

# Redes Inalámbricas

---

FUNDAMENTOS DE RF

ALEJANDRO CANAVESI

# Logaritmos

Fundamentos de Radio Frecuencia

La valor de energia (potencia) que emite un equipo transmisor respecto a al valor de energia que recibe o capta un equipo recptor es muy pero muy baja.

Por ejemplo, un equipo WiFi que emite 100 mW le llega a un PC del orden de los 0,00001mW.

Como se pueden imaginar, lograr hacer operaciones con ese rango de valores, seria muy complicado.


Por esta razon, en redes inalambricas se trabaja en una escla diferente que no es lineal, sino que es LOGARITMICA.

# Logaritmos

- Permite trabajar con rangos de números muy dispares
  - Incómodo trabajar con rangos tan grandes
- Escala no lineal
- Simplifica cuentas

UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay

# Logaritmos



A diagram of a power amplifier is shown. It consists of a triangle representing the amplifier, with an input line on the left labeled  $P_i$  and an output line on the right labeled  $P_o$ . Below the triangle is the letter  $G$ , representing the gain.

$$10 \log \frac{P_o}{1W} = 10 \log \frac{P_i}{1W} + 10 \log G$$
$$dBW_o = dBW_i + G(dB)$$

# Logaritmos

## Pesos

- Mosca pesa 0,00000501g
- Pájaro pesa 2.000 g
- Elefante pesa 9.000.000 g
- Ballena pesa 120.000.000 g

## Tacto

- Podemos sentir el peso de un “Ganchito” de una engrapadora 0,03g
- Podemos sentir el peso de 30 Kg

Para representar esto en una escala aritmética normal, sería casi imposible. Se requiere mucho papel .

# Logaritmos

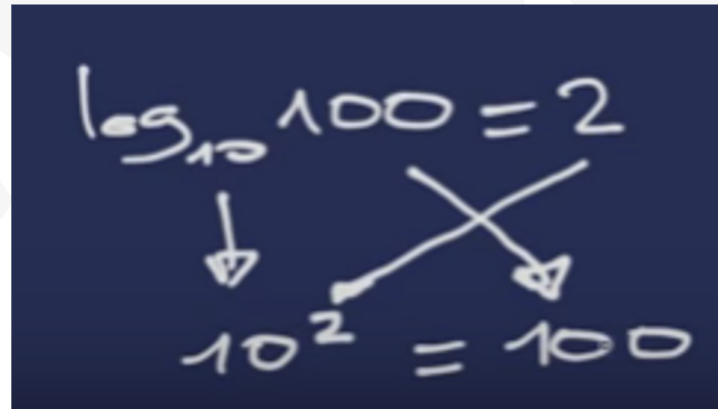
Sonido

dB	Multiplicador	Sonidos típicos
120	1000000000000	Umbral del dolor
110	100000000000	Martillo neumático
100	10000000000	Fábrica
90	1000000000	Calle ruidosa
80	100000000	Oficina ruidosa
70	10000000	Aspiradora
60	1000000	Oficina
50	100000	Auto en marcha
40	10000	Conversación Promedio
30	1000	Conversación voz baja
20	100	Conversación Susurro
10	10	Respiración
0	1	Umbral de audio

# Logaritmos

- Para nuestro caso, trabajamos con logaritmos en base 10

$$\log_{10} a = b \mid 10^b = a$$



Handwritten diagram illustrating the relationship between logarithms and powers of 10:

