



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Electrónica

## Sistemas Irradiantes (86.29)

Dipolo - Monopolo

Guía 2

June 18, 2020

SAMBRIZZI, Matias    98531    [msambrizzi@fi.uba.ar](mailto:msambrizzi@fi.uba.ar)

# 1 Dipolo

Se tiene un dipolo de longitud  $L = 1\text{ m}$ , radio  $a = 1\text{ mm}$  y conductividad  $\sigma = 5.8 \cdot 10^7\text{ S/m}$

## 1.1 Dipolo Corto

El dipolo se puede considerar delgado cuando el radio del mismo es mucho menor que su longitud, en este caso esto se cumple.

$$L \gg a \quad (1)$$

Esta condición permite simplificar el problema tomando que el dipolo es unidimensional. Entonces, la corriente solo tendrá dependencia con una de las 3 dimensiones espaciales. La distribución de la corriente de una antena dipolo centrada en el origen de coordenadas y orientada en dirección del eje Z se podrá expresar matemáticamente como

$$I(x, y, z) = I_m \sin\left(\beta \left[\frac{L}{2} - |z|\right]\right) \quad (2)$$

A diferencia de las antenas dipolo corto, donde la distribución de corriente es lineal, en este caso la corriente sigue una forma de onda sinusoidal.

## 2 Simulaciones

Se realizaron algunos cálculos en *python3* sobre el dipolo.

### 2.1 Resistencia de Radiación y Pérdidas

La resistencia de radiación del dipolo se calcula como

$$R_{rad} = 60 \int_0^\pi \frac{\left[\cos\left(\pi \frac{L}{\lambda}\right) - \cos\left(\pi \frac{L}{\lambda}\right)\right]}{\sin(\theta)} d\theta \quad (3)$$

Mientras que la resistencia de pérdidas del dipolo se calcula como

$$R_{perd} = \frac{\sqrt{L}}{2\pi\sigma} \sqrt{\frac{\pi c \mu}{\sigma}} \sqrt{\frac{L}{\lambda}} \left[1 - \text{sinc}\left(\frac{2\pi L}{\lambda}\right)\right] \quad (4)$$

Se utilizaron estas dos expresiones para simular las resistencias en *Python3*. Ambas simulaciones se realizaron para el siguiente rango  $0.01 < \frac{L}{\lambda} < 1$

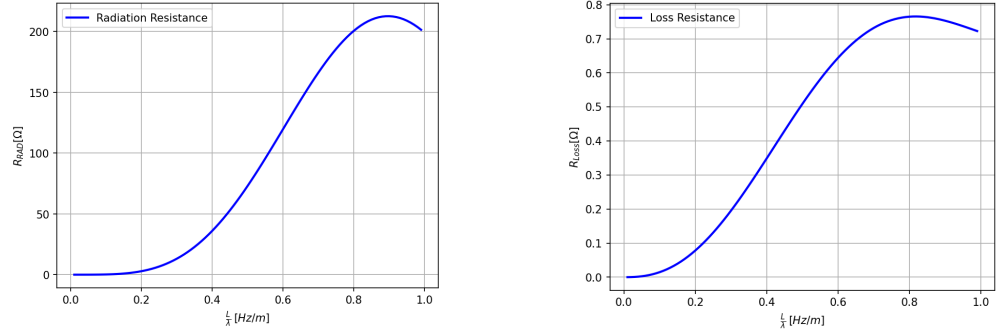


Figure 1: Resistencia de radiación y de pérdidas de un dipolo en función de  $L/\lambda$

## 2.2 Rendimiento

El rendimiento de la antena se calcula como la relación entre la potencia útil o radiada por la antena y la potencia total utilizada por la antena o la suma entre la potencia radiada y la de pérdidas.

