
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ANTENAS

13 de Enero de 2009

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO A

SOLUCIÓN: DBACD BCBAC BCACD

1. Una antena radia campo máximo circularmente polarizado en la dirección del eje z .
 - a) El plano E es el XZ
 - b) El plano E es el YZ
 - c) El plano E es el XZ o el YZ dependiendo de si la polarización es a izquierdas o a derechas
 - d) Ninguna de las anteriores
2. ¿Cuál es la relación entre las amplitudes de los campos producidos por un dipolo corto y un dipolo elemental $|\vec{E}_{corto}|/|\vec{E}_{elemental}|$ a igualdad de potencia a la entrada?
 - a) 1/2
 - b) 1
 - c) 2
 - d) 4
3. Una agrupación plana situada en el plano XY está formada por dipolos elementales orientados según \hat{y} . Los espaciados son $d_x = \lambda/2$ y $d_y = \lambda/4$. El número de antenas es $N = 7$ en el eje x y $M = 5$ en el eje y . Los desfases progresivos son $\alpha = \beta = 0$. El polinomio de la agrupación es $p(z) = (1 + z + z^2 + z^3)^2 \cdot (1 + w)^4$. Indique la respuesta correcta:
 - a) El ancho de haz es mayor en el corte plano E que en el corte plano H
 - b) El ancho de haz es mayor en el corte plano H que en el corte plano E
 - c) El ancho de haz es similar en ambos cortes del diagrama
 - d) El diagrama en el plano YZ es más directivo que en el plano XZ
4. El NLPS de una agrupación triangular de 5 antenas con espaciado $\lambda/2$ y desfase $\pi/3$ es
 - a) 13 dB
 - b) 9,5 dB
 - c) 19 dB
 - d) 26 dB
5. La onda $\vec{E}(x = 0, t) = 3 \cos(\omega t - \pi/2) \hat{y} - 2 \cos(\omega t - \pi) \hat{z}$ que se propaga en la dirección \hat{x} tiene una polarización
 - a) Elíptica a derechas con relación axial 2/3
 - b) Elíptica a derechas con relación axial 3/2
 - c) Lineal
 - d) Elíptica a izquierdas con relación axial 3/2
6. Si en un reflector parabólico la eficiencia total es la máxima posible y sustituimos la antena que hay en el foco por otra más directiva
 - a) La eficiencia de iluminación aumenta
 - b) La eficiencia de desbordamiento aumenta
 - c) La directividad aumenta
 - d) El NLPS disminuye
7. Un dipolo elemental está en el origen de coordenadas orientado según $-\hat{y} + \hat{z}$. ¿En qué posición recibirá más potencia una espira paralela al plano YZ ?
 - a) $(0, 10\sqrt{2}\lambda, 0)$
 - b) $(0, 10\lambda, -10\lambda)$
 - c) $(0, 10\lambda, 10\lambda)$
 - d) Hay más de una respuesta posible

-
-
8. En una bocina sectorial plano H con $a = 3\lambda$ y longitud $L_H = 3\lambda$,
- la directividad aumenta si L_H disminuye
 - la directividad aumenta si L_H aumenta
 - la directividad aumenta si a aumenta
 - la directividad es la máxima posible
9. Una agrupación broadside cuyo polinomio es $z^2 + 1$, con $d = \lambda/2$, tiene una NLPS
- 0 dB
 - 2 dB
 - 6 dB
 - No tiene lóbulos secundarios
10. La impedancia mútua entre dos dipolos elementales de longitud l y separados una distancia d es Z . Si sustituimos uno de los dipolos elementales por otro corto de igual longitud y situado a la misma distancia, la nueva impedancia mútua será
- Z
 - $2Z$
 - $Z/2$
 - $Z/4$
11. Un dipolo de semibrazo $H = 5\lambda/8$ y radio a , tiene una X_{in}
- positiva
 - negativa
 - nula
 - depende del radio a del dipolo
12. Una bocina cónica óptima tiene una longitud L y un radio de la apertura a . ¿En qué caso aumentará la directividad?
- Al aumentar a
 - Al disminuir a
 - Al aumentar L
 - Al disminuir L
13. Una apertura cuadrada de lado $a = 2\lambda$ tiene un campo en la apertura de la forma $\vec{E} = 10 \cos(\pi y/a)\hat{x}$. El ancho de haz a -3 dB del diagrama en el plano XZ es aproximadamente:
- 25°
 - 34°
 - 50°
 - 68°
14. Una ranura está situada en el origen de coordenadas y orientada según el eje \hat{x} . El campo radiado por la ranura en la dirección del eje \hat{y} tendrá polarización
- Lineal según \hat{x}
 - Lineal según \hat{y}
 - Lineal según \hat{z}
 - Circular
15. Una apertura cuadrada presenta distribución de campo triangular en los dos ejes. Si la distribución de campo pasa a ser cosenoidal en un eje y uniforme en el otro, manteniendo la potencia total radiada,
- La directividad disminuye
 - El campo máximo radiado disminuye
 - El ancho de haz aumenta en ambos planos
 - El NLPS disminuye en ambos planos

