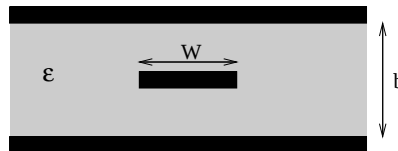


ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN DE MICROONDAS

1. Considere una estructura *stripline* como línea de transmisión (ver figura) donde la anchura de la tira se denota W y la altura entre las placas paralelas b :



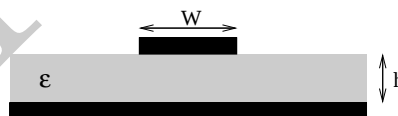
Ordene con relaciones de “menor” ($<$), y “aproximadamente igual” ($\approx$), los valores de la impedancia característica de la línea para los casos siguientes. Razone la respuesta.

	A	B	C	D	E
Anchura	W	$2W$	$2W$	W	$3W$
Altura	b	$2b$	b	$2b$	$2b$

Ejemplo: $Z_0^A < Z_0^C \approx Z_0^D < Z_0^B < Z_0^E$

Si $Z_0^A = 50\Omega$ con dieléctrico de $\epsilon_r = 4.5$, ¿cual será la impedancia característica de la misma línea con dieléctrico de $\epsilon_r = 9$?

2. Considere una estructura *microstrip* como línea de transmisión (ver figura) donde la anchura de la tira se denota W y la altura del substrato h :



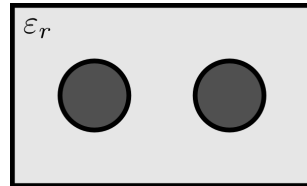
Ordene con relaciones de “menor” ($<$), y “aproximadamente igual” ($\approx$), los valores de la velocidad de fase en la línea para los casos siguientes. Razone la respuesta.

	A	B	C	D	E
Anchura	W	$2W$	$2W$	W	$3W$
Altura	h	$2h$	h	$2h$	$2h$

Ejemplo: $v_f^A < v_f^C \approx v_f^D < v_f^B < v_f^E$

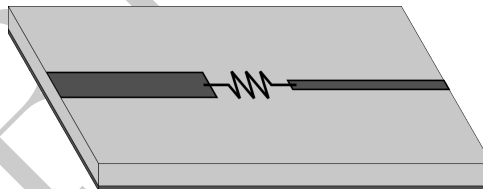
Si en los casos anteriores se utiliza un sustrato de ϵ_r mayor, ¿aumenta o disminuye la velocidad de fase? Justifique la respuesta.

3. El siguiente diagrama representa la sección transversal de una guía de ondas, donde los trazos negros representan conductor perfecto.



- ¿Qué tipos de modos pueden propagarse?
 - ¿Cuántos modos TEM están soportados, si hay alguno?
 - Para cada uno de ellos, indicar su velocidad de fase.
 - Si la permitividad del dieléctrico se duplica ($\epsilon' = 2\epsilon$), indicar las nuevas velocidades de fase en función de las originales.
-

4. La siguiente estructura es un circuito de microondas construido en tecnología microstrip.



Dibuje razonadamente un circuito equivalente basado en líneas de transmisión. Indique cualitativamente la relación entre las impedancias características de cada una de las líneas.

5. El siguiente diagrama representa la sección transversal de una guía de ondas, donde los trazos negros representan conductor perfecto.

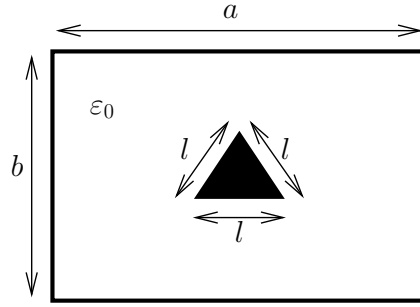


Figura 1

Considere igualmente las secciones transversales de las Figuras 2 y 3, que corresponden a versiones, escalada (factor de escala F) y rellena de dieléctrico, respectivamente, de la mostrada en la Figura 1.

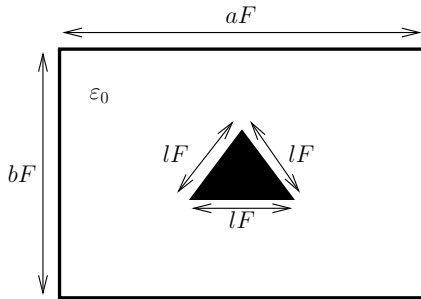


Figura 2

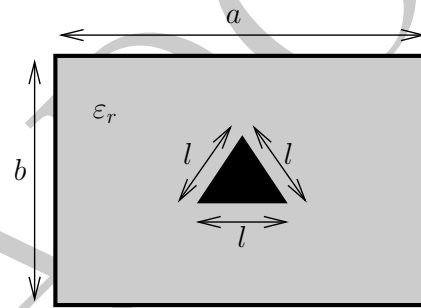


Figura 3

- ¿Qué tipos de modos pueden propagarse?
- Para el primer modo, razone la relación entre las velocidades de fase de dicho modo correspondiente a la estructura de guiado de sección transversal de la Figura 2 y la mostrada en la Figura 1. Idem con las impedancias características.
- Idem de apartado anterior, comparando las estructuras correspondientes a la Figura 3 y Figura 1.

