



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

DEPARTAMENTO DE FÍSICA
82.06 ELECTROMAGNETISMO

2^{do} CUATRIMESTRE 2017

**Trabajo práctico Nº 2
Radiación**

Autores:

Felipe Jesús Reynaldo CALLE COMPARA (97083)
jesusphilipraiz@gmail.com

Emmanuel CHANG (96227)
changeemma@gmail.com

Cristina KUO (97777)
cristinaa.kuo@gmail.com

26 de Octubre de 2017

Índice

1. Objetivos	2
2. Desarrollo	2
2.1. Esquemas de simulación	2
2.2. Diagramas de radiación	3
2.3. Corriente en conductores	8
2.4. Resistencia de radiación	10
2.5. Adaptador de impedancias	10
2.5.1. Adaptación mediante cuarto de onda	11
2.5.2. Adaptación mediante Stub	12
3. Conclusiones	15

1. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es modelizar y analizar un problema en el entorno de altas frecuencias. Para ello se utilizará un software numérico específico y las herramientas presentadas en el curso. Además se hará uso de la Carta de Smith para diseñar un adaptador de impedancias.

2. Desarrollo

El método de momentos es un procedimiento general de resolución de ecuaciones operacionales lineales. Las funciones solución se presentan como un desarrollo en serie de funciones base f_1, f_2, \dots :

$$f = \sum_n \alpha_n f_n$$

Las simulaciones que vamos a realizar son el resultado de la aplicación del proceso mencionado para la resolución de la ecuación de Pocklington, que permite obtener la distribución de corriente sobre un alambre. El método de momentos permite reescribir esta ecuación como una ecuación matricial usando un adecuado conjunto de funciones base para expresar la corriente dentro del alambre, dividiendo el alambre en pequeños tramos dentro de los cuales la corriente se supone como un desarrollo de funciones base.

$$I(r) = \sum_{n=1}^N I_n F_n(r')$$

Donde los coeficientes I_n son las incógnitas y las $F_n(r')$ son las funciones base. Una vez resuelto el sistema lineal y conocida la distribución de corriente en la estructura radiante, se calcula el potencial vectorial generado por esa corriente variable en el tiempo mediante la versión numérica de la ecuación:

$$A = \frac{\mu}{4\pi} \int_{C(r)} I(r) \frac{e^{-ikR}}{R} dl$$

y se determinan los campos usando las expresiones clásicas:

$$H = \frac{1}{\mu} \nabla \times A \quad E = \frac{\nabla \times H}{i\omega\epsilon}$$

2.1. Esquemas de simulación

A lo largo del informe se trabajará con la configuración 2 presentada por cátedra. El mismo consta de 6 conductores filiformes: 5 elementos pasivos y un único elemento activo alimentado por un fuente de tensión de 1 V. La localización y longitud de los diferentes elementos tienen dependencia directa con la mínima frecuencia de trabajo. Además de ver los efectos causados por la estructura radiante en el intervalo [200 – 1200] Mhz, es de interés ver los efectos con y sin puesta a tierra.

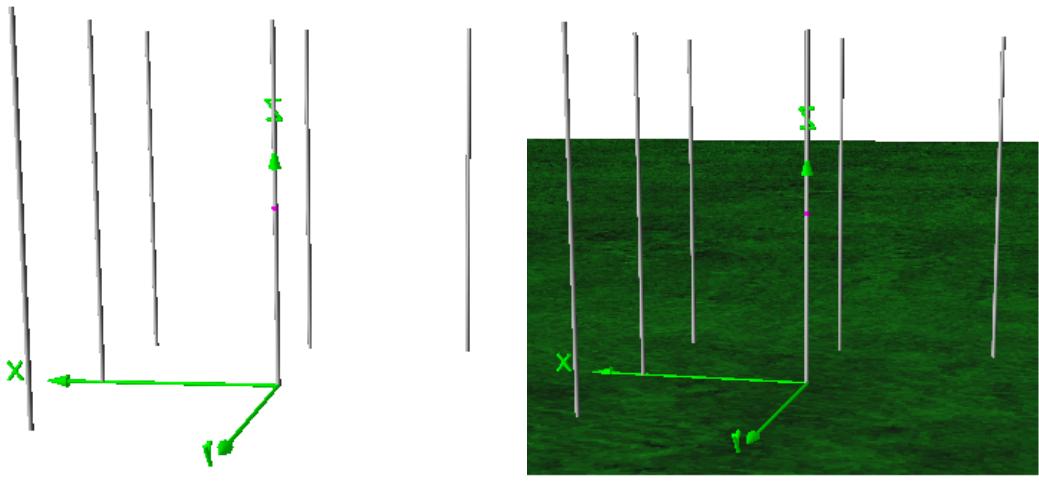


Figura 2.1. Esquemas radiantes propuestos

el enunciado del TP pedía que se coloque específicamente en la posición central

Como comentario adicional, se propuso que la fuente que alimenta al elemento activo se ubique en la posición central, dado que al situarlo a $z = 0$ el programa presenta un error en el caso de puesta a tierra.

2.2. Diagramas de radiación

Caso espacio libre

Dada la estructura radiante sin puesta a tierra se procede hacer un barrido de frecuencia entre el intervalo de trabajo, 200 – 1200 *Mhz*, para obtener los diferentes diagramas de radiación 3D. Para un análisis más sencillo se opta por la captura de 6 diagramas de radiación a (200; 325; 450; 650; 900; 1200) *Mhz*.