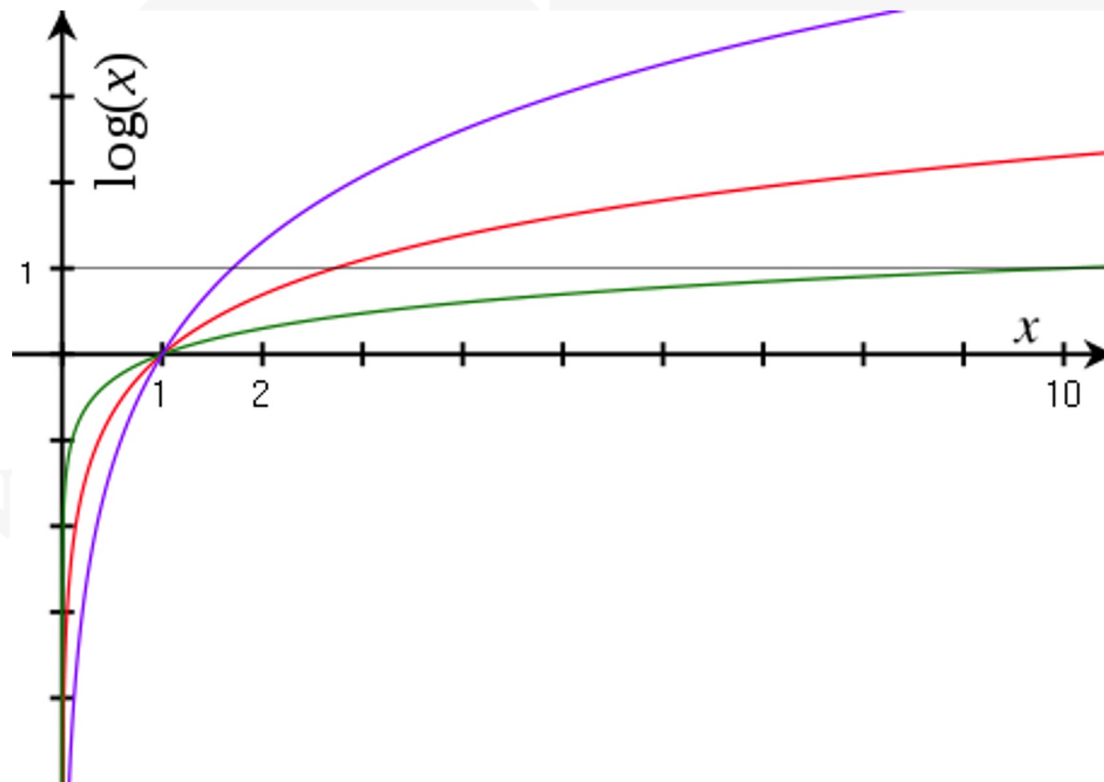
$$\log_{10} 100 = 2$$

↓

$$10^2 = 100$$

The diagram shows two equations connected by arrows. A vertical arrow points from the first equation to the second. Two diagonal arrows cross each other, pointing from the '2' in the first equation to the '100' in the second, and from the '100' in the first equation to the '2' in the second, illustrating the inverse relationship between the logarithm and the power.

# Logaritmos





# Logaritmos

## Unidades de medida

dB – decibel (décima parte del Bell)

Debido a las potencias que se manejan en mW, se habla de dBm

$$\text{Potencia [dBm]} = 10 * \log (P[\text{mW}]/1 \text{ mW})$$

UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay

# Logaritmos

$$dBm = 10 \times \log_{10} mW$$

$$mW = 10^{\left(\frac{dBm}{10}\right)}$$

# Logaritmos (mW a dBm)

Ej: 100 mW

$$\log_{10} \text{ de } 100 = 2$$

$$2 \times 10 = 20 \text{ dBm}$$

Ej: 97 mW

$$\log_{10} \text{ de } 97 = 1,9867$$

$$1,9867 \times 10 = 19,867 \text{ dBm}$$

Ej: 300 mW

$$\log_{10} \text{ de } 300 = 2,4771$$

$$2,4711 \times 10 = 24,711 \text{ dBm}$$

# Logaritmos (dBm a mW)

Ej: 30 dBm

$$30 / 10 = 3$$

$$10 \text{ elevado a la } 3 = 1000 \text{ mW}$$

Ej: 5 dBm

$$5 / 10 = 0,5$$

$$10 \text{ elevado a la } 0,5 = 3,16 \text{ mW}$$

Ej: 19 dBm

$$19 / 10 = 1,9$$

$$10 \text{ elevado a la } 1,9 = 79,43 \text{ mW}$$

$$\text{Potencia [dBm]} = 10 * \log (P[\text{mW}]/1 \text{ mW})$$

<b>W</b>	<b>mW</b>	<b>dBm</b>
1	1000	30
0,5	500	27
0,1	100	20
0,05	50	17
0,01	10	10
0,008	8	9
0,004	4	6
0,002	2	3
0,001	1	0
0,0005	0,5	-3
0,0001	0,1	-10
0,00001	0,01	-20
0,000001	0,001	-30
0,0000001	0,0001	-40
0,00000001	0,00001	-50
0,000000001	0,000001	-60
0,0000000001	0,0000001	-70
.0,000000000001	0,00000001	-80
.0,0000000000001	0,000000001	-90
.0,00000000000001	0,0000000001	-100

