

# Chapter 1

## Introducción a las Antenas

### 1.1 Definición de antenas

Las antenas son dispositivos que convierten señales eléctricas en ondas electromagnéticas, o viceversa. Una antena convierte la energía de radiofrecuencia en energía radiada hacia el espacio libre o captura ondas electromagnéticas de un medio propagante, como el aire. La conversión de energía de ondas electromagnéticas a señales eléctricas o de señales eléctricas a ondas electromagnéticas es esencial para la transmisión y recepción de señales en sistemas de comunicaciones inalámbricas.

### 1.2 Clasificación de las antenas

Las antenas se pueden clasificar según su geometría o su comportamiento en el sistema de transmisión.

#### 1.2.1 Clasificación según la geometría

Las antenas se clasifican en varios tipos dependiendo de su forma y estructura. Algunas de las clasificaciones más comunes son:

- **Antenas dipolares:** Son las más simples, consisten en dos elementos conductores, generalmente de forma lineal.



- **Antenas de parche:** Antenas de geometra plana, which are ampliamente used in dispositivos móviles.



- **Antenas de bocina:** Tienen una estructura en forma de campana y se usan para aplicaciones de alta frecuencia.

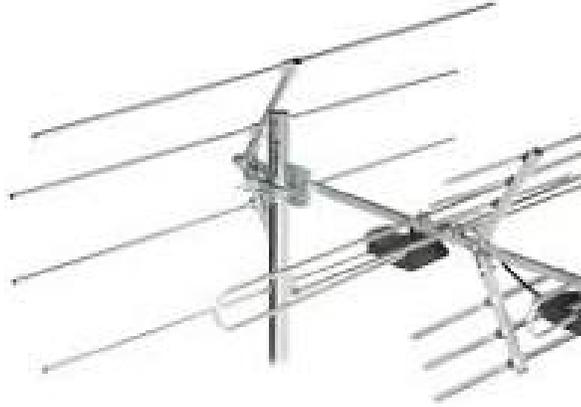


- **Antenas parabólicas:** Tienen un reflector parabólico que enfoca las ondas en un solo punto.



### 1.2.2 Clasificación según su comportamiento

- **Antenas de banda ancha:** mantienen alguno de sus parámetros (impedancia, dirección del haz principal, directividad, etc) constantes o con variaciones pequeñas en un margen de frecuencias grande. Son independientes de la frecuencia.



- **Antenas Miniatura:** Sus dimensiones son mucho mas pequeñas que la longitud de ona.

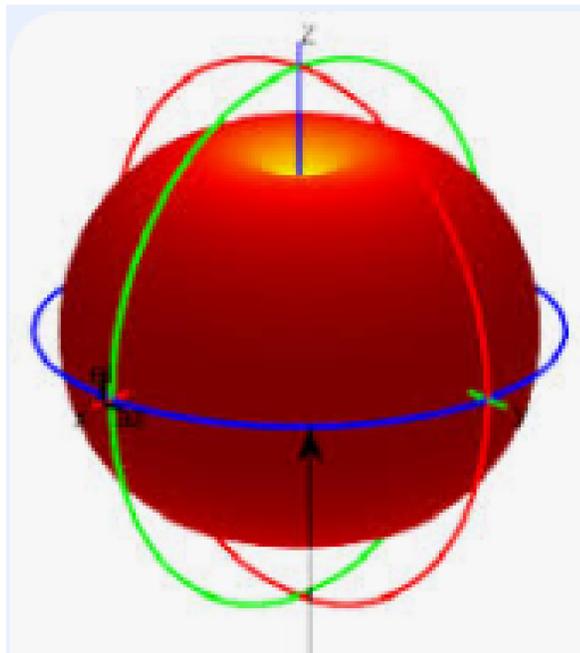


- **Antenas Multibanda:** puede soportar dos o más bandas. Puede estar formada por dos o más antenas combinadas distintas