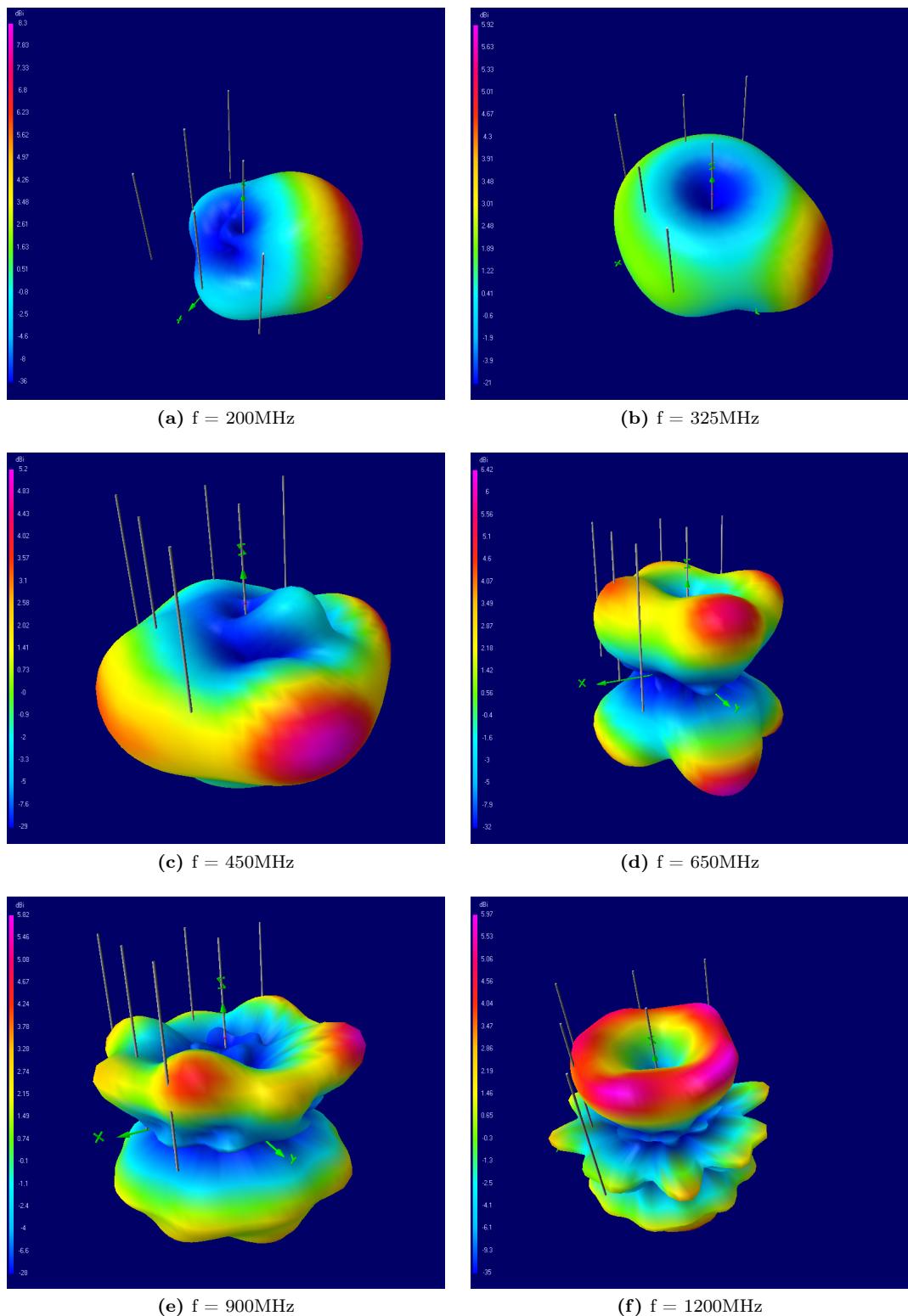


Figura 2.2. Diagramas de radiación 3D de distintas frecuencias para la configuración sin plano de tierra

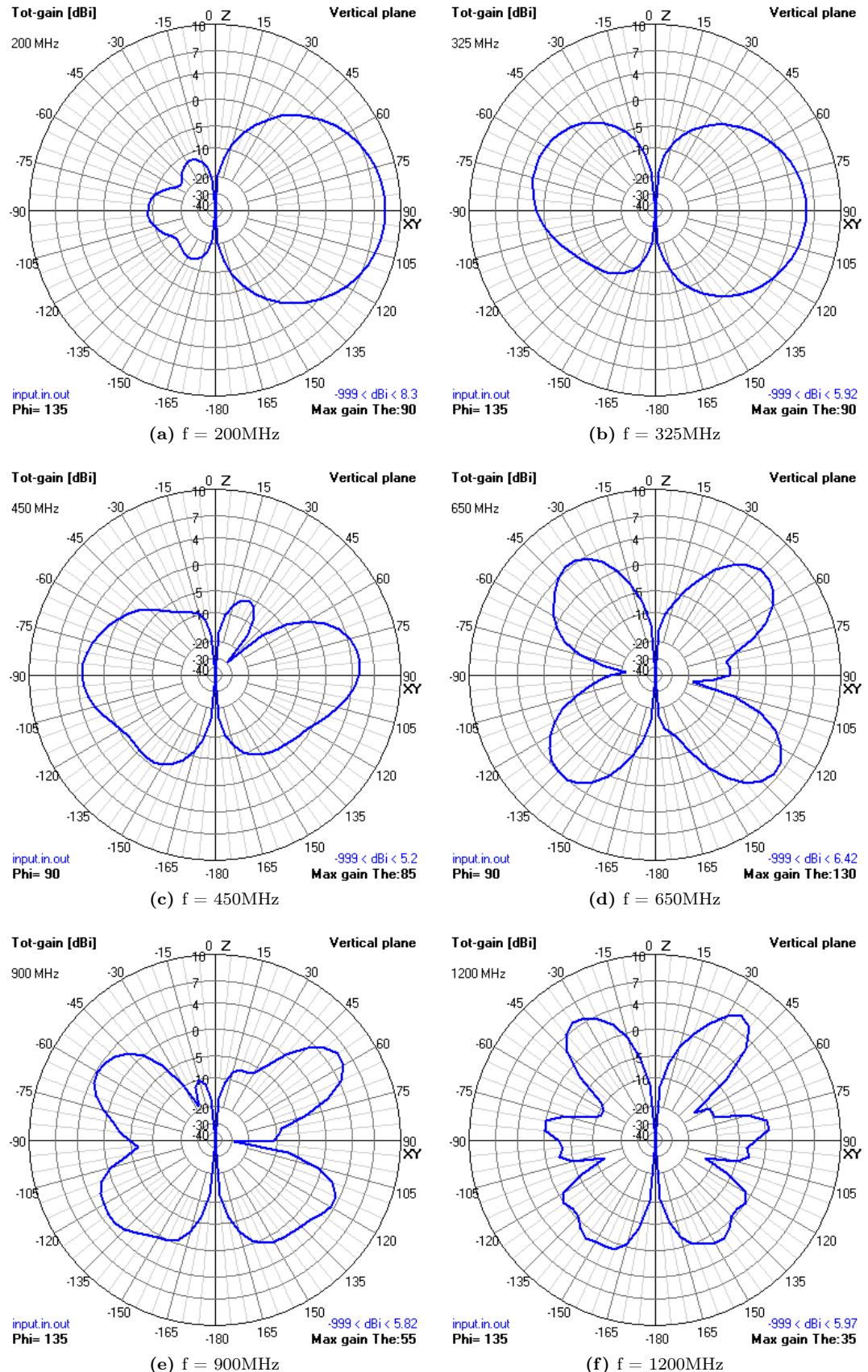


Figura 2.3. Diagramas de radiación en el plano vertical para el caso .“espacio libre”

En la figura 2.2 se puede observar los diferentes diagramas de radiación obtenidos en el barrido de frecuencias. Se puede apreciar en las primeras dos imágenes la presencia de un lóbulo principal, estos muestran las direcciones de máxima radiación. A medida que aumenta la frecuencia se observa la aparición de más lóbulos. A una frecuencia de 450 Mhz , aparecen 4 lóbulos principales de menor ancho que los anteriores y lóbulos secundarios

apreciables. A frecuencias de 900 Mhz y 1200 Mhz la cantidad de lóbulos secundarios supera por mucho a la cantidad de lóbulos principales.