# Matemática de Radio Frecuencia

Fundamentos de Radio Frecuencia

Hay 4 importantes áreas sobre el cálculo de potencia en redes inalámbricas:

1. Potencia de transmisión de los dispositivos (Tx)
2. Pérdida y ganancia de los elementos entre el Tx y la antena, como ser conectores, cables, amplificadores, atenuadores, divisores.
3. Potencia en el último conector antes que la señal de RF ingrese a la antena (*Intentional Radiator*)
4. Potencia de salida de la antena (*EIRP*)

# Matemática de Radio Frecuencia

## Unidades de medida

Watt [W]

La unidad básica de medida de potencia es el Watt. 1 W equivale a 1 A (Ampere) de flujo de corriente a 1 V (Volt).

En telecomunicaciones 1W es una medida muy grande por lo que se suele trabajar con miliwatts, la milésima parte de 1W.  $1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$ .

Como referencia, la mayoría de los equipos de wifi de indoor trabajan con potencias no mayores a 200 mW.

# Matematica de Radio Frecuencia

## Unidades de medida

dB – decibel (decima parte del Bell)

Expresa una relación entre cantidades, y no una cantidad en si misma, vinculadas a través del logaritmo en base 10. Recordar  $\log_{10} a = b \mid 10^b = a$

$$\text{Atenuación [dB]} = 10 * \log (P_{Tx}[W]/P_{Rx}[W])$$

El potencia dada en mW puede expresarse en dBm, comparando la potencia con referencia a 1 mW:

$$\text{Potencia [dBm]} = 10 * \log (P[\text{mW}]/1 \text{ mW})$$

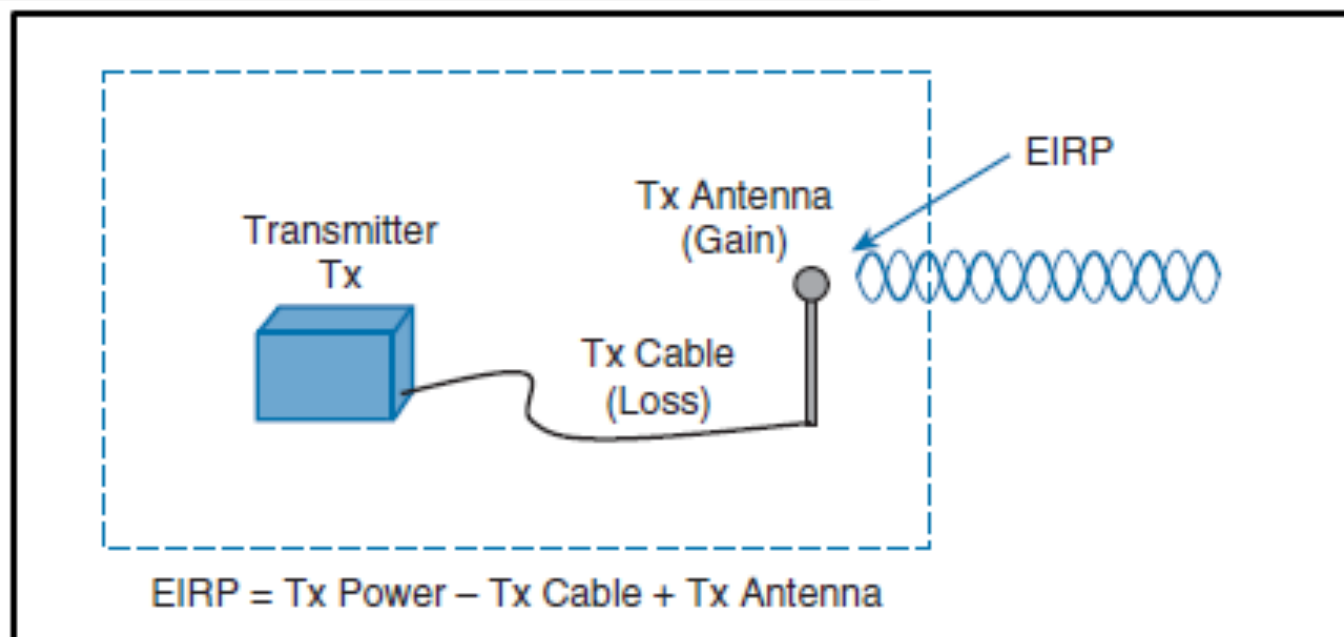
W	mW	dBm
1	1000	30
0,5	500	27
0,1	100	20
0,05	50	17
0,01	10	10
0,008	8	9
0,004	4	6
0,002	2	3
0,001	1	0
0,0005	0,5	-3
0,0001	0,1	-10
0,00001	0,01	-20