6. El siguiente diagrama representa la sección transversal de la denominada “bat-guía de ondas”. Los trazos negros representan conductor perfecto, y el resto es vacío.

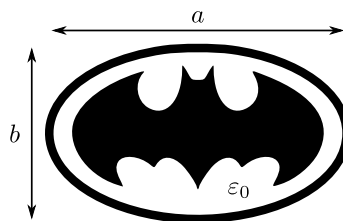


Figura 1: “Bat-guía”.

Considere igualmente las secciones transversales de las Figuras 2 y 3, que corresponden a versiones de la estructura de la Figura 1, escalada y rellena de dieléctrico respectivamente.

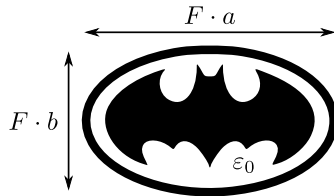


Figura 2: “Bat-guía” escalada.

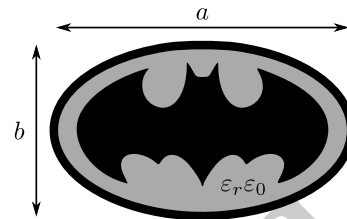
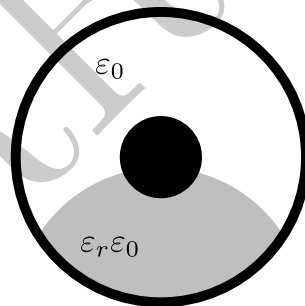


Figura 3: “Bat-guía” rellena de dieléctrico.

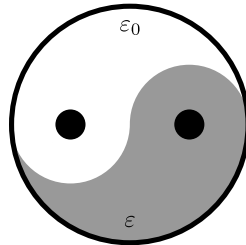
- ¿Qué tipos de modos pueden propagarse? Justifique su respuesta.
- Para el modo fundamental de las estructuras de la Figura 1 y de la Figura 2, indique razonadamente la relación entre sus velocidades de fase, y también entre sus impedancias características.
- Haga lo mismo que en el apartado anterior, pero comparando esta vez las estructuras de la Figura 1 y la Figura 3.

7. El siguiente diagrama representa la sección transversal de una guía de ondas, donde los trazos negros representan conductor perfecto y las zonas grises, dieléctrico. Como puede apreciarse, se trata de una guía coaxial vacía en su mayor parte, con un soporte dieléctrico para el conductor central. Responda razonadamente a las preguntas siguientes:



- ¿Qué tipos de modos pueden propagarse?
- Indique dos características del modo fundamental.
- Para el modo fundamental, estime dos cotas, una superior y otra inferior, de la velocidad de fase.
- A la vista del resultado anterior, ¿qué sucede si $\epsilon_r = 1.01$?

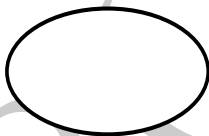
-
8. El diagrama que se muestra a continuación representa la sección transversal de una guía de ondas. El color negro representa conductor perfecto, el gris dieléctrico de permitividad ϵ y el blanco vacío.



Responda razonadamente a las siguientes cuestiones:

- Especifique de qué tipo es cada uno de los tres primeros modos que pueden propagarse en la guía, ordenados empezando por el de menor frecuencia de corte.
- Para los dos primeros modos de la respuesta anterior, estime posibles valores de las velocidades de fase. ¿Es la misma para ambos modos? ¿Qué sucede con las velocidades de fase si se modifica la frecuencia de funcionamiento?
- Indique una aplicación práctica de un tramo de línea de este tipo. ¿Qué longitud es la más adecuada? En vista de la respuesta del apartado anterior, ¿qué inconveniente se puede presentar?
- ¿Sería útil el análisis de la estructura del problema basado en modos par e impar? ¿Por qué?

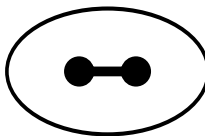
-
9. Los diagramas que se muestran más abajo representan las secciones de cinco guías de onda diferentes. Las partes negras son de conductor perfecto y las grises de dieléctrico de permitividad $\epsilon > \epsilon_0$ sin pérdidas, mientras que las zonas blancas están vacías.