Como comentario adicional, se puede apreciar en la última figura, a 1200 Mhz , una simetría del diagrama de radiación alrededor del elemento activo, característica que no ocurre a 200 Mhz .

Caso tierra perfecto no es lo mismo conectar una estructura radiante a tierra a que haya un plano conductor infinito por debajo de la misma

Para este caso se trabaja con la estructura radiante con puesta a tierra para las mismas frecuencias de trabajo que el caso precedente.

En la figura 2.4 se puede observar similitudes con el caso espacio libre, dado que en las primeras frecuencias se pueden apreciar lóbulos principales con gran ancho a comparación a los lóbulos posteriores, como ademas la aparición progresiva de lóbulos secundarios a medida que aumenta la frecuencia.

Se puede ver que por efecto del plano de tierra solo hay radiación para $\theta > \frac{\pi}{2}$.

Como comentario general es importante destacar que el diagrama de radiación obtenido en ambos casos, con y sin puesta tierra, consiste no solo de la radiación generada por el elemento activo, sino que también de la radiación de los elementos pasivos, por donde circulan corrientes inducidas, y de los fenómenos de interferencia asociados. Por lo tanto, los lóbulos secundarios corresponden justamente a la interferencia asociada a la estructura radiante. Notar ademas que el aumento en la cantidad de lóbulos secundarios disminuye la eficiencia de emisión. Esta es un observación importante dado que la estructura está pensada para funcionar con similar eficiencia para una gamma de frecuencia, aplicaciones de gran ancho de banda, y la aparición significativa de lóbulos secundarios genera un distribución en la eficiencia no deseada.

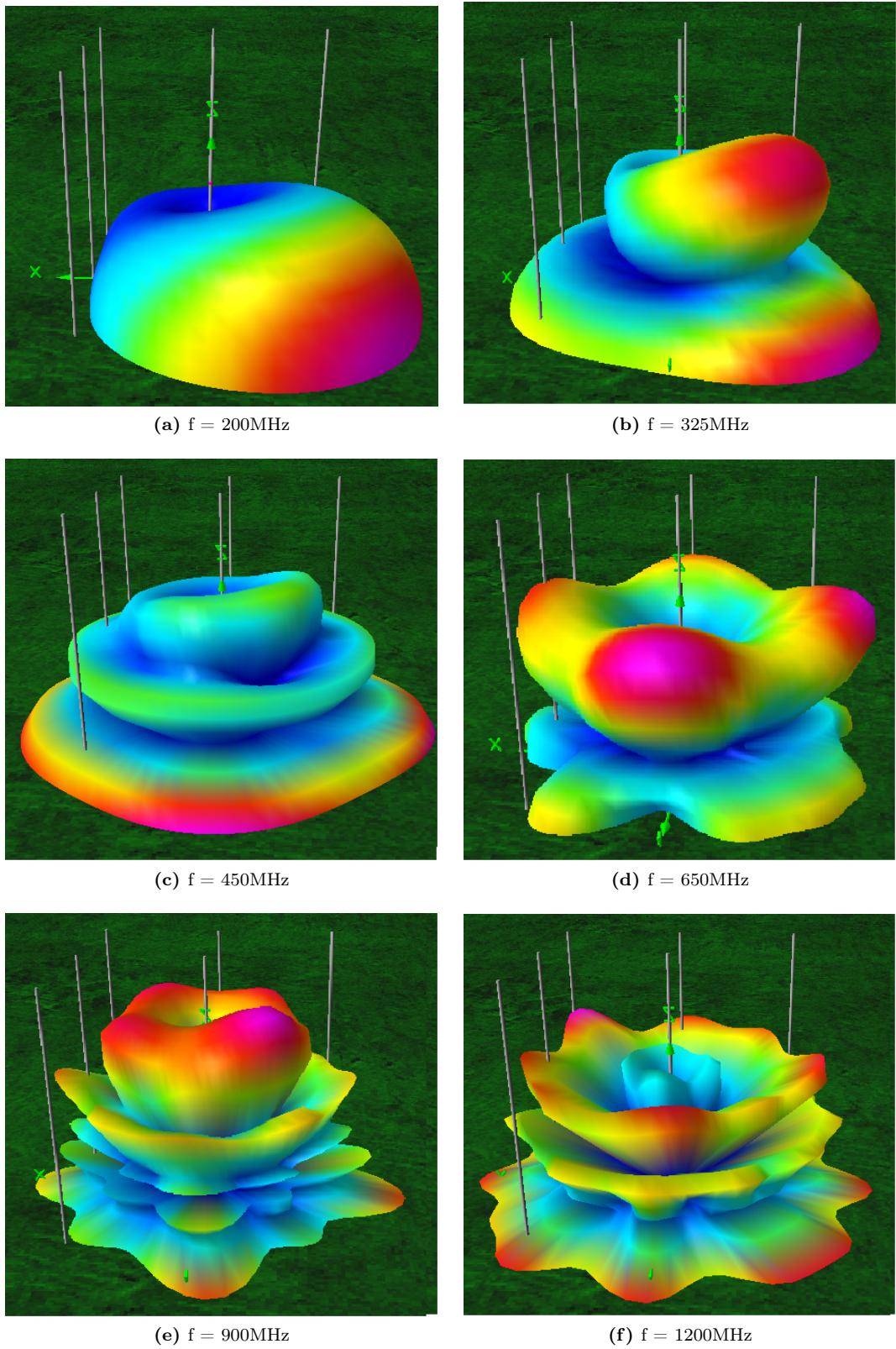


Figura 2.4. Diagramas de radiación 3D de distintas frecuencias para la configuración con plano de tierra