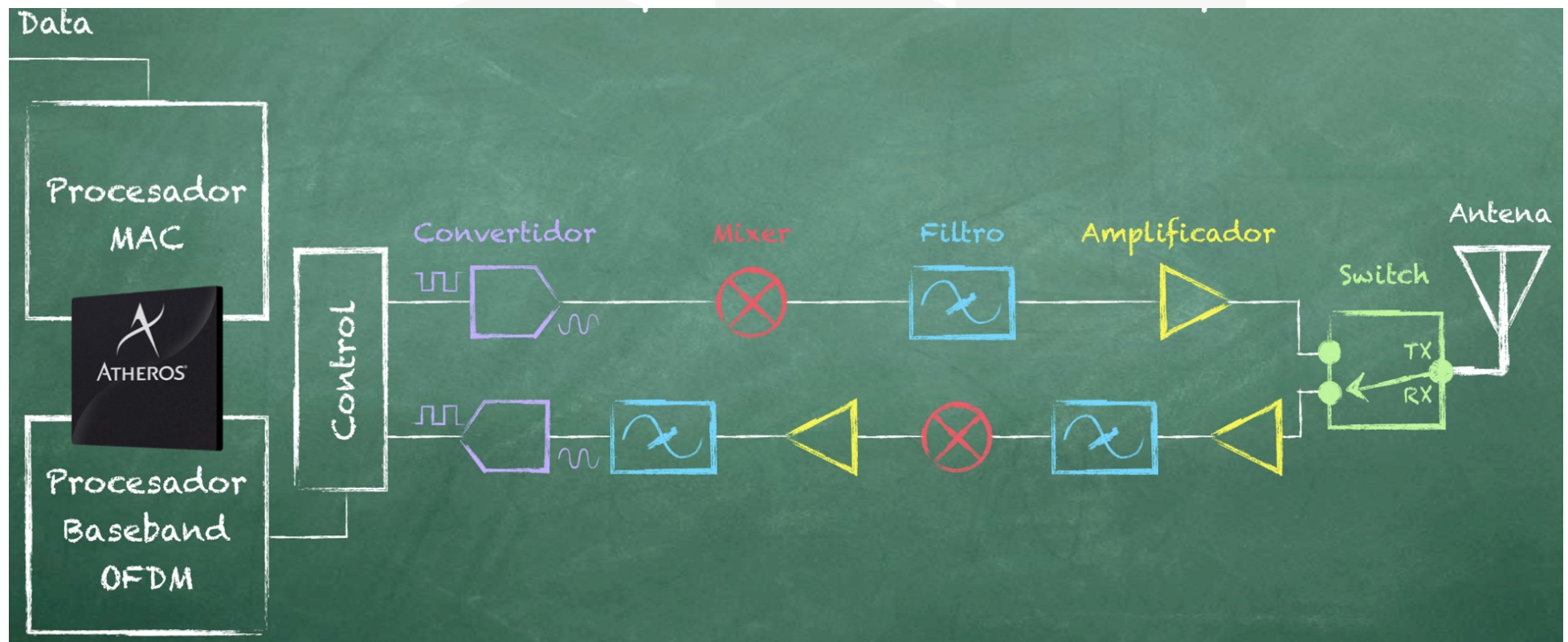
# Radio

Fundamentos de Radio Frecuencia

Poner



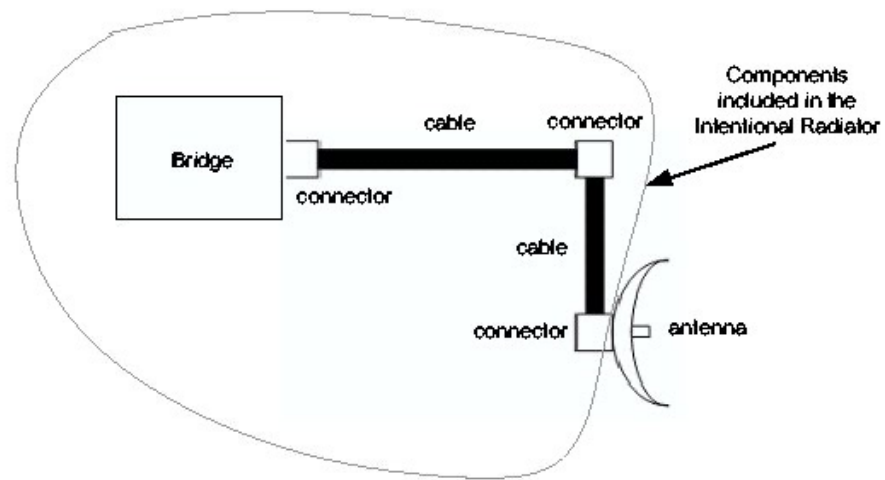
# Radio



# Radio

Es el dispositivo de RF especialmente diseñado para generar y radiar señales de RF.

En términos de hardware, el radio incluye el dispositivo de RF, cables y conectores, dejando por fuera la antena.



# Antena

Fundamentos de Radio Frecuencia

La antena como elemento, sin el amplificador y filtros típicamente asociados a ella, es un dispositivo pasivo. No hay acondicionamiento, amplificación, o manipulación de señal.

La antena puede crear el efecto de amplificación por virtud de su forma física. La amplificación de las antenas se da como resultado de enfocar la radiación de RF en un haz mas ajustado, de forma similar a un haz de luz de una linterna.

UNIVERSIDAD PORT  
Uruguay

# Antena

El enfoque de la radiación se mide por el ancho del haz, el cual se mide en grados horizontales y verticales. Por ejemplo una antena omni-direccional tiene