

Trabajo práctico N°2: Medición de antenas de WiFi

Vázquez, Matías Fernando - 91523
mfvazquezfiuba@gmail.com

21 de junio de 2018

En el siguiente trabajo se caracterizarán 3 antenas de WiFi; guía de ondas cilíndricas, parche y biquad. Se utilizará el analizador vectorial de redes para medir el coeficiente de reflexión de cada antena y el analizador de espectros para realizar diagramas de radiación.

1. Mediciones con el analizador vectorial de redes

Se calibró el analizador de redes entre 2 GHz y 3 GHz para un solo puerto. Posteriormente se midió el parámetro S_{11} de cada antena, que es igual al coeficiente de reflexión.

Se utilizó Matlab 2016b para trazar las curvas de los distintos parámetros, en el apéndice A se encuentra el código utilizado.

1.a. Diagrama de Smith

Mediante la función `smithchart` se graficó el diagrama de Smith para cada antena.

1.a.1. Antena guía de ondas cilíndrica

En la figura 1 se muestra el diagrama de smith de la antena guía de ondas cilíndrica.

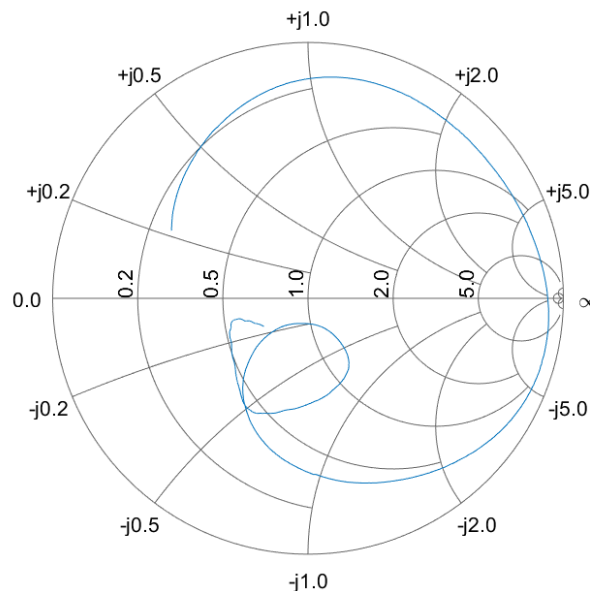


Figura 1: Diagrama de Smith de la guía de ondas cilíndrica

1.a.2. Antena parche

En la figura 2 se muestra el diagrama de smith de la antena parche.

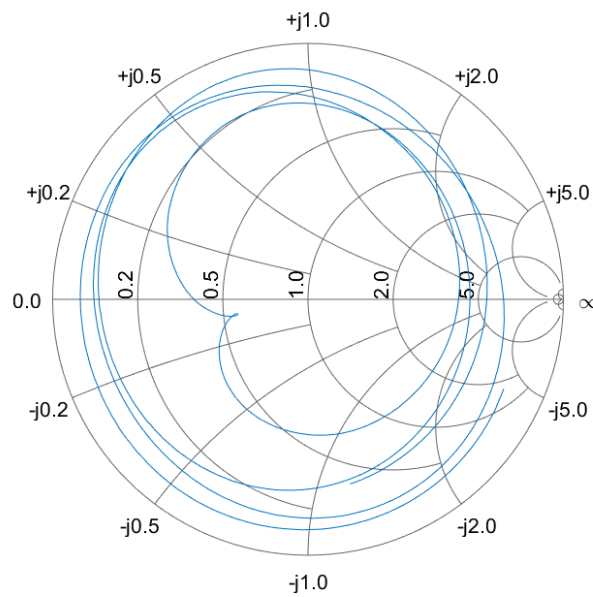


Figura 2: Diagrama de Smith de la antena parche

1.a.3. Antena biquad

En la figura 3 se muestra el diagrama de smith de la antena biquad.