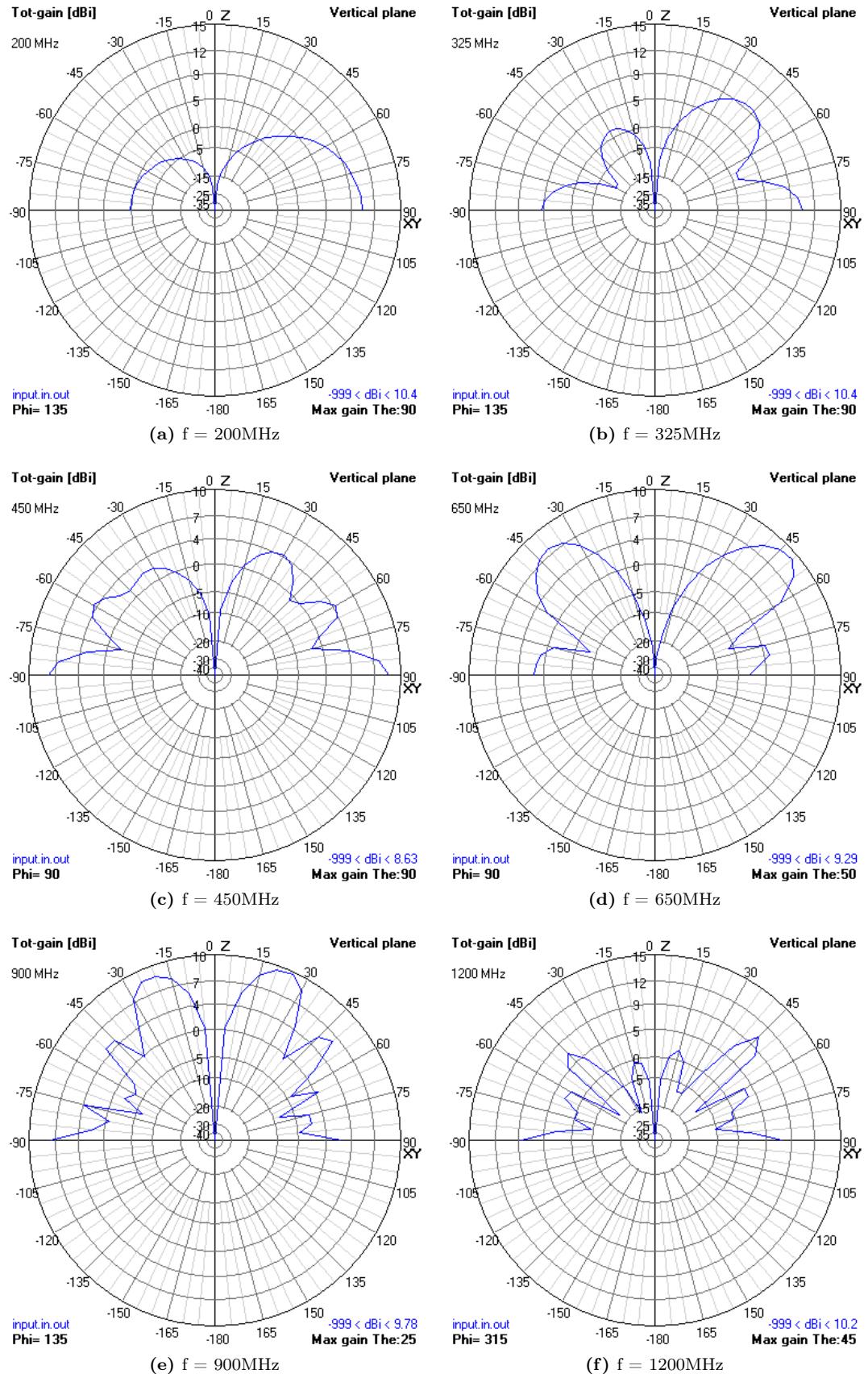


Figura 2.5. Diagramas de radiación en el plano vertical para el caso "Tierra perfecto".

2.3. Corriente en conductores

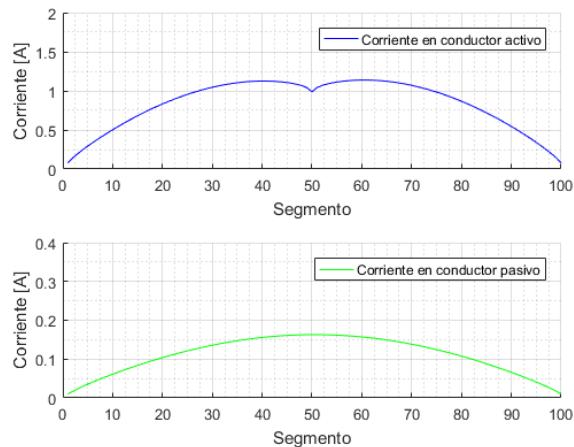
A continuación se presentan los gráficos correspondientes a las corrientes a lo largo del conductor activo y un conductor pasivo para las frecuencias extremas de trabajo, 200 y 1200 Mhz. El elemento pasivo corresponde

al conductor situado en la zona superior izquierda del esquema mostrado en la figura 2.1.

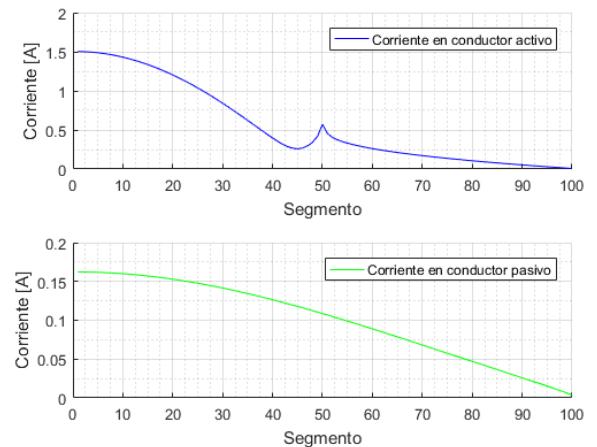
Caso 200 Mhz:

En las figuras 2.6 se pueden apreciar las variaciones de corriente a 200 Mhz. Es posible notar para el caso espacio libre la similitud significativa entre las variaciones de corriente a lo largo del conductor activo como pasivo, con la salvedad que la amplitud en elemento activo es superior al elemento pasivo. También es posible destacar la similitud presente para el caso "tierra perfecto", donde en ambos casos la amplitud es superior en los primeros segmentos del conductor.

Las disparidades presentadas se supone que se deben a asignar una tensión ideal en el medio del conductor activo forzando al programa a cumplir con respectivas condiciones en ese lugar.