SOLUCIÓN

Cuestión 1 Los planos E y H sólo se pueden definir cuando la polarización del campo radiado en la dirección de máxima radiación es lineal. Por tanto en este caso al ser la polarización del campo máximo circular, los planos E y H no están definidos.

Cuestión 2 La directividad es:

$$D = \frac{|\vec{E}|_{max}^2 4\pi r^2}{\eta W_r}$$

Por lo tanto el campo radiado máximo es proporcional a la directividad y a la potencia radiada. Si el dipolo elemental y el corto radian la misma potencia, y sabiendo que ambos tienen la misma directividad, el campo radiado máximo también debe ser el mismo.

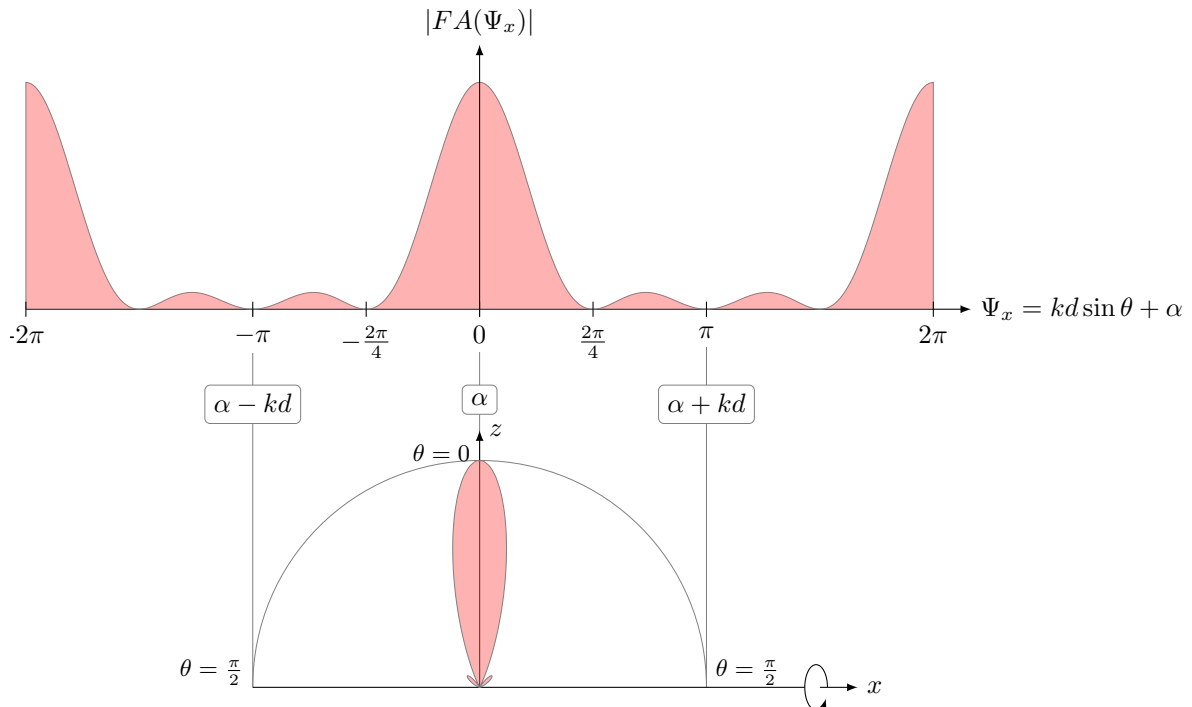
Cuestión 3 Puesto que los desfases progresivos son nulos, el máximo de radiación del diagrama de la agrupación estará en la dirección perpendicular a la misma (eje z). Por otro lado los dipolos están orientados según \hat{y} , por lo que en la dirección perpendicular a los dipolos (eje z) el diagrama de radiación del dipolo es también máximo. Como consecuencia podemos afirmar que el máximo de radiación del diagrama total es el eje z donde tanto el diagrama de la agrupación como el del dipolo son máximos.