$$\eta = \frac{R_{rad}}{R_{perdidas} + R_{rad}} \quad (5)$$

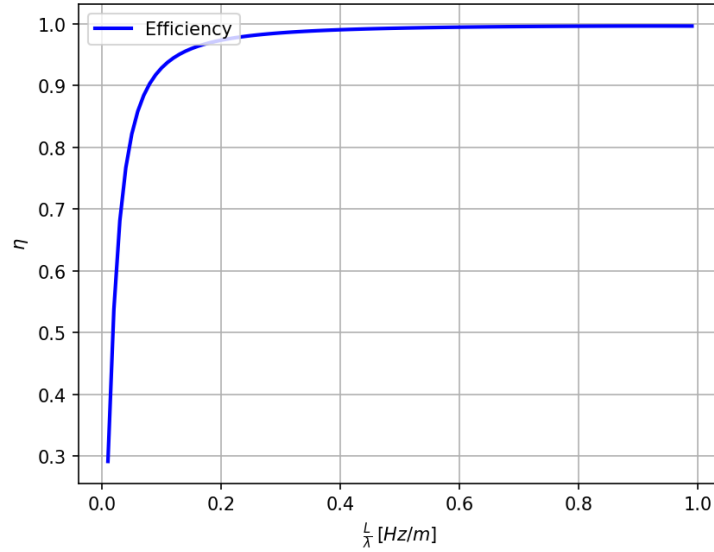


Figure 2: Rendimiento del dipolo

Se puede observar que para valor de  $L/\lambda > 1/10$  el valor de la resistencia de pérdidas se puede considerar despreciable con respecto a la de radiación

## 2.3 Directividad

La directividad es el parámetro de la antena que mide cuan directivo es el diagrama de radiación de una antena. Esta, se calcula como la relación de la intensidad de radiación máxima de la antena y la de un foco isotrópico que irradia igual en todas las direcciones. Para un dipolo esta relación de intensidades resulta ser

$$D = \frac{2F(\theta)|_{max}}{\int_0^\pi F(\theta)\sin(\theta)d\theta} \quad (6)$$

En la ecuación 6,  $F(\theta)$  es el factor del diagrama de radiación de la antena y se calcula como

$$F(\theta) = \left[ \frac{\cos\left(\pi \frac{L}{\lambda} \cos(\theta)\right) - \cos\left(\pi \frac{L}{\lambda}\right)}{\sin(\theta)} \right]^2 \quad (7)$$

A continuación se muestra el gráfico de la directividad simulada

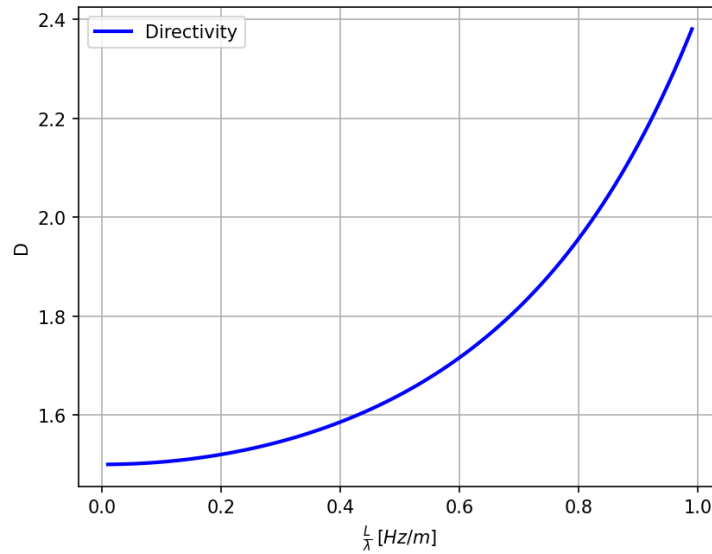


Figure 3: Directividad en Veces de un Dipolo en función de  $L/\lambda$

En el gráfico 3 se puede notar como varia la directividad de un dipolo en función de la relación entre la frecuencia y la longitud de onda. Se puede observar que la directividad toma valores entre 1.5 y 2.4.

## 2.4 Ganancia

La ganancia de una antena se define como la directividad sin contar las pérdidas que se generan en ella. Matemáticamente se define como