(a) Configuración sin plano de tierra

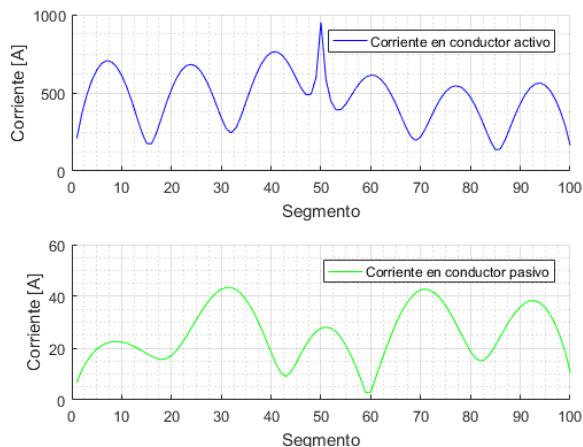


(b) Configuración con plano de tierra

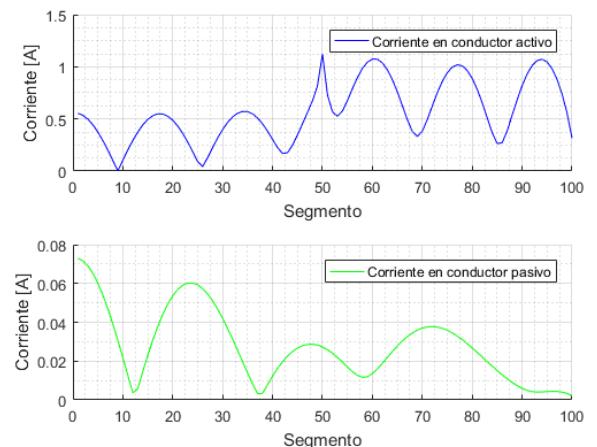
Figura 2.6. Corriente en conductores para los dos casos de simulación con $f = 200\text{MHz}$

Caso 1200 Mhz:

En la figura 2.7 se presenta los gráficos para el caso de 1200 Mhz que al contrario de los gráficos precedentes no presentan similitudes significativas. Los cuatro gráficos generan variaciones de corriente del tipo oscilatorio que depende de la frecuencia. Como en el caso anterior se puede apreciar que las amplitudes de corrientes son mayores en el elemento activo que en el elemento pasivo.



(a) Configuración sin plano de tierra



(b) Configuración con plano de tierra

Figura 2.7. Corriente en conductores para los dos casos de simulación con $f = 1200\text{MHz}$

2.4. Resistencia de radiación

A continuación se presentan los gráficos de impedancia de la estructura radiante para la banda de frecuencias mencionadas.

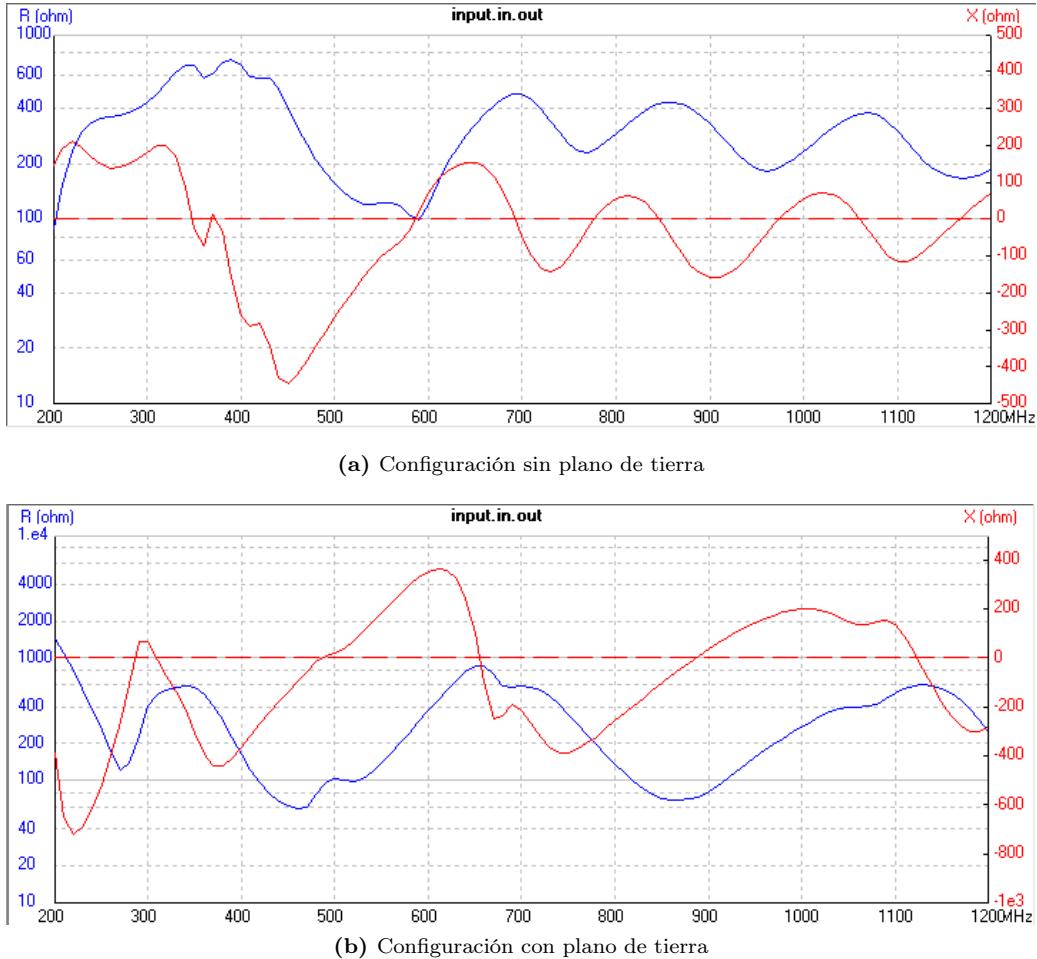


Figura 2.8. Impedancia de radiación para los dos casos de simulación

La parte real de la impedancia corresponde a la resistencia de radiación de la estructura. En la siguiente tabla se muestran los valores de impedancia de ambos casos de simulación para las frecuencias de 200MHz y 1200MHz

Frecuencia	200MHz	1200MHz
Espacio libre	$88 + j143,5$	$184 + j70,9$
Tierra perfecto	$1417,5 - j388,5$	$250,8 - j282,9$

Cuadro 2.1: Valores de impedancia.

Es de vital importancia conocer la parte imaginaria para el manejo de adaptación de la antena al circuito generador, logrando de esta manera la condición de máxima transferencia de potencia, aumentando la eficiencia.

2.5. Adaptador de impedancias

Suponiendo que la estructura se conecta a un generador a través de una línea de transmisión de 50Ω , y que la misma trabaja en un entorno pequeño de $f_{inf} = 200MHz$ ($0,9f_{inf} < f < 1,1f_{inf}$), se procedió a adaptar la línea mediante distintos métodos utilizando el programa *Smith*. Para las diferentes adaptaciones se tomó en cuenta la impedancia de la estructura en espacio libre", $88 + 144j$ y la impedancia en "tierra perfecto", $1418 - 388j$.