un ancho de haz de  $360^\circ$ . Limitando el ancho del haz de  $360^\circ$  en un haz mas ajustado, por ejemplo  $30^\circ$ , considerando la misma potencia de entrada a la antena, obtenemos mayor intensidad en la onda de RF.

UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay

# Antena

## Antenas de RF

Una antena de RF es un dispositivo usado para convertir señales de alta frecuencia de (RF) de una línea de transmisión en un cable o guía de onda, en ondas electromagnéticas que se propagan por el aire o vacío.

Diferenciamos tres categorías de antenas:

1. Omni-direccional
2. Semi-direccional o sectorial
3. Direccional

# Antena

## Antenas de RF - omnidireccional

Dipolo. Es un tipo de antena omnidireccional ya que irradia la energía de igual manera en casi todas las direcciones alrededor del eje.

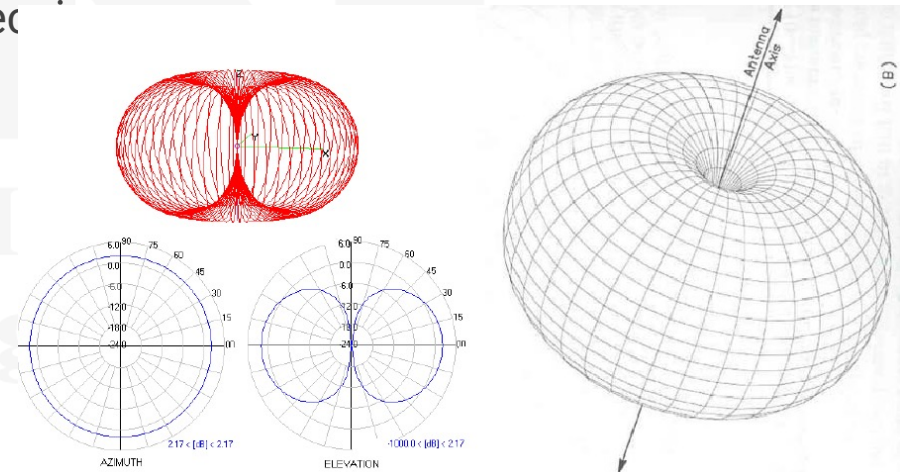
El radiador omnidireccional ideal se denomina radiador isotrópico, e irradiaría de forma esférica con igual potencia en todas las direcciones.