$$G = \eta \cdot D \quad (8)$$

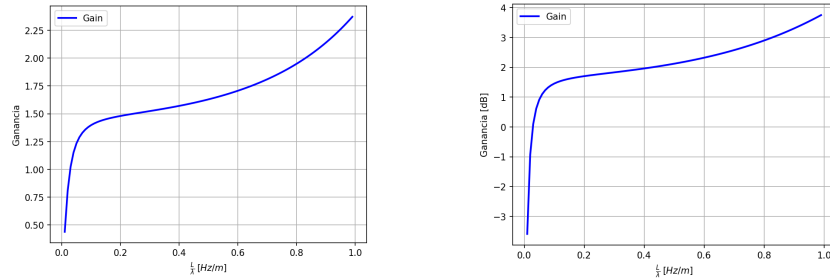
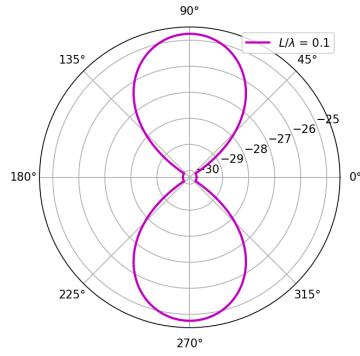


Figure 4: Ganancia de la antena en veces a la izquierda y en dB a la derecha

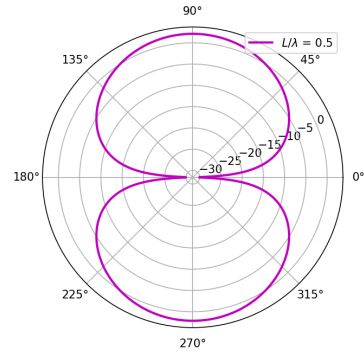
En la Figura 4 se pueden observar los gráficos de la ganancia de la antena dipolo en veces y en dB. Se puede notar que dentro del rango se mantiene en valores entre 1.5 y 2.25

## 2.5 Diagramas de Radiación

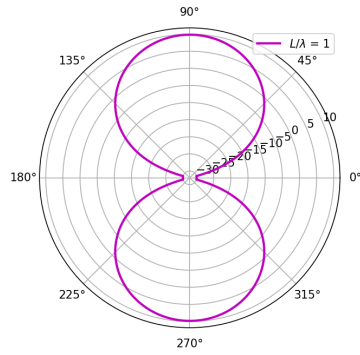
Se calculó el diagrama de radiación del dipolo para distintos valores de  $L/\lambda$ . Se calculó la variación angular de la radiación de la antena como  $G \cdot F(\theta)$  donde  $G$  es la ganancia y  $F$  es el factor del diagrama de radiación de la antena. Se obtuvieron los siguientes gráficos



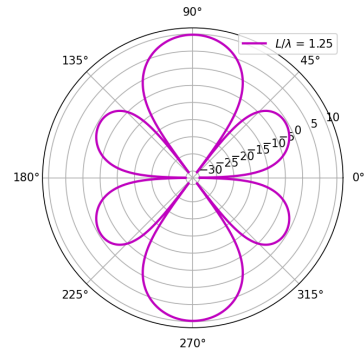
(a)  $L/\lambda = 0.1$



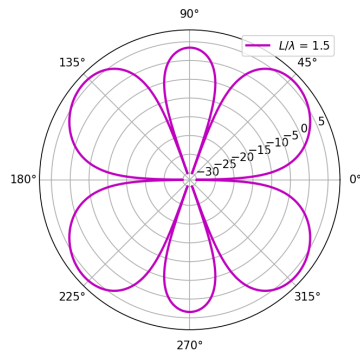
(b)  $L/\lambda = 0.5$



(c)  $L/\lambda = 1$



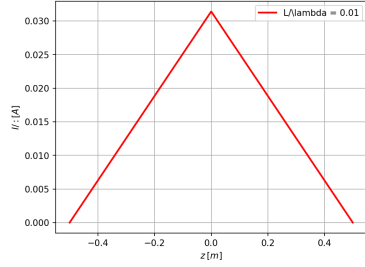
(d)  $L/\lambda = 1.25$



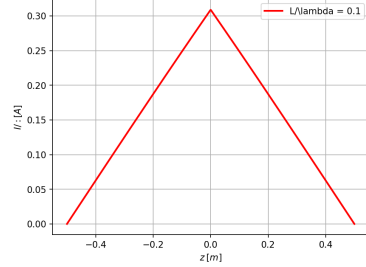
(e)  $L/\lambda = 1.5$

## 2.6 Distribución de Corriente

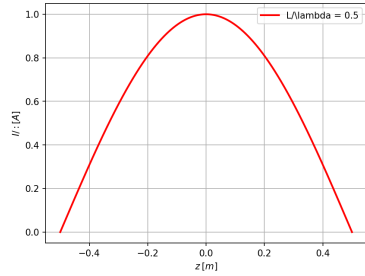
En este caso se simuló la distribución de corriente a lo largo del dipolo, es decir, en función de la posición para distintos valores de  $L/\lambda$ .