2.5.1. Adaptación mediante cuarto de onda

Para las antenas en el vacío, siendo z_s la distancia a la cual se conecta el adaptador vista desde Z_L , λ_a la longitud del adaptador y z_a su magnitud.

$$z_s = 0,0403\lambda = 60,45mm$$

$$Z_1 = 344,795\Omega$$

$$z_a = \sqrt{Z_1 \cdot Z_0} = 131,3\Omega$$

$$\lambda_a = \frac{\lambda}{4} = \frac{1,5}{4} = 0,375m$$

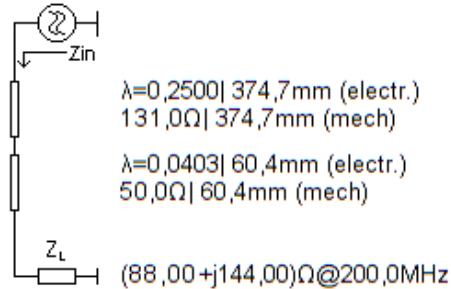


Figura 2.9. Esquema de adaptación por cuarto de onda en espacio libre

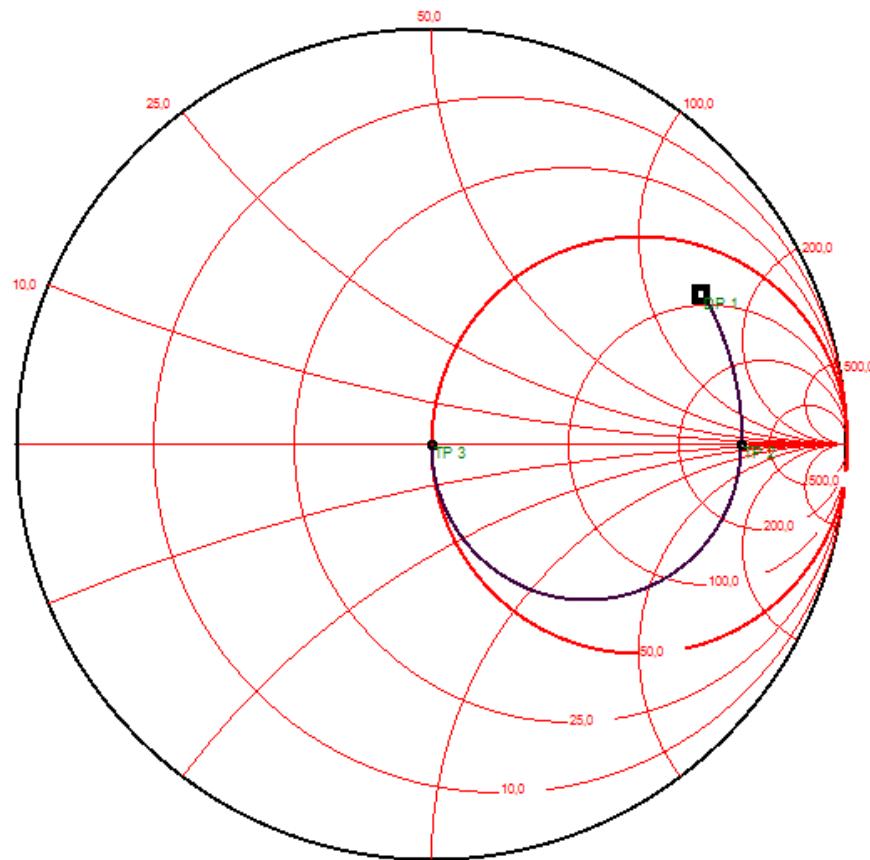


Figura 2.10. Mapa de Smith asociado al esquema de la figura 2.9

Para las antenas con referencia a tierra:

$$z_s = 0,2486\lambda = 372,9mm$$

$$Z_1 = 1,640\Omega$$

$$z_a = \sqrt{Z_1 \cdot Z_0} = 9,05\Omega$$

$$\lambda_a = \frac{\lambda}{4} = \frac{1,5}{4} = 0,375m$$

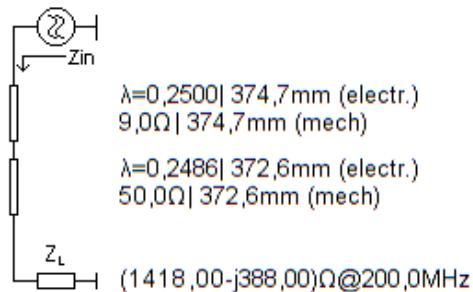


Figura 2.11. Esquema de adaptación por cuarto de onda con plano de tierra perfecto

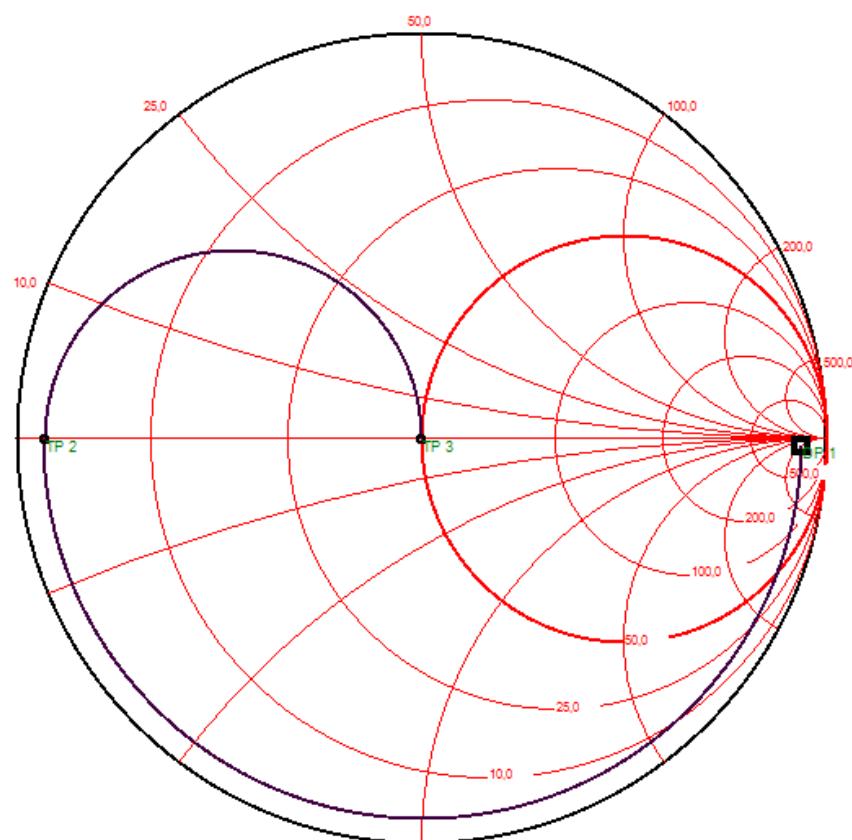


Figura 2.12. Mapa de Smith asociado al esquema de la figura 2.11

2.5.2. Adaptación mediante Stub

Para las antenas en el vacío, siendo d_s la distancia a la cual se conecta el stub desde Z_L , y L_s el largo de este:

