mm)	r4 (mm)
19.05	9.53	1.5	2.12	2.47	2.6
d1 (mm)	d2 (mm)	d3 (mm)			
9.35	9.56	9.44			

## ES 2 355 341 A1

Las dimensiones se han obtenido para una respuesta que presenta rizado constante en las pérdidas de retorno con un valor máximo de -20 dB.

5 La Fig. 2 muestra un tipo de configuración con doble poste circular, en dicho ejemplo de realización no limitativo, los dos postes circulares que forman cada inversor de impedancia están equi-espaciados a lo largo de toda la altura de la guía-onda, que actúa como base.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Filtro paso-bajo en guía-onda rectangular usando postes circulares que se **caracteriza** porque comprende una pluralidad de postes circulares (1) siendo dichos postes circulares (1) invariantes a lo largo de la anchura (1a) de la guía-onda, con la altura (1b) de la guía-onda base constante, de tal forma que se mantiene la impedancia ( $Z_c$ ) característica de todas las secciones del filtro constantes.

10 2. Filtro paso-bajo de acuerdo con la reivindicación 1 que se **caracteriza** porque los postes circulares (1) son de radio variable ( $r_1, r_2, r_3, r_4$ ), y donde en función de dichos radios se ajustan los inversores de impedancia ( $K_{01}, K_{12}$ ) del filtro.

15 3. Filtro paso-bajo de acuerdo con la reivindicación 1 que se **caracteriza** porque comprende dos postes circulares (1) equiespaciados en altura, de tal forma que para un valor de inversor de impedancia requerido, los radios de ambos postes son iguales y se modifican por igual.

20

25

30

35

40

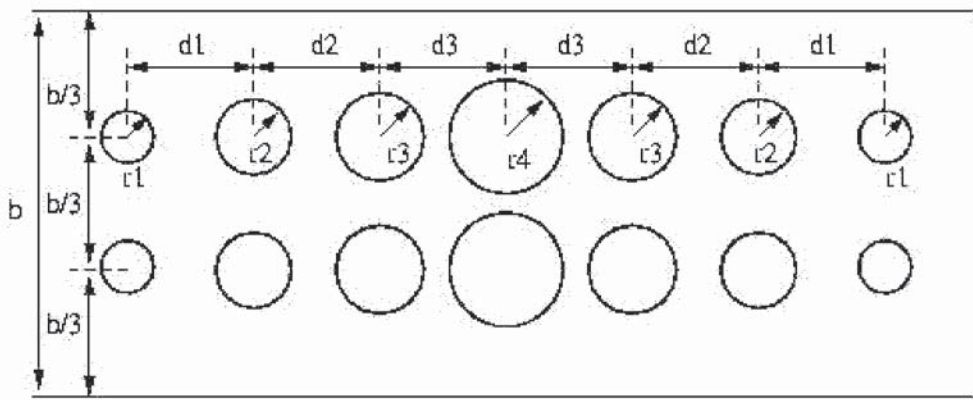
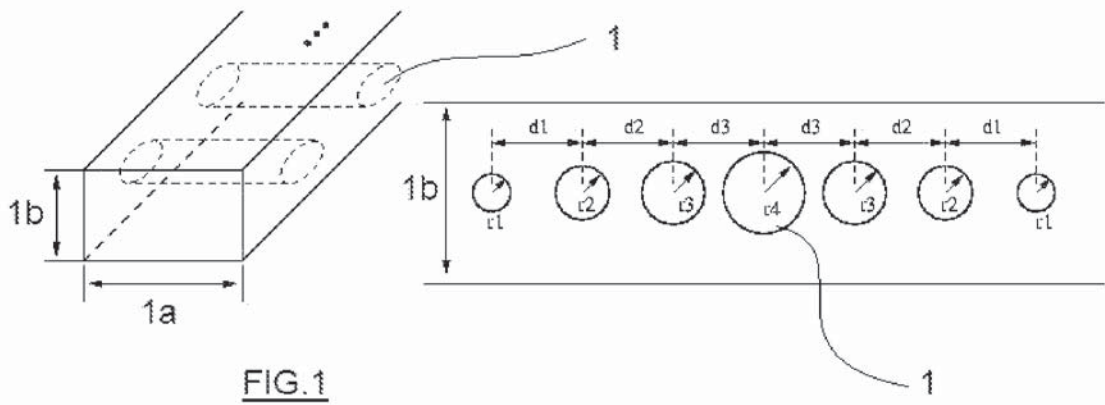
45