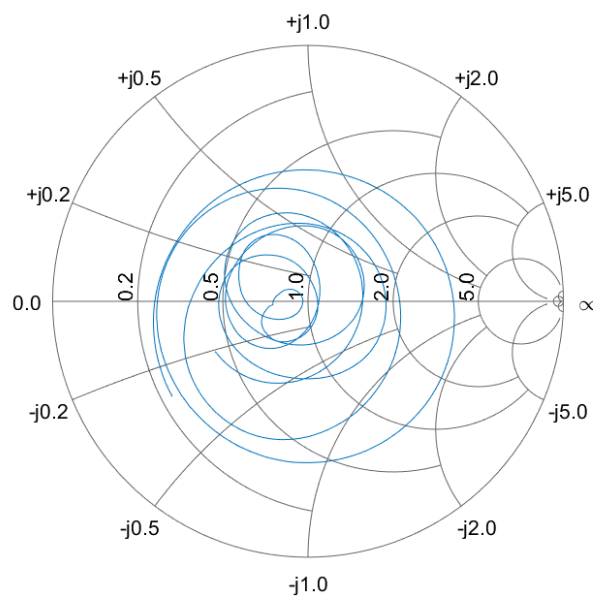


Figura 3: Diagrama de Smith de la antena biquad

1.b. Impedancia

Mediante la ecuación 1 se calculó la impedancia de cada antena, siendo la impedancia característica utilizada por el VNA: $Z_o = 50 \Omega$

$$Z_L = Z_o \frac{\Gamma + 1}{1 - \Gamma} \quad (1)$$

1.b.1. Antena guía de ondas cilíndrica

En la figura 4 se muestra la parte real e imaginaria de la impedancia de la antena guía de ondas cilíndrica.

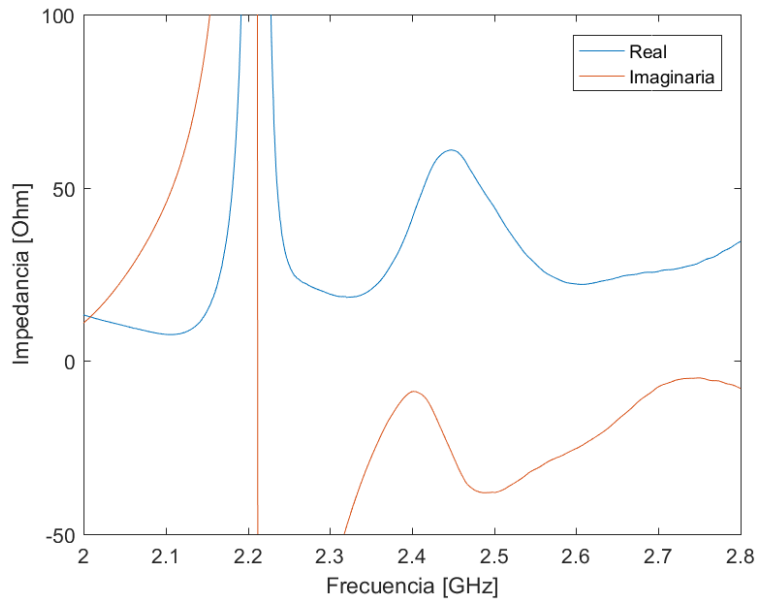


Figura 4: Parte real e imaginaria de la impedancia de la guía de ondas cilíndrica

1.b.2. Antena parche

En la figura 5 se muestra la parte real e imaginaria de la impedancia de la antena parche.

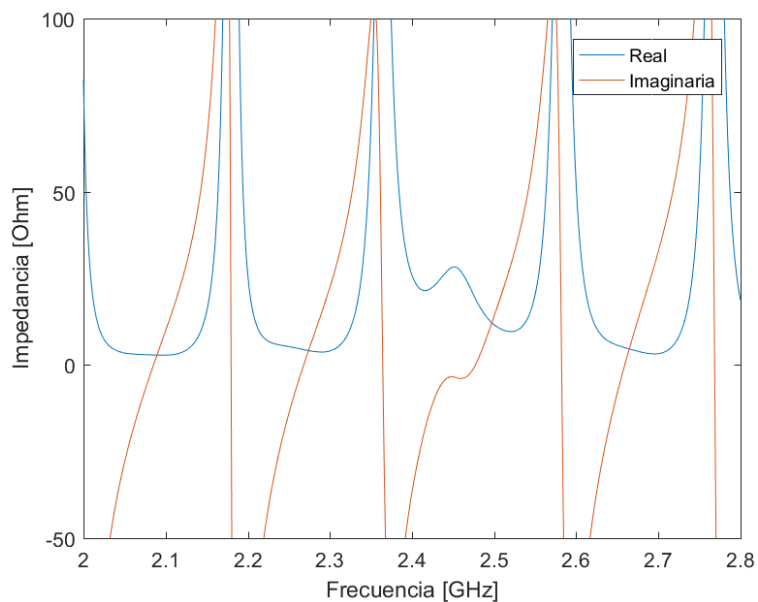


Figura 5: Parte real e imaginaria de la impedancia de la antena parche

1.b.3. Antena biquad

En la figura 6 se muestra la parte real e imaginaria de la impedancia de la antena biquad.