$$d_s = 0,2317\lambda = 347,55\text{mm}$$

$$L_s = 0,0672\lambda = 100,8\text{mm}$$

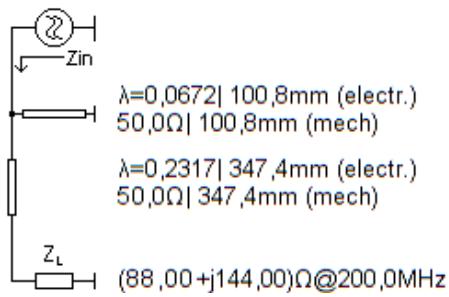


Figura 2.13. Esquema de adaptación por Stub en espacio libre

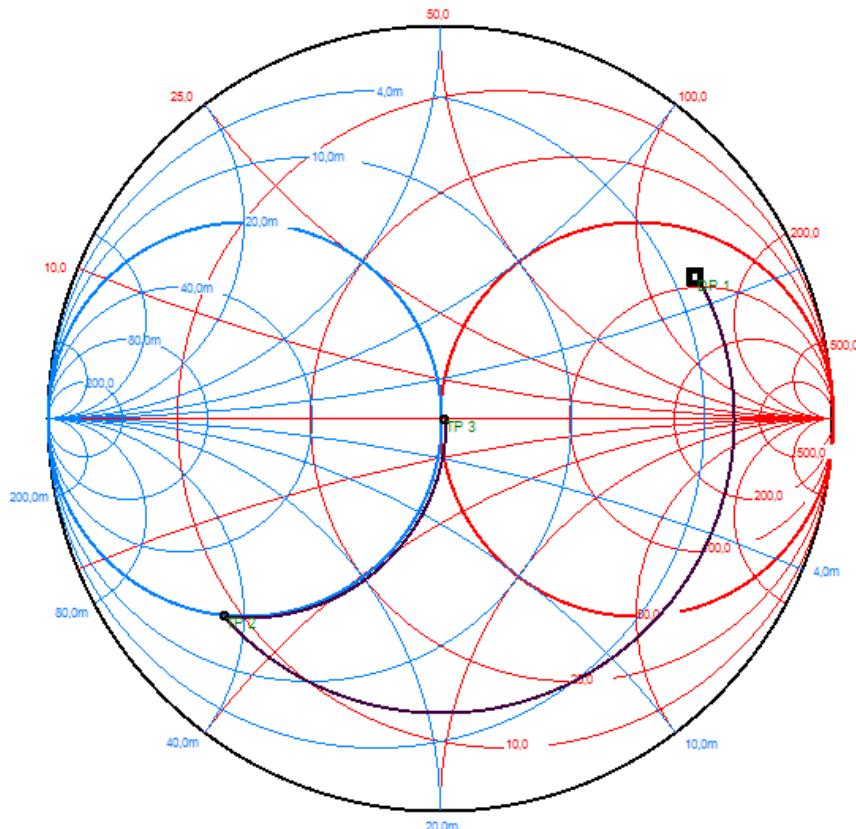


Figura 2.14. Mapa de Smith asociado al esquema de la figura 2.13

Para las antenas con referencia a tierra.

$$d_S = 0,2197\lambda = 329,55\text{mm}$$

$$L_s = 0,0298\lambda = 44,7\text{mm}$$

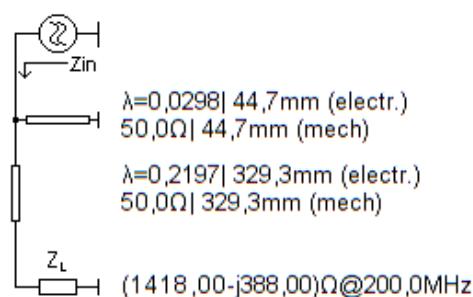


Figura 2.15. Esquema de adaptación por Stub con plano de tierra perfecto

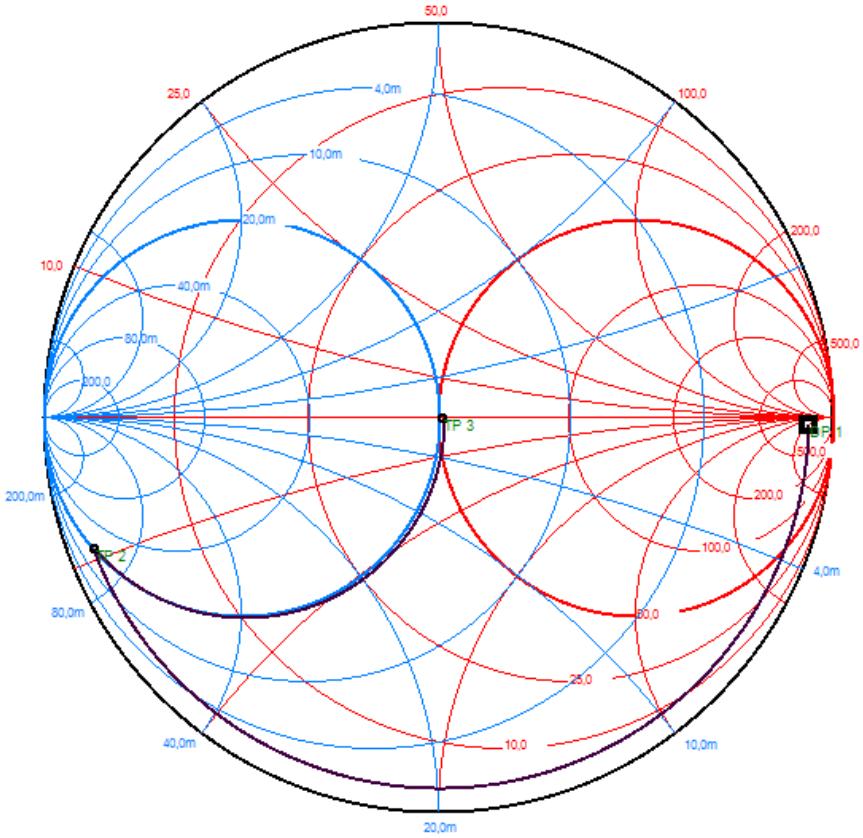


Figura 2.16. Mapa de Smith asociado al esquema de la figura 2.15

Es relevante mencionar que para el barrido de frecuencias se tomaron en cuenta ciertos factores. Dado que el programa exige para el barrido de frecuencia una carga puramente resistiva, se modifica el esquema presentado para las adaptaciones previas, ingresando como impedancia de carga solo parte resistiva y agregando mediante un parámetro capacitivo o inductivo la componente imaginaria. Se toma como criterio de adaptación $|\rho| < 0,2$ que es equivalente a $ROE < 1,5$.