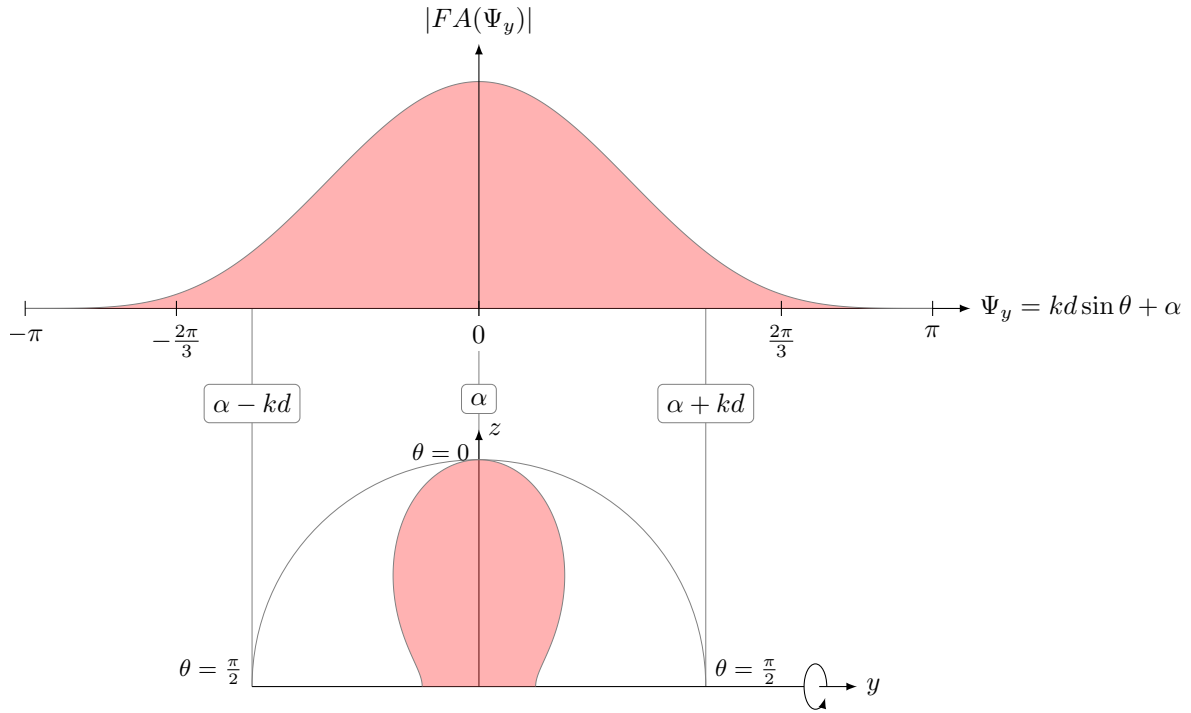
Por otro lado el campo radiado por el dipolo en la dirección del eje z tendrá polarización lineal según \hat{y} . Por lo tanto el plano E será el plano YZ y el plano H será el plano XZ .