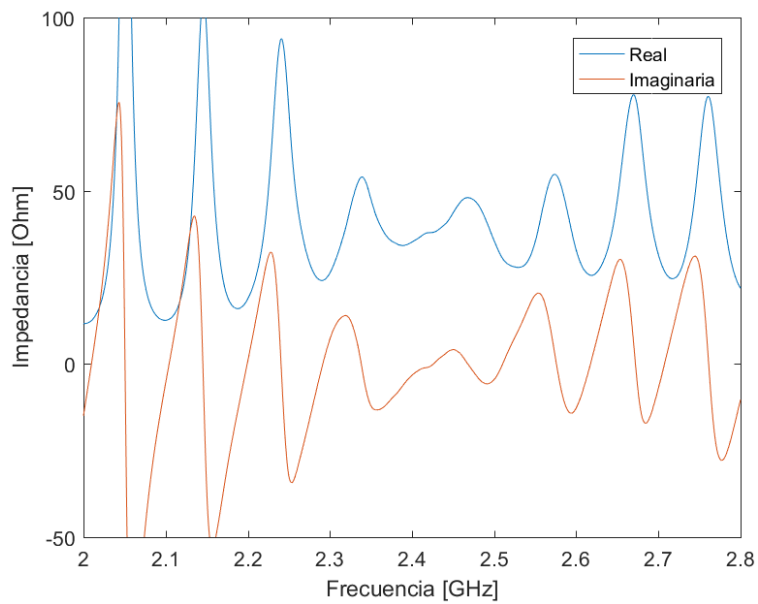


Figura 6: Parte real e imaginaria de la impedancia de la antena biquad

1.c. Coeficiente de Reflexión

Mediante la ecuación 2 se calcula el coeficiente de reflexión en dB. Para este calculo se utilizó el módulo del coeficiente de reflexión $\rho = |\Gamma|$

$$\rho(\text{dB}) = 10 \log \rho \quad (2)$$

1.c.1. Antena guía de ondas cilíndrica

En la figura 7 se muestra el coeficiente de reflexión de la antena guía de ondas cilíndrica.

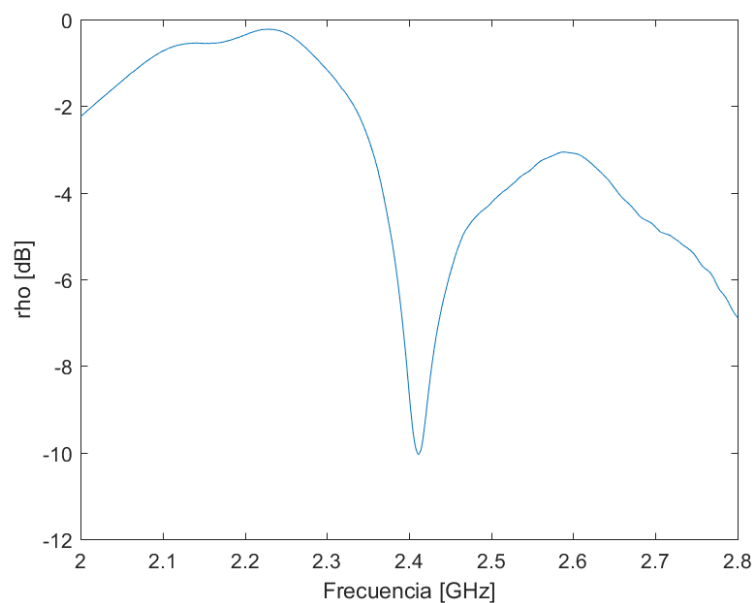


Figura 7: Coeficiente de reflexión de la antena guía de ondas cilíndrica

1.c.2. Antena parche

En la figura 8 se muestra el coeficiente de reflexión de la antena parche.