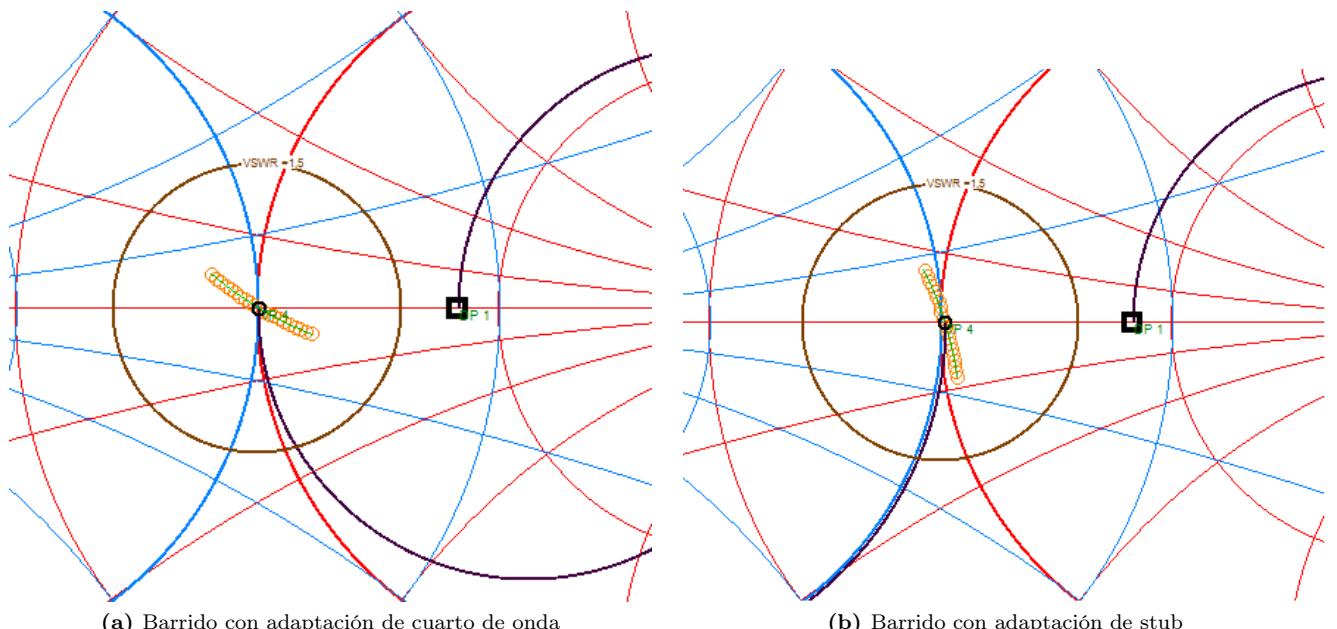


Figura 2.17. Barrido de frecuencia para ambos tipos de adaptación, caso "espacio libre".

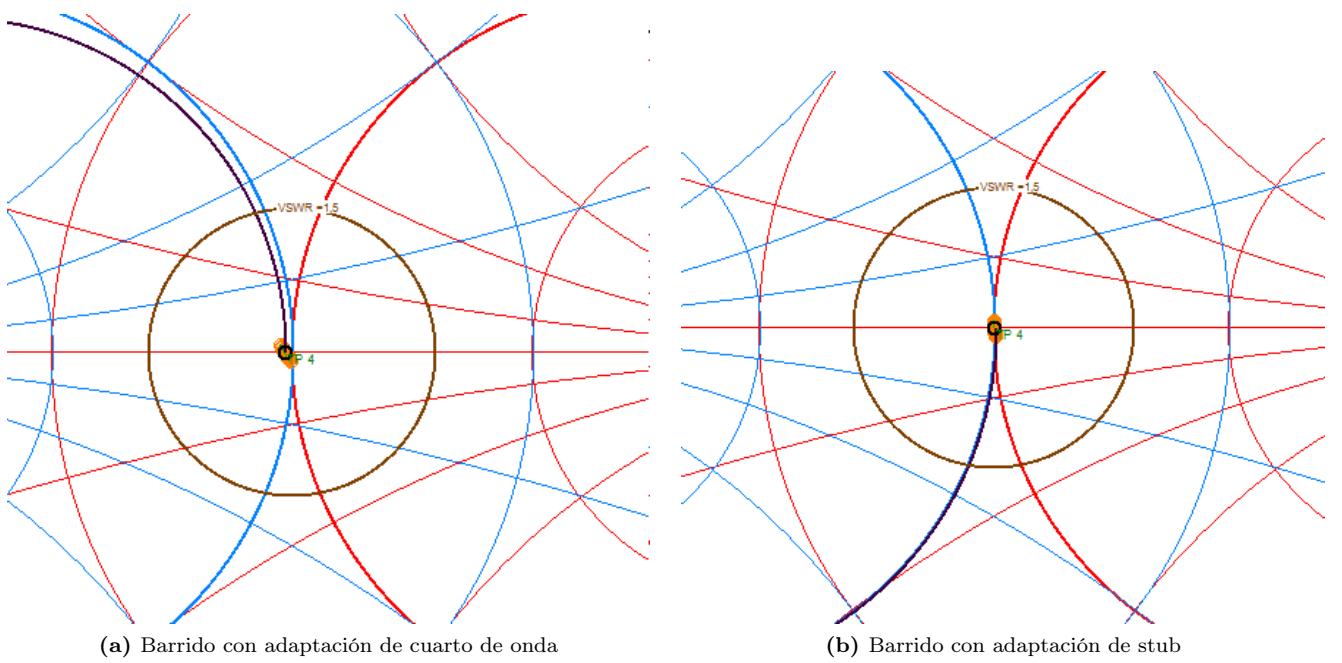


Figura 2.18. Barrido de frecuencia para ambos tipos de adaptación, caso "tierra perfecto".

De las figuras 2.17 y 2.18 se puede apreciar que todas las adaptaciones cumplen con el criterio de adaptación.
no justifican la elección de los adaptadores propuestos y no discuten sus ventajas y desventajas

3. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos a lo largo del informe es posible expresar que aunque existen estructuras radiantes de gran ancho de banda, su eficiencia se ve limitada a la frecuencia de trabajo como también la presencia de otros elementos radiantes. De esta manera se observa la importancia de los diagramas de radiación, dado que son muy prácticos al momento de describir la eficiencia de las estructuras mencionadas.

Por otra parte, también se corroboró la importancia del uso de adaptaciones como método para mejorar la eficiencia de la estructura radiante. Se observó de igual manera que la adaptación es solo útil para una gamma limitada de frecuencias.