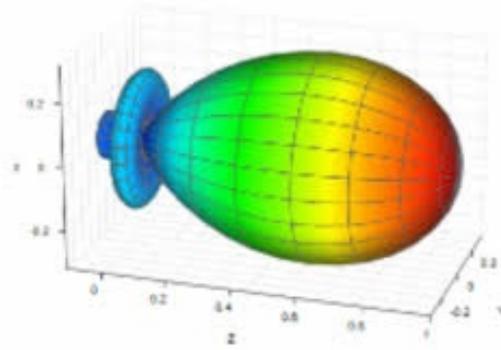


### 1.2.3 Clasificación según su patrón de radiación

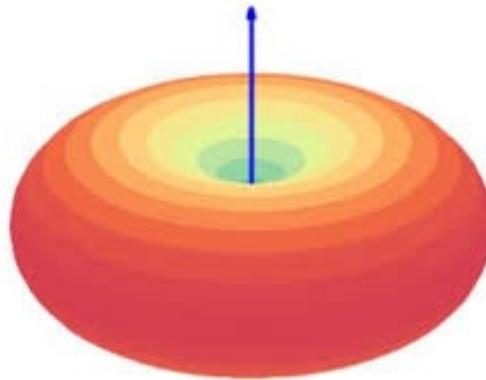
- **Antenas isotrópicas:** Son antenas teóricas que radiarían en todas las direcciones por igual. Son el modelo ideal de una antena, pero no existen físicamente.



- **Antenas direccionales:** Son antenas que tienen un patrón de radiación que se concentra en una dirección particular.



- **Antenas omnidireccionales:** Radiación uniforme en todas las direcciones en el plano horizontal.



## 1.3 Sistemas de Coordenadas en Antenas

Los **sistemas de coordenadas** son fundamentales para la representación de la posición y la dirección de las antenas, así como en el análisis de sus patrones de radiación. Los sistemas de coordenadas más utilizados en la ingeniería de antenas son: **cartesianas**, **cilíndricas** y **esféricas**. Cada uno se adapta mejor a diferentes tipos de geometrías y cálculos.

### 1.3.1 Coordenadas Cartesianas

Las **coordenadas cartesianas** son las más sencillas y comunes en muchos problemas. Se definen mediante tres ejes perpendiculares entre sí, generalmente denotados por  $x$ ,  $y$  y  $z$ .

#### 1.3.1.1 Fórmulas

- Posición de un punto:  $(x, y, z)$
- Distancia entre dos puntos:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

### 1.3.1.2 Uso en antenas

En el caso de antenas, las coordenadas cartesianas son útiles para describir posiciones en el espacio de forma general. Sin embargo, no son tan prácticas para representar patrones de radiación de una antena, ya que las antenas suelen estar diseñadas en formas más simétricas, como esféricas o cilíndricas.

## 1.3.2 Coordenadas Cilíndricas

Las **coordenadas cilíndricas** se utilizan cuando la geometría del sistema tiene una simetría circular o cilíndrica. En este sistema, un punto se describe mediante tres parámetros:  $r$  (radio),  $\phi$  (ángulo azimutal) y  $z$  (altura).

### 1.3.2.1 Fórmulas

- Relación con coordenadas cartesianas:

$$x = r \cdot \cos(\phi), \quad y = r \cdot \sin(\phi), \quad z = z$$

- Distancia en coordenadas cilíndricas entre dos puntos:

$$d = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos(\phi_2 - \phi_1)}$$

### 1.3.2.2 Uso en antenas

Este sistema es útil para analizar antenas con simetría alrededor de un eje, como las antenas de dipolos o antenas de parche. Los patrones de radiación también pueden representarse más fácilmente en coordenadas cilíndricas.

## 1.3.3 Coordenadas Esféricas

Las **coordenadas esféricas** son especialmente útiles para analizar patrones de radiación de antenas, ya que la mayoría de las antenas tienen simetría esférica o hemisférica en su radiación. En este sistema, un punto se describe mediante tres parámetros:  $r$  (radio),  $\theta$  (ángulo polar o de elevación) y  $\phi$  (ángulo azimutal).