## Antenas de RF – Ganancia

La ganancia de una antena se expresa en relación al radiador isotrópico – dBi.

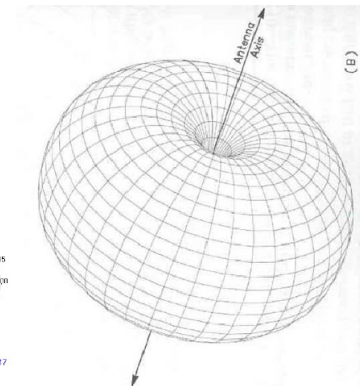
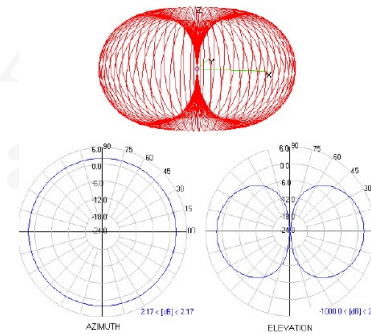
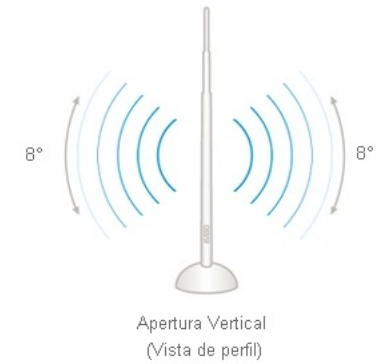
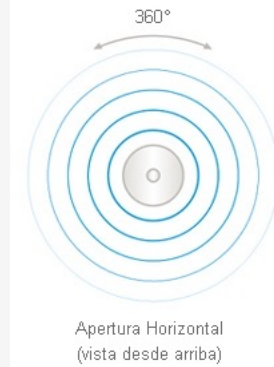
$$\text{Ganancia [dBi]} = 10 * \log I/I_i$$

Donde  $I$  es la intensidad de radiación de la antena,  $I_i$  es la intensidad de radiación del radiador isotrópico.