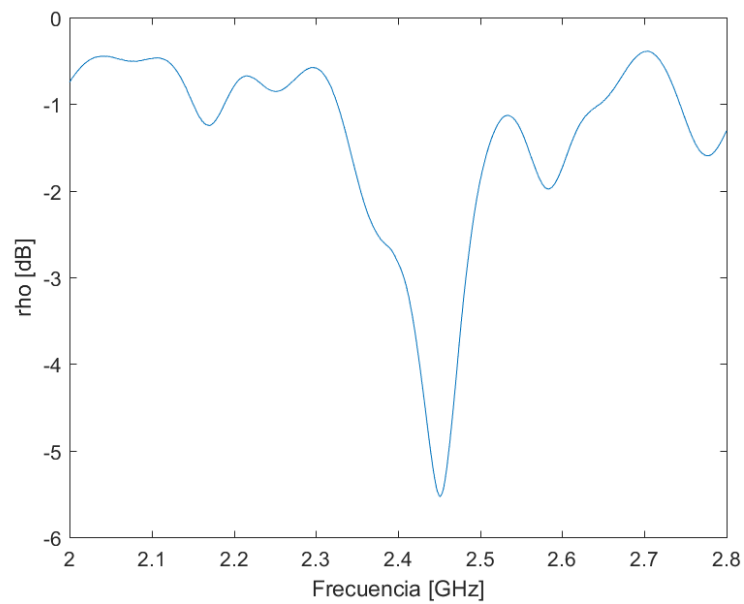


Figura 8: Coeficiente de reflexión de la antena parche

1.c.3. Antena biquad

En la figura 9 se muestra el coeficiente de reflexión de la antena biquad.

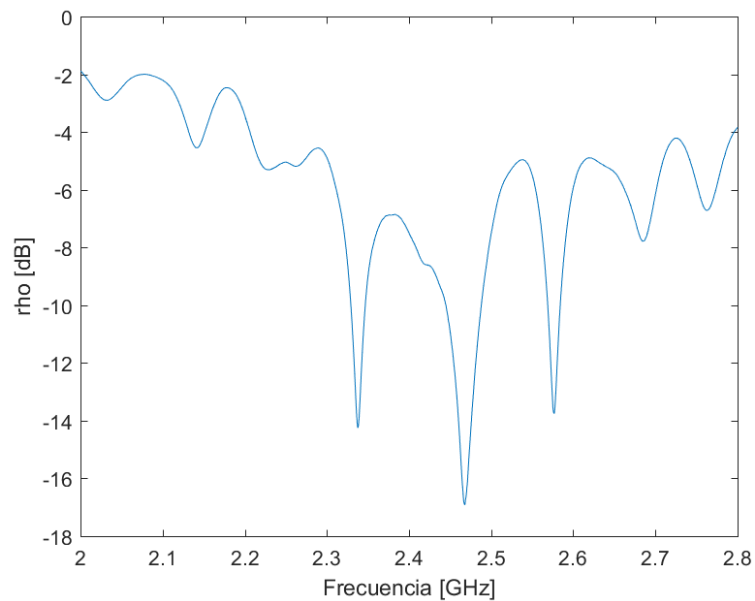


Figura 9: Coeficiente de reflexión de la antena biquad

1.d. ROE

Mediante la ecuación 3 se calculó la relación de onda estacionaria para cada antena.

$$ROE = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} \quad (3)$$

En las curvas se trazó una línea punteada roja en donde $ROE = 2$.

1.d.1. Antena guía de ondas cilíndrica

En la figura 10 se muestra la relación de onda estacionaria de la antena guía de ondas cilíndrica. Se observa que la ROE es menor a 2 entre 2,37 GHz y 2,47 GHz, alcanzando $ROE = 1,32$ para 2,4 GHz.