### 1.3.3.1 Fórmulas

- Relación con coordenadas cartesianas:

$$x = r \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\phi), \quad y = r \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\phi), \quad z = r \cdot \cos(\theta)$$

### 1.3.3.2 Uso en antenas

Las coordenadas esféricas se utilizan para describir patrones de radiación en términos de los ángulos de elevación  $\theta$  y azimut  $\phi$ , que son cruciales para caracterizar la distribución de energía radiada por la antena.

## 1.4 El espectro radioeléctrico

El **espectro electromagnético** es el rango completo de todas las frecuencias de radiación electromagnética. La radiación electromagnética incluye luz visible, microondas, rayos X, radiofrecuencias y más. Estas ondas son generadas por cargas eléctricas en movimiento y se caracterizan por su frecuencia ( $f$ ) o longitud de onda ( $\lambda$ ).

El espectro electromagnético se divide en diferentes regiones, según la frecuencia o longitud de onda de las ondas electromagnéticas. Cada una de estas regiones tiene características y aplicaciones específicas.

### 1.4.1 Características de las Ondas Electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas tienen dos propiedades fundamentales:

- **Frecuencia** ( $f$ ): Es el número de oscilaciones de la onda por segundo, medida en hertzios (Hz).
- **Longitud de onda** ( $\lambda$ ): Es la distancia entre dos puntos consecutivos en una onda, como dos crestas sucesivas. Se mide en metros (m).

La relación entre la frecuencia y la longitud de onda está dada por la ecuación:

$$c = \lambda f$$

donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío ( $c = 3 \times 10^8$  m/s).

### 1.4.2 Las Regiones del Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético se divide en diferentes categorías según la frecuencia y la longitud de onda. A continuación, se describen las principales regiones del espectro:

#### 1.4.2.1 Ondas de Radio

Las ondas de radio tienen las frecuencias más bajas en el espectro electromagnético, con longitudes de onda que pueden ser tan grandes como varios kilómetros.

- Frecuencia:  $3 \times 10^3$  Hz –  $3 \times 10^{11}$  Hz
- Longitud de onda:  $10^3$  m –  $10^{-3}$  m

#### 1.4.2.2 Microondas

Las microondas son ondas electromagnéticas con frecuencias más altas que las ondas de radio, utilizadas comúnmente en comunicaciones y en los hornos microondas.

- Frecuencia:  $3 \times 10^8$  Hz –  $3 \times 10^{12}$  Hz
- Longitud de onda:  $10^{-3}$  m –  $10^{-1}$  m

### 1.4.2.3 Infrarrojo

El infrarrojo es la radiación electromagnética con longitudes de onda más largas que la luz visible. El calor que percibimos proviene en gran parte de radiación infrarroja.

- Frecuencia:  $3 \times 10^{12} \text{ Hz} - 4.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- Longitud de onda:  $10^{-5} \text{ m} - 7.5 \times 10^{-7} \text{ m}$

### 1.4.2.4 Luz Visible

La luz visible es la parte del espectro electromagnético que es detectada por el ojo humano. Su rango de longitudes de onda varía entre 400 nm (violeta) y 700 nm (rojo).

- Frecuencia:  $4.3 \times 10^{14} \text{ Hz} - 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- Longitud de onda:  $7.5 \times 10^{-7} \text{ m} - 4.3 \times 10^{-7} \text{ m}$

### 1.4.2.5 Ultravioleta

Las ondas ultravioletas tienen frecuencias más altas que la luz visible y son responsables de efectos como el bronceado de la piel.

- Frecuencia:  $7.5 \times 10^{14} \text{ Hz} - 3 \times 10^{16} \text{ Hz}$
- Longitud de onda:  $4 \times 10^{-7} \text{ m} - 1 \times 10^{-8} \text{ m}$

### 1.4.2.6 Rayos X

Los rayos X son ondas electromagnéticas de alta frecuencia que se utilizan en la medicina para obtener imágenes del interior del cuerpo humano.