50

55

60

65



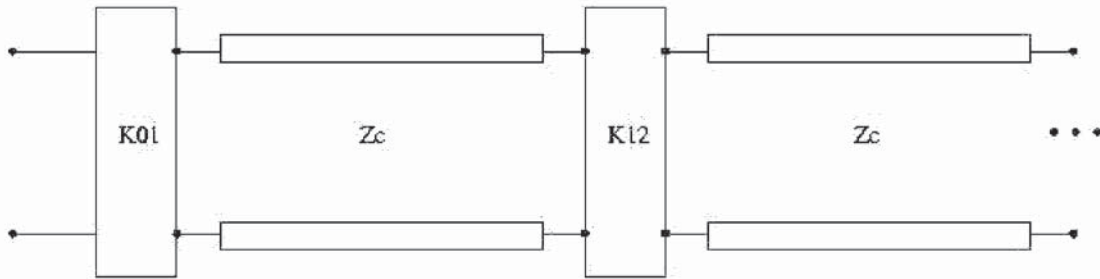


FIG.3

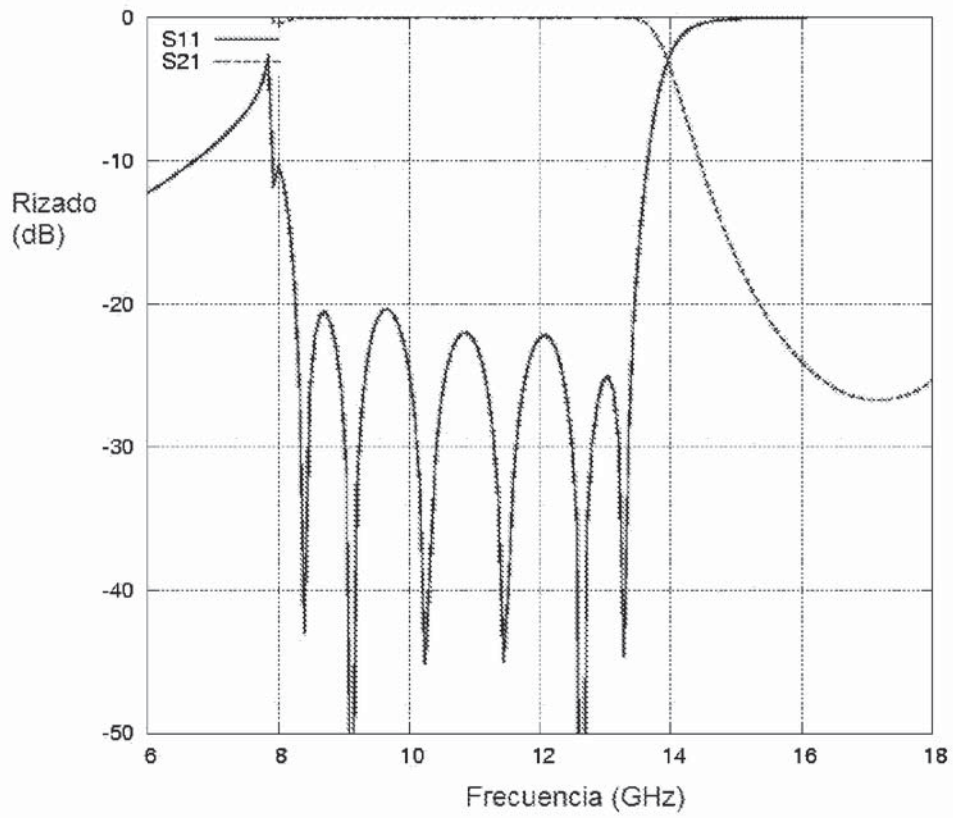


FIG.4





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201130200

②② Fecha de presentación de la solicitud: 15.02.2011

②③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.: **H01P3/123** (01.01.2006)  
**H01P1/208** (01.01.2006)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	FILHO, O.M.C.P.; DA SILVA, L.C. "Scattering matrix of cylindrical posts centered on the walls of rectangular waveguides" Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on Volume: 42, Issue: 7, Part: 1-2 Publication Year: 1994, Página(s): 1198-1206; [en línea] [recuperado el 08.03.2011]. Recuperado de Internet: <URL: <a href="http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;arnumber=299757">http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&amp;arnumber=299757</a> >	1-3
A	MEYER P. "The design and analysis of waveguide E-plane filters with multiple round inductive posts using a moment-method approach". AFRICON, 1996., IEEE AFRICON 4th Stellenbosch, South Africa 24-27 Sept. 1996, 19960924; 19960924-19960927 New York, NY, USA, IEEE, US. Vol. 1 , Páginas: 532-535 XP010207985 ISBN 978-0-7803-3019-1; ISBN 0-7803-3019-6.	1-3
A	KIM et al. "Compact Partial H-Plane Filters". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, 20061101 IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US. Vol. 54 , No. 11 , Páginas: 3923-3930 XP011149876 ISSN 0018-9480.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 07.03.2011	Examinador J. Botella Maldonado	Página 1/4
--	------------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01P

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.03.2011

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-3	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-3	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	FILHO, O.M.C.P.; DA SILVA, L.C. "Scattering matrix of cylindrical posts centered on the walls of rectangular waveguides" Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on Volume: 42, Issue: 7, Part: 1-2 Publication Year: 1994, Página(s): 1198-1206; [en línea] [recuperado el 08.03.2011]. Recuperado de Internet: <URL:http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=299757>	
D02	MEYER P. "The design and analysis of waveguide E-plane filters with multiple round inductive posts using a moment-method approach". AFRICON, 1996., IEEE AFRICON 4th Stellenbosch, South Africa 24-27 Sept. 1996, 19960924; 19960924-19960927 New York, NY, USA, IEEE, US. Vol. 1 , Páginas: 532-535 XP010207985 ISBN 978-0-7803-3019-1; ISBN 0-7803-3019-6.	
D03	KIM et al. "Compact Partial H-Plane Filters". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, 20061101 IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US. Vol. 54 , No. 11 , Páginas: 3923-3930 XP011149876 ISSN 0018-9480.	

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El documento D01 presenta un modelo basado en el método de los momentos para determinar la matriz de dispersión de postes verticales y horizontales centrados en las paredes de una guía de onda rectangular.

El documento D02 describe un diseño de filtros paso bajo de guía de onda utilizando postes inductivos en el plano E como inversores de impedancia.

Con el conocimiento de estos documentos, la invención no se puede considerar obvia para un experto en la materia pues aunque en el D01 se hace el estudio de postes en el plano H en guías de onda, no se establece su empleo en filtros paso bajo como alternativa al uso conocido (documento D01) de postes en el plano E. Tampoco se encuentran en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia la invención tal como se define en las reivindicaciones de la 1ª a la 3ª. Por tanto el objeto definido en estas reivindicaciones tiene novedad y actividad inventiva.