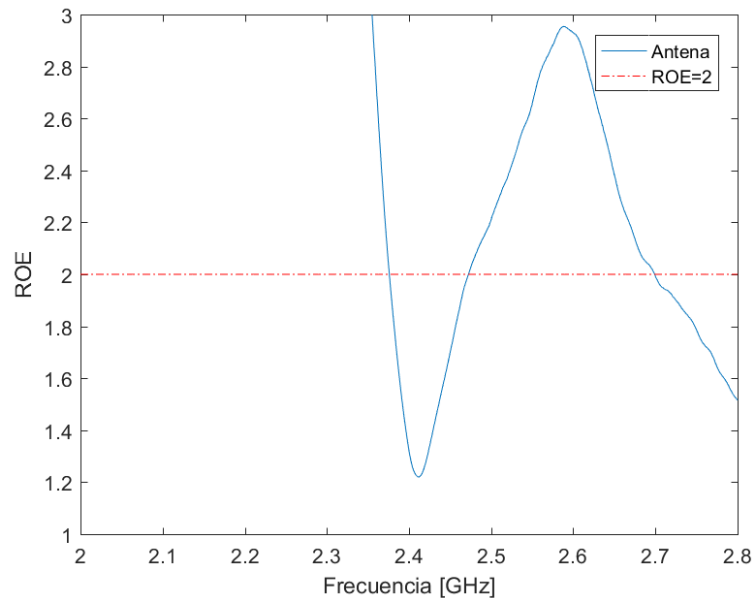


Figura 10: ROE de la antena guía de ondas cilíndrica

1.d.2. Antena parche

En la figura 11 se muestra la relación de onda estacionaria de la antena parche. Se observa que la ROE es menor a 2 entre 2,43 GHz y 2,46 GHz, alcanzando $ROE = 3,16$ para 2,4 GHz.

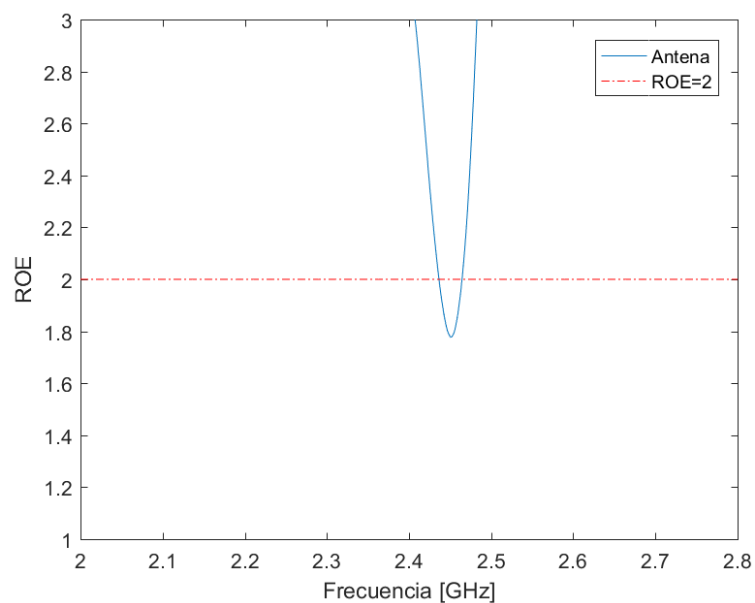


Figura 11: ROE de la antena parche

1.d.3. Antena biquad

En la figura 12 se muestra la relación de onda estacionaria de la antena biquad. Se observa que la ROE es menor a 2 entre 2,30 GHz y 2,71 GHz, alcanzando $ROE = 1,4$ para 2,4 GHz.

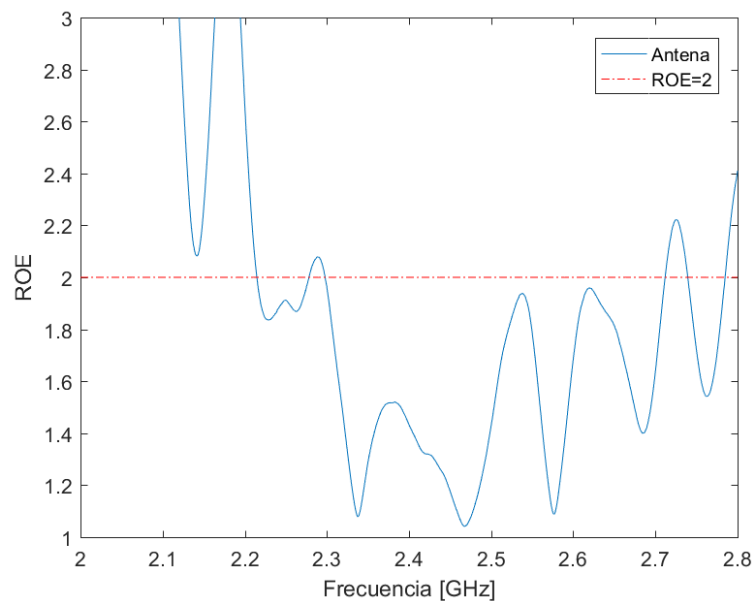


Figura 12: ROE de la antena biquad

2. Distancia de campo lejano

La distancia de campo lejano es la distancia mínima de una antena en la que se puede considerar que el campo eléctrico y magnético son perpendiculares, por lo que las ondas electromagnéticas transmitidas por la antena son frentes de onda plano.