Puesto que la agrupación es separable, el diagrama de radiación de la agrupación en el plano E (YZ) es simplemente el de la agrupación según x , y en el plano H (XZ) el de la agrupación según y .

La agrupación según x es una agrupación triangular de 7 antenas espaciadas $\lambda/2$, mientras que la agrupación según y es una agrupación binómica de 5 antenas espaciadas $\lambda/4$.

En las siguientes figuras se puede ver el diagrama de radiación en cada uno de los planos.





Se puede observar que el ancho de haz es mayor en el plano YZ (plano E), y que además es menos directivo que en el otro plano (XZ).

Cuestión 4 Al ser el espaciado de $\lambda/2$ la longitud del margen visible es de 2π y por tanto el NLPS es la relación entre el lóbulo mayor y el menor de la sinc periódica al cuadrado con $N' = (5 + 1)/2 = 3$:

$$\text{NLPS} = \left(N' \left| \sin \left(\frac{3\pi}{2N'} \right) \right| \right)^2 = \left(3 \left| \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) \right| \right)^2 = 3 = 9,5 \text{ dB}$$

Cuestión 5 El fasor de la onda será:

$$\vec{E}(x = 0) = 3e^{-j\frac{\pi}{2}}\hat{y} - 2e^{-j\pi}\hat{z} = -j3\hat{y} + 2\hat{z}$$

Si separamos la amplitud del fasor en parte real e imaginaria:

$$\begin{aligned} \vec{E}_r &= 2\hat{z} \\ \vec{E}_i &= -j3\hat{y} \end{aligned}$$

Y como se cumple que $\vec{E}_r \cdot \vec{E}_i = 0$ y $|\vec{E}_r| \neq |\vec{E}_i|$, la polarización es elíptica.

Como $\vec{E}_r \cdot \vec{E}_i = 0$, los ejes de la elipse de polarización son \vec{E}_r y \vec{E}_i , por lo que la relación axial es:

$$\text{RA} = \frac{|\vec{E}_r|}{|\vec{E}_i|} = \frac{3}{2}$$

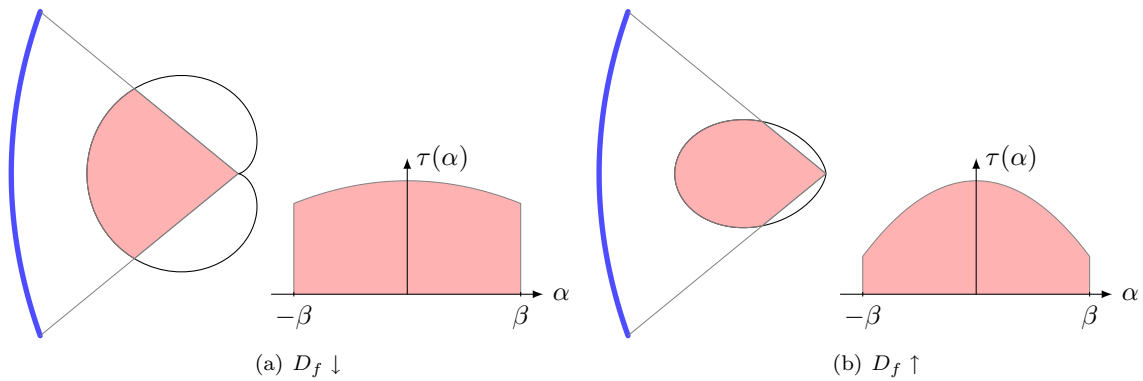
En cuanto al sentido de giro, se cumple que:

$$(\vec{E}_i \times \vec{E}_r) \cdot \hat{x} < 0$$

por tanto es una polarización levógira o a izquierdas.

Cuestión 6 Cuando en un reflector mantenemos la relación f/D constante y aumentamos la directividad de la antena en el foco (D_f aumenta), sucede que el campo en la apertura del reflector se hace menos constante (aumenta el decaimiento en bordes), y por tanto:

- NLPS \uparrow
- η_{il} \downarrow
- η_s \uparrow



Por otro lado como la eficiencia total era la óptima, al cambiar D_f dejará de serlo y la directividad total contando el reflector disminuirá.