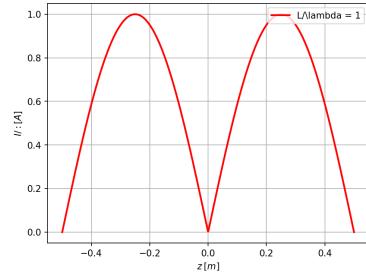
(a)  $L/\lambda = 0.01$



(b)  $L/\lambda = 0.1$



(c)  $L/\lambda = 0.5$



(d)  $L/\lambda = 1$

## 2.7 Distintos dipolos

Se calcularon los parámetros para distintos tipos de dipolos

	Dipolo Hertz	Dipolo Corto	Dipolo Media Onda
$R_{rad}[\Omega]$	1.94e-9	0.19	73
$R_{perdidas}[\Omega]$	1.49e-7	0.014	0.5
$\eta$	0.012	0.92	0.99
<i>Directividad</i>	1.5	1.5	1.64
<i>Ganancia</i>	0.19	1.39	1.69

## 3 Monopolo

El Monopolo se comportará como un dipolo largo de longitud  $2 \cdot H$ , donde  $H$  es la altura del monopolo. Esto se puede corroborar utilizando el método de imágenes para el análisis. En este caso, La altura del monopolo es de  $H = 0.5m$ , con el mismo radio y conductividad que el dipolo analizado previamente.

### 3.1 Resistencia de Radiación

Utilizando el método de imágenes se puede analizar al monopolo de altura  $H$  como un dipolo de largo  $2H$ . Sabiendo esto, y que el radio y conductividad son iguales al dipolo previamente analizado, las resistencias de radiación y de perdidas resultan ser la mitad de las del dipolo de largo  $L$ .

$$R_{rad} = \frac{R_{rad_{DIPOLO}}}{2} \quad (9)$$

$$R_{perdidas} = \frac{R_{perdidas_{DIPOLO}}}{2} \quad (10)$$

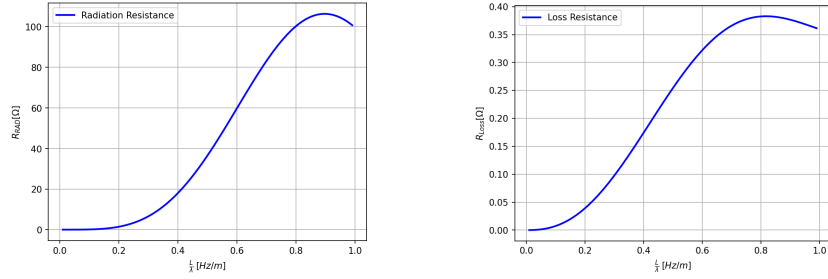


Figure 7: Resistencia de radiación y de pérdidas del monopolo en función de  $L/\lambda$

### 3.2 Rendimiento

El rendimiento no se verá afectado por el cambio en el largo del dipolo, ya que este cambio de longitud afecta de igual manera a la resistencia de pérdidas y a la de radiación, como el rendimiento se calcula como la relación entre estas dos, entonces, este cambio en la relación se cancela. El rendimiento será idéntico al del dipolo. Fig. 2.

### 3.3 Directividad

El monopolo irradia la misma potencia que el dipolo pero en la mitad del espacio. Esto se traduce en un aumento de dos veces en la directividad con respecto a la del dipolo analizando previamente.