Se calcula mediante la ecuación 4, siendo D la máxima dimensión radiante de la antena.

$$R = \frac{2 D^2}{\lambda} \quad (4)$$

Para los diagramas de radiación utilizamos una antena emisora cuya dimensión radiante mas grande $D = 20$ cm la distancia de campo lejano para una frecuencia de 2,4 GHz resulta:

$$R = \frac{2 D^2}{\lambda} = \frac{2 D^2 f}{c} = \frac{2 (20 \text{ cm})^2 2,4 \text{ GHz}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 0,64 \text{ m}$$

3. Diagrama de radiación

Se colocó una antena emisora conectado a un generador de RF a una frecuencia de 2,4 GHz. Como antena receptora se utilizó la guía de ondas cilíndrica, que se colocó a la misma altura y enfrentada a la antena emisora y se la conectó a un analizador de espectros.

Se configuró el analizador de espectros para hacer un barrido temporal mientras la antena receptora se rotaba sobre un eje. De esta manera se logró obtener la potencia captada según el ángulo de la antena receptora, tomando como ángulo nulo la dirección en que las antenas se enfrentan.

Utilizando coordenadas esféricas, la antena emisora se barrió θ manteniendo $\varphi = 0^\circ$ para obtener el diagrama de radiación sobre el plano vertical XZ. Luego se hizo otro barrido de θ manteniendo $\varphi = 90^\circ$ para el diagrama de radiación vertical sobre el plano vertical YZ.

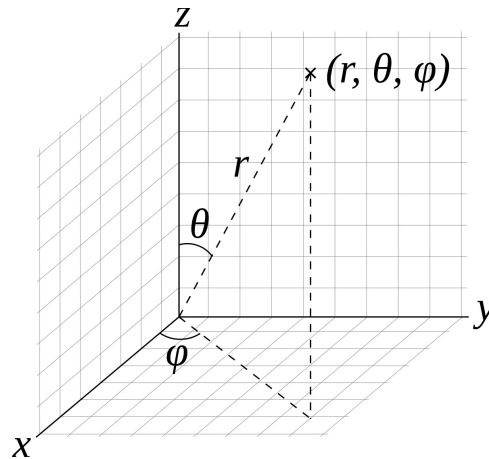


Figura 13: Coordenadas esféricas

Los datos extraídos del analizador de espectros se abrieron con **Matlab 2016b** para encontrar los máximos de la señal y definir así el ángulo $\theta = 0$ de los diagramas de radiación. También se normalizaron las señales restando el máximo de la señal a toda la señal, de esta forma la potencia recibida por la antena pasa de estar en dBm a dB teniendo como referencia la potencia máxima.

$$10 \log \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right) - 10 \log \left(\frac{P_{max}}{1 \text{ mW}} \right) = 10 \log \left(\frac{P}{P_{max}} \right)$$

Luego se despejó $\frac{P}{P_{max}}$ para obtener la ganancia en veces y se realizó el diagrama de radiación polar mediante la función `polar_dB`. Finalmente se obtuvo el ancho del haz principal calculando el ángulo en que la ganancia es mayor a la potencia media.

En el apéndice **B** se muestra el código utilizado.

3.a. Plano vertical XZ

En la figura 14 se muestra el diagrama de radiación girando la antena en sentido horario para el plano vertical XZ. Se obtuvo un ancho de haz de $59,0^\circ$.

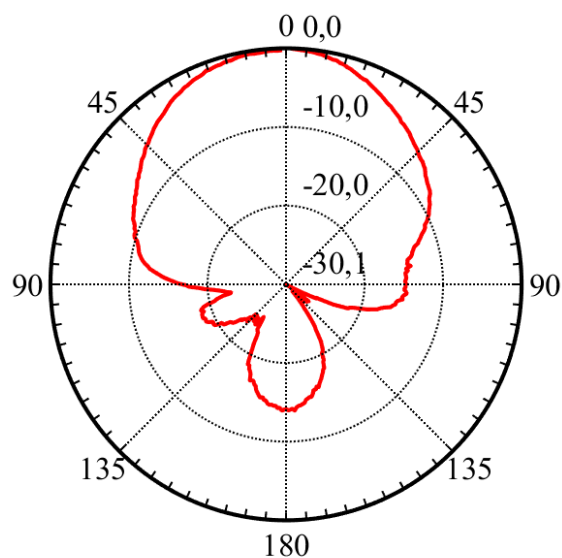


Figura 14: Diagrama de radiación vertical XZ

En la figura 15 se muestra el diagrama de radiación girando la antena en sentido antihorario para el plano vertical XZ. Se obtuvo un ancho de haz de $62,1^\circ$.