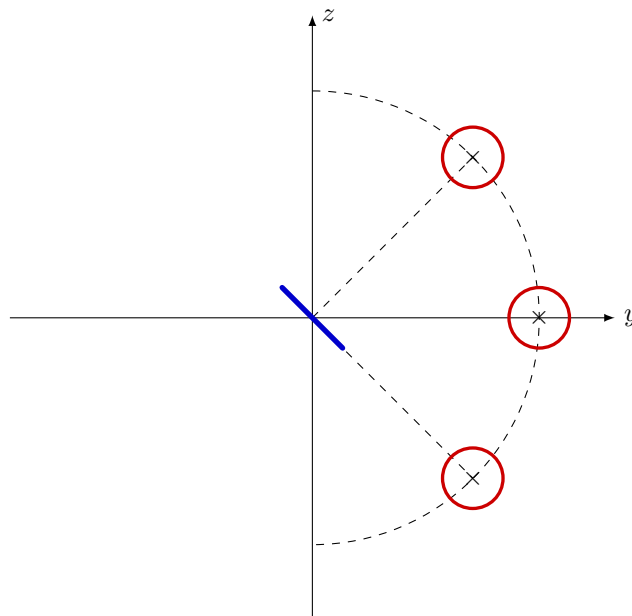
Cuestión 7 En la figura se muestra la posición del dipolo y de la espira en cada una de las tres opciones que se dan en la cuestión.

La potencia recibida por la espira es:

$$W_R = W_T D_T D_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 C_a C_p$$

En las tres posibles posiciones de la espira es todo constante a excepción de la directividad de la antena transmisora (dipolo), ya que en todas las posiciones de la espira el coeficiente de desacople de polarización es 1, y la directividad de la espira máxima. También la distancia R entre transmisor y receptor es la misma en las tres posiciones de la espira.

En cambio si la espira se coloca en $(0, 10\lambda, -10\lambda)$, la directividad del dipolo es nula y por tanto no hay potencia recibida. Si la espira se coloca en $(0, 10\sqrt{2}\lambda, 0)$, la directividad del dipolo es $1,5 \sin^2(45^\circ) = 1,5/2$. Y finalmente si la espira se coloca en $(0, 10\lambda, 10\lambda)$ la directividad de la antena transmisora es máxima y por tanto esta es la opción correcta.



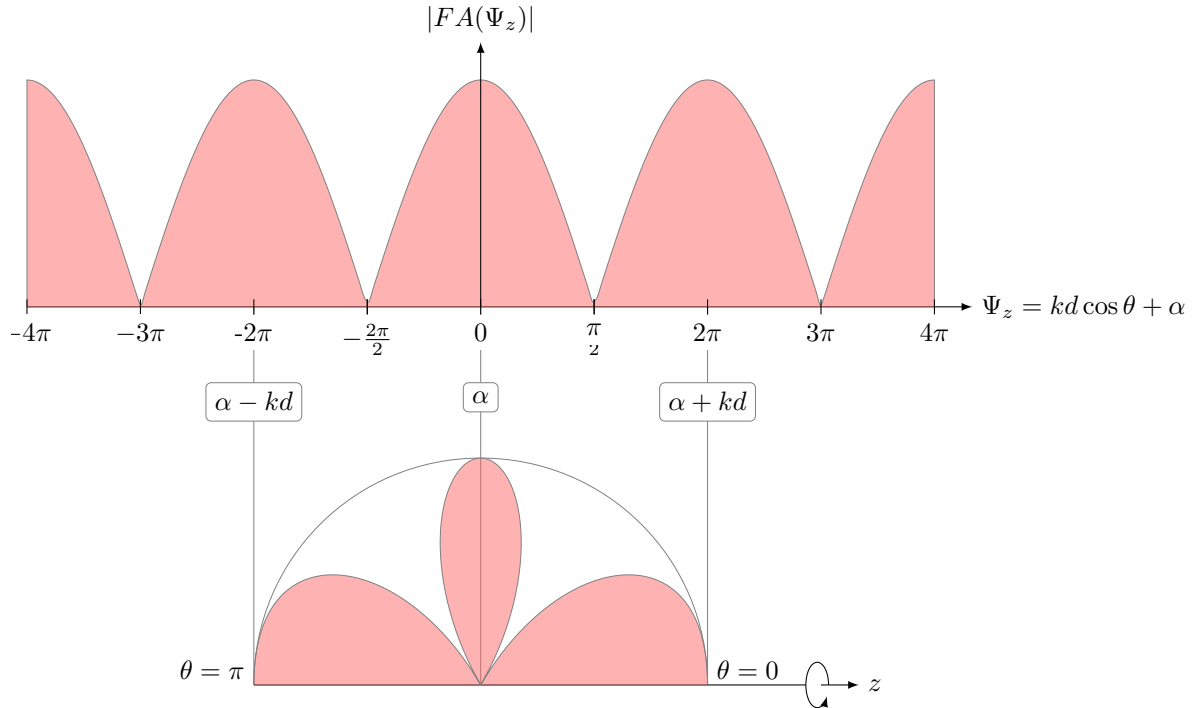
Cuestión 8 El valor óptimo de a en este caso es