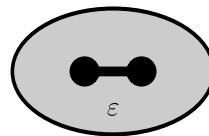
(a)



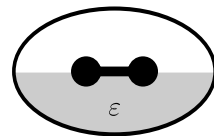
(b)



(c)



(d)

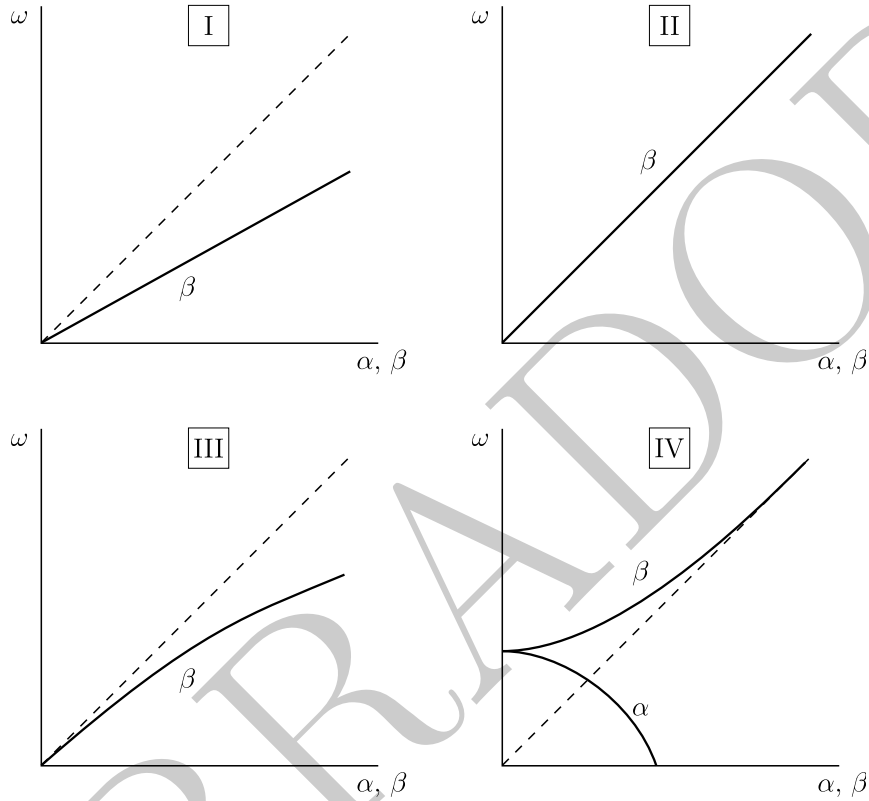


(e)

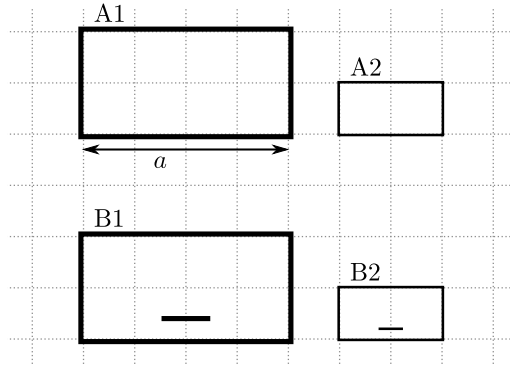
Responda razonadamente a las siguientes cuestiones:

- Para cada caso, indique razonadamente de qué tipo es el modo o modos que se propagan a menor frecuencia. Indique también su número.

- b) A continuación se muestran cuatro diagramas de dispersión, es decir, la representación gráfica de la relación entre pulsación ω y constantes de fase β y atenuación α . La pendiente de la línea discontinua es la velocidad de la luz en el vacío. Relacione cada uno de los modos de la pregunta anterior con su diagrama de dispersión, justificando en cada caso la respuesta.



10. Los siguientes diagramas representan la sección transversal de estructuras de guiado/transmisión de ondas, donde los trazos negros son conductor perfecto y el resto vacío (la cuadrícula es sólo una ayuda visual). Como puede apreciarse, A2 y B2 son versiones escaladas de A1 y B1, respectivamente.



Responda razonadamente a las preguntas siguientes, refiriéndose siempre al modo fundamental de la estructura de guiado.

- Determine, cuando tenga sentido, la relación entre las constantes de fase β y las impedancias características Z_0 de las estructuras A1 y A2. Haga lo mismo con las estructuras B1 y B2.
- Para una frecuencia de trabajo $f = \frac{3c_0}{2a}$ (siendo c_0 la velocidad de la luz en el vacío), calcule y compare las longitudes de onda de los modos fundamentales de las cuatro estructuras.
- ¿Qué estructura utilizaría a la frecuencia f ? ¿Y a $f' = \frac{1}{3}f$? Justifique numéricamente las respuestas. Tenga en cuenta que, debido a su similitud geométrica, cada modo de A1 tendrá su análogo en B1 (aunque no al revés). Lo mismo sucederá para A2 y B2.

Nota: la constante de la solución del problema transversal para los modos TE_{mn} y TM_{mn} de una guía rectangular de sección $a \times b$ es:

$$k_{c,mn}^2 = -\gamma_{c,mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$$