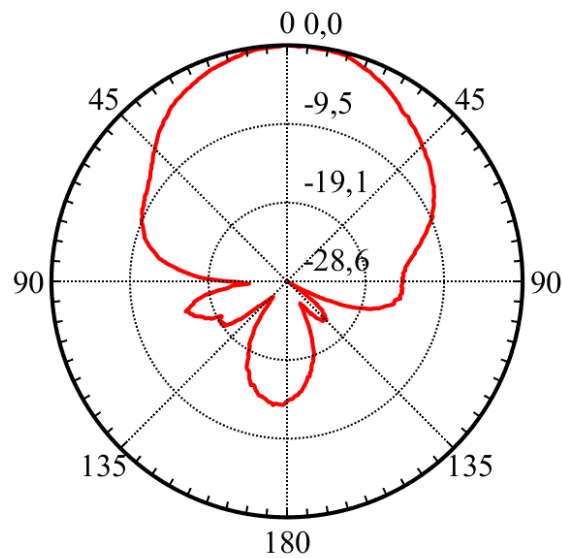


Figura 15: Diagrama de radiación vertical XZ

3.b. Plano vertical YZ

En la figura 16 se muestra el diagrama de radiación girando la antena en sentido horario para el plano vertical YZ. Se obtuvo un ancho de haz de $72,8^\circ$.

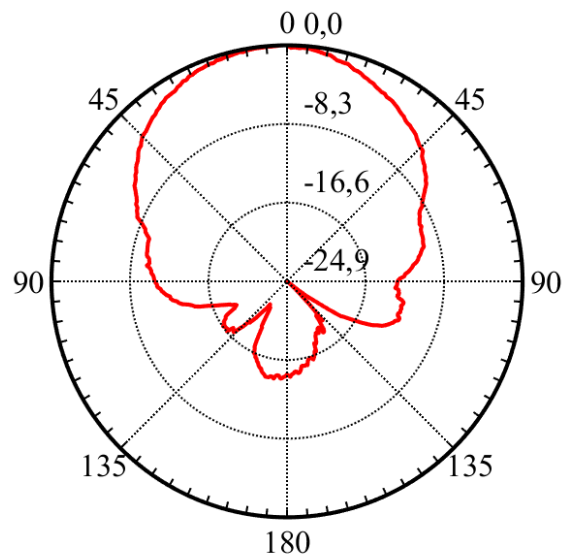


Figura 16: Diagrama de radiación vertical YZ

En la figura 17 se muestra el diagrama de radiación girando la antena en sentido antihorario para el plano vertical YZ. Se obtuvo un ancho de haz de $67,6^\circ$.

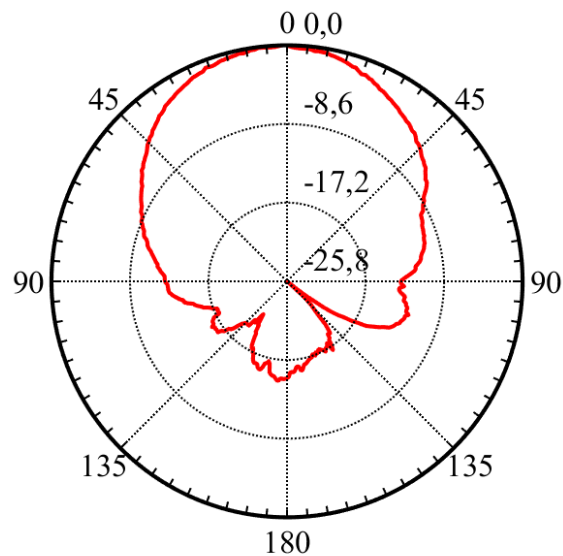


Figura 17: Diagrama de radiación vertical YZ

4. Conclusiones

La antena biquad demostró tener un ancho de banda mayor a diferencia de las demás antenas, y la guía de ondas cilíndrica logró tener el *ROE* más bajo para la frecuencia de 2,4 GHz.

Al realizar los diagramas de radiación, se obtuvo una potencia radiada máxima cuando las antenas estaban enfrentadas. Esto se debe a que se utilizó una guía de ondas cilíndrica para realizar el diagrama de radiación, que tiene una ganancia máxima en una dirección específica y un ancho de haz acotado.