$$a_{opt} = \sqrt{3\lambda L_H} = \sqrt{3\lambda 3\lambda} = 3\lambda = a$$

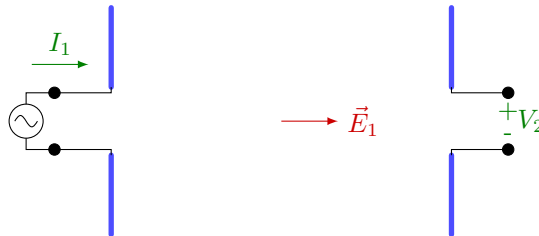
Por tanto la bocina es óptima. Lo que quiere decir que si a aumenta o disminuye (con L_H constante) la directividad empeora. Por otro lado siempre que L_H aumenta el error de fase disminuye y la directividad aumenta, independientemente del valor de a .

Cuestión 9 Una agrupación con polinomio $z^2 + 1$ y espaciado $d = \lambda/2$ es lo mismo que una agrupación con polinomio $z + 1$ y espaciado $d = \lambda$. Por tanto se trata de una agrupación uniforme de dos antenas espaciadas una longitud de onda, lo que quiere decir que la longitud del margen visible es de 4π y que por tanto hay seguro lóbulos de difracción (independientemente del valor de α), por lo que el NLPS es 0 dB.

En la gráfica se muestra el diagrama de una agrupación uniforme de dos antenas espaciadas λ suponiendo que α sea 0, aunque independientemente de α el NLPS será siempre de 0 dB.



Cuestión 10 La impedancia mútua entre los dos dipolos se consigue alimentando uno de ellos y dejando el otro en circuito abierto, tal y como se muestra en la figura siguiente.



$$Z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = Z$$

Si uno de los dos dipolos (por ejemplo el transmisor) lo sustituimos por un dipolo corto, el campo \vec{E}_1 que radie (con igual corriente de entrada I_1) será la mitad que en el dipolo elemental original. Por tanto la tensión inducida en el dipolo receptor ($V_2 = -\vec{E}_1 \cdot \vec{l}_2$) será la mitad (la longitud efectiva \vec{l}_2 no cambia porque el dipolo receptor no cambia).