- Frecuencia:  $3 \times 10^{16} \text{ Hz} - 3 \times 10^{19} \text{ Hz}$
- Longitud de onda:  $10^{-8} \text{ m} - 10^{-12} \text{ m}$

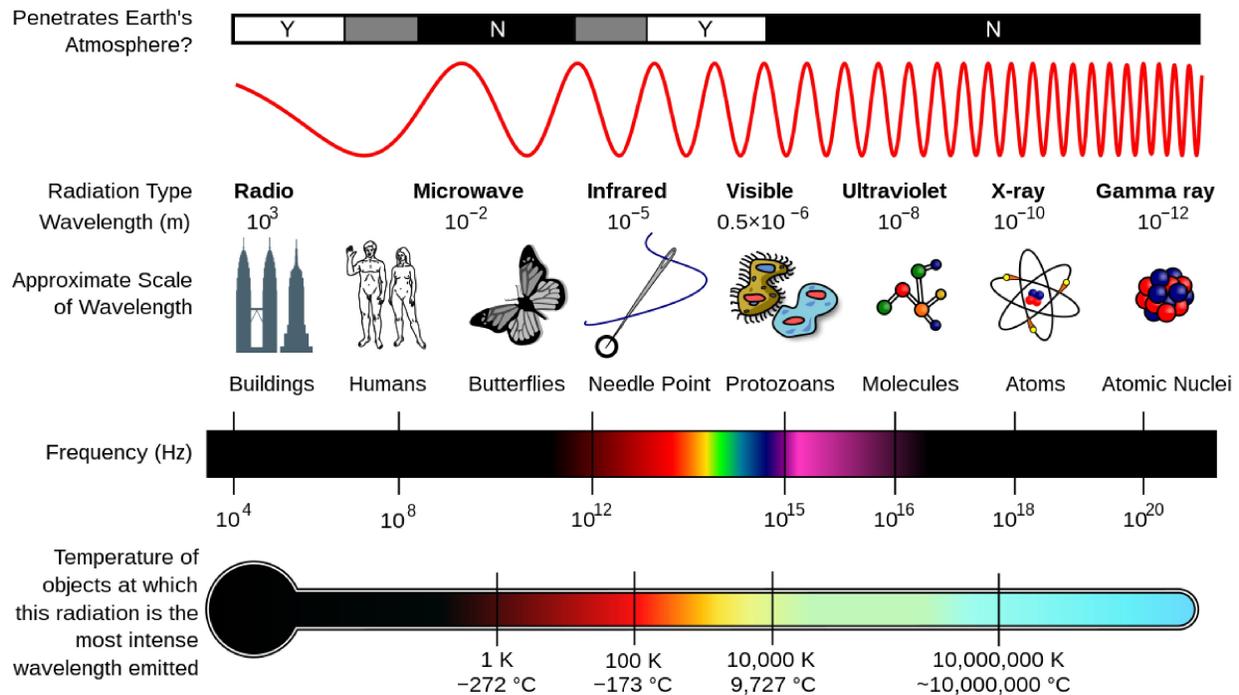
### 1.4.2.7 Rayos Gamma

Los rayos gamma tienen las frecuencias más altas y son emitidos por materiales radiactivos. Son muy energéticos y tienen aplicaciones en la radioterapia.

- Frecuencia:  $f > 3 \times 10^{19} \text{ Hz}$
- Longitud de onda:  $\lambda < 10^{-12} \text{ m}$

### 1.4.3 Diagrama del Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético se puede visualizar como un diagrama que muestra las diferentes regiones según la frecuencia o la longitud de onda. A continuación, se muestra un diagrama típico del espectro electromagnético.



### 1.5 Aplicaciones del Espectro Electromagnético

Cada una de las regiones del espectro electromagnético tiene aplicaciones específicas, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- **Ondas de radio:** Radiodifusión, televisión, comunicaciones inalámbricas.
- **Microondas:** Comunicaciones satelitales, radares, hornos microondas.
- **Infrarrojo:** Sensores térmicos, visión nocturna, control remoto.
- **Luz visible:** Visión humana, fotografía, iluminación.
- **Ultravioleta:** Esterilización, bronceado, detección de materiales.
- **Rayos X:** Imágenes médicas, seguridad.
- **Rayos Gamma:** Tratamiento de cáncer, estudios nucleares.