La antena parche no logró tener un *ROE* menor a 2 para la frecuencia de 2,4 GHz pero sí para frecuencias entre 2,30 GHz y 2,71 GHz. Y es la que tiene un *ROE* mínimo mayor al de las demás antenas.

La antena biquad tiene un *ROE* mínimo menor a las demás antenas, sin embargo este mínimo no ocurre a la frecuencia de 2,4 GHz, sino a 2,47 GHz.

A. Código utilizando los datos del VNA

```
1 close all
2 clear
3
4 data_dir = 'data';
5 datos_vna = dir(fullfile(data_dir, '*.slp'));
6
7 antenas = {'cilindrica' 'parche' 'biquad'};
8
9 for x = 1:length(datos_vna)
10     S = sparameters(fullfile(datos_vna(x).folder, datos_vna(x).name));
11     gamma = rfparam(S,1,1);
12     figure
13     smithchart(gamma)
14     saveas(gcf, fullfile('imagenes', [antenas{x} '_smith.png']))
15
16     Zo = S.Impedance;
17     Z = Zo * (gamma + 1) ./ (1 - gamma);
18     f = S.Frequencies./1e9;
19
20     figure
21     subplot(2,1,1);
22     plot(f, real(Z))
23     ylabel('Re(Zo) [Ohm]');
24     xlabel('Frecuencia [GHz]');
25     subplot(2,1,2);
26     plot(f, imag(Z))
27     ylabel('Im(Zo) [Ohm]');
28     xlabel('Frecuencia [GHz]');
29     saveas(gcf, fullfile('imagenes', [antenas{x} '_impedancia.png']))
30
31     rho = abs(gamma);
32     rho_dB = 10*log10(rho);
33
34     figure
35     plot(f, rho_dB)
36     ylabel('rho [dB]');
37     xlabel('Frecuencia [GHz]');
38     saveas(gcf, fullfile('imagenes', [antenas{x} '_rho.png']))
39
40     ROE = (1+rho)./(1-rho);
41     figure
42     plot(f, ROE)
43     hold on
44     plot(f, 2*ones(size(f)), '-r');
45     yticks(2)
46     ylabel('ROE');
47     xlabel('Frecuencia [GHz]');
48     legend('Antena', 'ROE=2');
49     saveas(gcf, fullfile('imagenes', [antenas{x} '_ROE.png']))
50
51 end
```

B. Código utilizando los datos del analizador de espectros

```
1 close all
2 clear
3
4 addpath('lib');
5
6 data_dir = 'data';
7 archivos = dir(fullfile(data_dir, '*.TRC'));
8
9
10 antena = 'cilindrica';
11
12 for x = 1:length(archivos)
13
14     M = importdata(fullfile(archivos(x).folder, archivos(x).name), ',', 216);
15     datos = M.data(:,1);
16
17     mitad = round(length(datos)/2);
18
19     [valor_inicio, inicio] = max(datos(1:mitad));
20     [valor_fin, fin] = max(datos(mitad+1:end));
21     datos = datos(inicio:mitad+fin);
22
23     if datos(1) ~= valor_inicio
24         disp('valor_inicio distinto al maximo inicial!!');
25     end
26
27     if datos(end) ~= valor_fin
28         disp('valor_fin distinto al maximo inicial!!');
29     end
30
31     datos = datos - max(datos);
32
33     %%DIAGRAMA EN POLARES
34
35     division = 2*pi/length(datos);
36     theta = 0:division:2*pi - division;
37     gain = 10.^(datos./10);
38     rmin = min(datos);
39     rmax = max(datos);
40     circs=3;
41     deg=45;
42
43     figure
44     polar_dB(theta, gain, rmin, rmax, circs, deg)
45     saveas(gcf, fullfile('imagenes', [num2str(x) 'polar.png']));
46
47
48     %%ANCHO DEL HAZ
49
50     ancho_haz = hpbw(gain, theta);
51     disp(['Ancho del haz = ', num2str(ancho_haz)]);
52
53     mayor_media = sum(gain >= 0.5) - 1; %% Cuenta todos los elementos cuya
54         ganancia es mayor o igual a 0.5
55     ancho_haz = mayor_media * division * 360 / (2*pi);
56     disp(['Ancho del haz = ', num2str(ancho_haz)]);
57 end
```