De modo que la nueva impedancia mútua será:

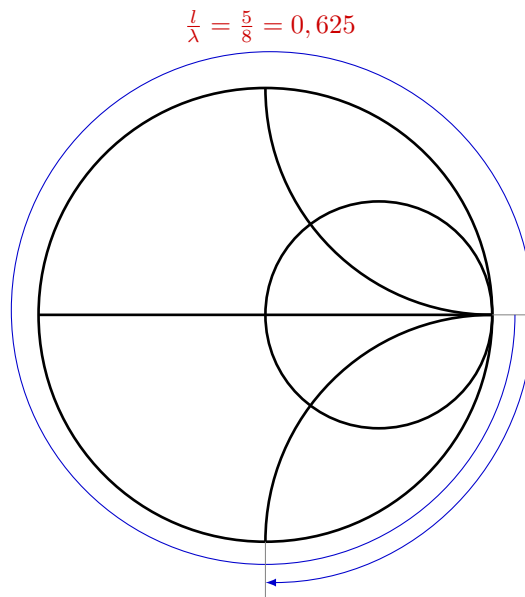
$$Z'_{21} = \left. \frac{V'_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \left. \frac{V_2/2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{Z}{2}$$

Cuestión 11 En un dipolo la reactancia de entrada es muy parecida a la de una línea de transmisión de longitud H terminada en circuito abierto:

$$X_a \simeq X_{LT} = -jZ_0 \cotg(kH) = -jZ_0 \cotg\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{5\lambda}{8}\right) = -jZ_0 \cotg\left(\frac{10\pi}{8}\right) = -jZ_0$$

Por tanto la reactancia es negativa y el dipolo es capacitivo.

En lugar de utilizar la fórmula de la reactancia de la línea de transmisión se puede utilizar la Carta de Smith, tal y como se muestra en la figura, en la que se parte del circuito abierto y se desplaza $\frac{5}{8} \lambda$ hacia generador por un círculo de módulo de ρ constante hasta llegar a la reactancia de entrada, que es negativa.



Cuestión 12 Como se trata de una bocina óptima el radio ya es el que maximiza la directividad, por tanto aumentarlo o disminuirlo sin cambiar la longitud de la bocina empeora la directividad. En cambio aumentar la longitud de la bocina hace que el error de fase disminuya y que por tanto la directividad aumente.

Cuestión 13 Se trata de una apertura separable con distribución uniforme en el eje x y coseno en el eje y . Por tanto el diagrama en el plano XZ es la transformada de Fourier de una distribución uniforme. De manera que el ancho de haz a -3 dB de ese diagrama será aproximadamente (ver las tablas de las distribuciones de corrientes) de:

$$\Delta\theta_{-3 \text{ dB}} \simeq \frac{50,6^\circ}{l/\lambda} = \frac{50,6^\circ}{2} = 25,3^\circ$$

Cuestión 14 Una ranura en el eje x produce campo *magnético* en la dirección perpendicular según \hat{x} (paralelo a la ranura). Por tanto en la dirección del eje \hat{y} el campo magnético está polarizado según \hat{x} y el campo eléctrico según \hat{z} .

Cuestión 15 Si en la apertura cuadrada (supongamos que es de lado l) la distribución de campo es triangular en los dos ejes, la directividad será:

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} l^2 \frac{3}{4} \frac{3}{4} = \frac{4\pi}{\lambda^2} l^2 0,56$$

En cambio si la distribución pasa a ser coseno en un eje y uniforme en el otro, la nueva directividad será:

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} l^2 \frac{8}{\pi^2} = \frac{4\pi}{\lambda^2} l^2 0,81$$

Por tanto la directividad ha aumentado.

Puesto que la potencia radiada se ha mantenido constante, y la directividad ha aumentado, el campo radiado máximo ha aumentado también ya que el campo radiado máximo es proporcional a la potencia radiada y a la directividad.

Antes el ancho de haz en los dos planos (ver tabla de distribuciones de corriente) era de $\frac{73,4^\circ}{l/\lambda}$, y ahora en un plano será de $\frac{50,6^\circ}{l/\lambda}$ y en el otro de $\frac{68,8^\circ}{l/\lambda}$. Por tanto el ancho de haz disminuye en los dos planos.

En cuanto al NLPS, antes era de 26,4 dB en los dos planos, y ahora es de 13,2 dB en un plano y de 23,2 dB en el otro. Por tanto en ambos planos ha disminuido el ancho de haz.