$$D_{Monopolo} = 2 \cdot D_{Dipolo} \quad (11)$$



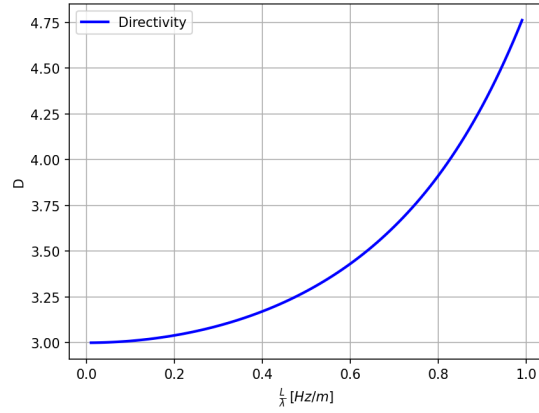


Figure 8: Directividad en Veces de un Dipolo en función de  $L/\lambda$

### 3.4 Ganancia

Como la ganancia es proporcional a la directividad, se verá afectada de la misma forma

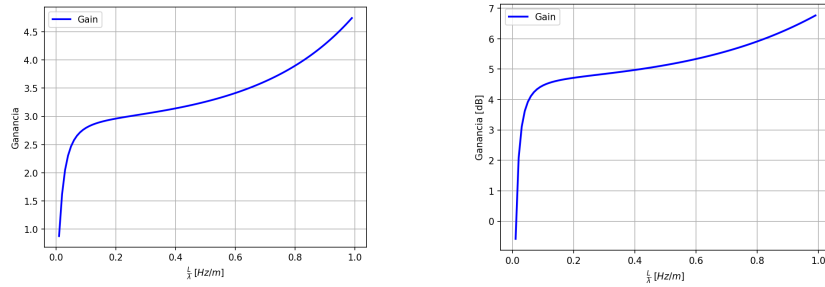
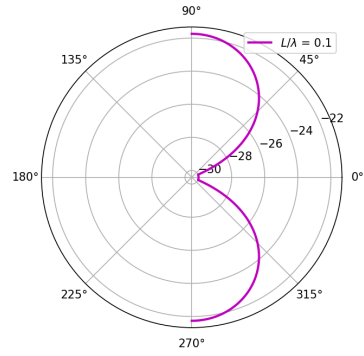


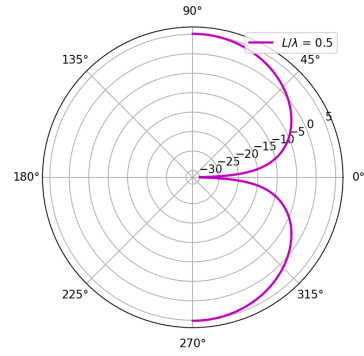
Figure 9: Ganancia del monopolo en función de  $L/\lambda$

### 3.5 Diagramas de Radiación

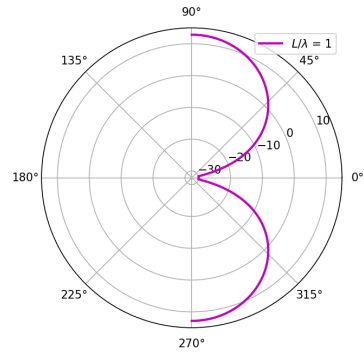
Los diagramas de radiación del dipolo y el monopolo tienen una forma similar con la diferencia de que el monopolo solo irradiará la mitad del espacio. Como la directividad de este último es el doble que la del dipolo, habrá un aumento de 3dB en la radiación del monopolo con respecto al dipolo.



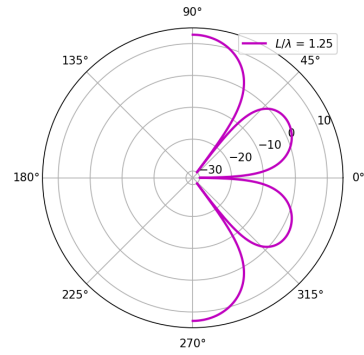
(a)  $L/\lambda = 0.1$



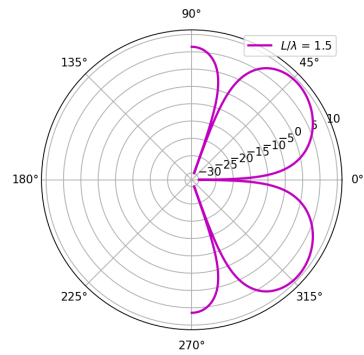
(b)  $L/\lambda = 0.5$



(c)  $L/\lambda = 1$



(d)  $L/\lambda = 0.5$



(e)  $L/\lambda = 0.5$

Figure 10: Diagramas de radiación del monopolo para distintos valores de  $L/\lambda$