# Antena

## Antenas de RF - omnidireccional

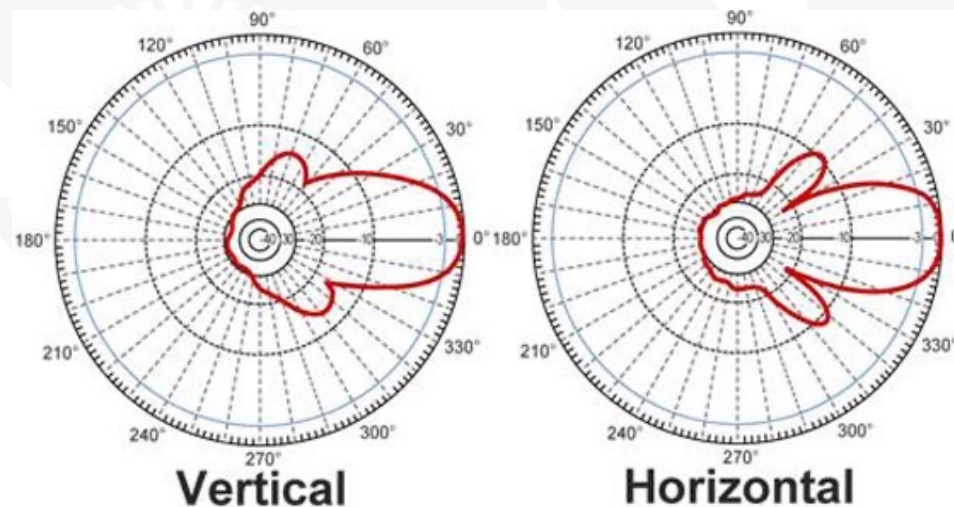




# Antena

## Antenas de RF – semidireccional

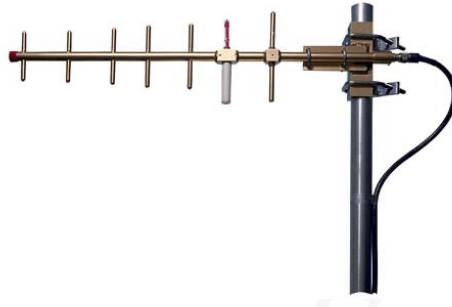
Las antenas semidireccionales tienen diferentes formas y tecnologías. Pueden utilizarse en ambientes de interior como para dar cobertura a un pasillo o desde una pared, o en ambientes de exterior para dar cobertura en zonas puntuales como piscinas, plazas de comidas, etc.



# Antena

## Antenas de RF – semidireccional

Ejemplos de antenas semidireccionales o sectoriales

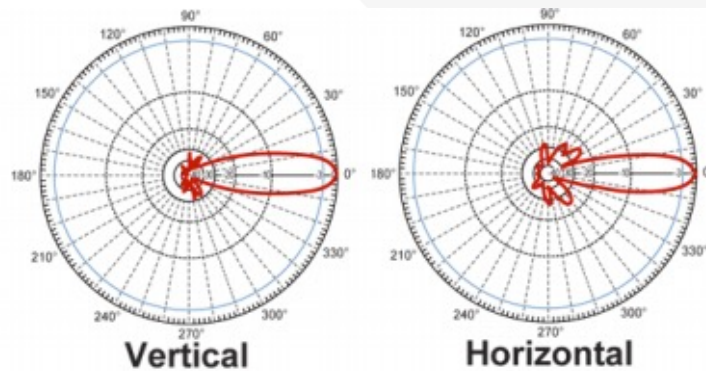


# Antena

## Antenas de RF – direccional

Este tipo de antenas cuentan con mayor ganancia y un haz mas estrecho que los tipos vistos anteriormente.

Típicamente se utilizan para establecer enlaces punto a punto, en configuraciones de outdoor.



# Antena

## Arreglo de antenas

*Antenna arrays* – es un grupo de dos o mas antenas que están integradas juntas para dar cobertura. Estas antenas operan en conjunto para realizar lo que se conoce como beamforming.

Beamforming es un método para concentrar la energía de RF. La concentración de una señal significa que la potencia de la señal será mayor y la SNR (relación señal a ruido) en el receptor por lo tanto también será mayor.

Hay tres tipos de beamforming

- Static beamforming
- Dynamic beamforming
- Transmit beamforming

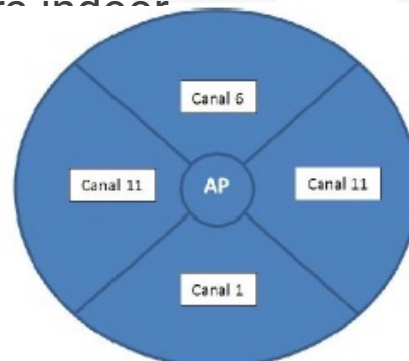
# Antena

## Antenas de RF – arreglo de antenas.

### Static beamforming

Se realiza mediante el uso de antenas direccionales para proporcionar un patrón de radiación fijo. Utiliza múltiples antenas direccionales, todas estrechamente agrupadas pero dirigidas lejos de un punto central o ubicación.

Static beamforming es solo otro término usado ocasionalmente cuando se refiere a un arreglo de antenas sectoriales para indoor.



# Antena

## **Arreglo de antenas.**

### Dynamic beamforming

Esta tecnología focaliza la energía de RF en una dirección específica y en una forma particular. Como static beamforming, la dirección y la forma de la señal se concentra, pero a diferencia de esta, el patrón de radiación de la señal puede cambiar de un instante a otro. Esta puede proveer una optima señal para cada estación cliente.

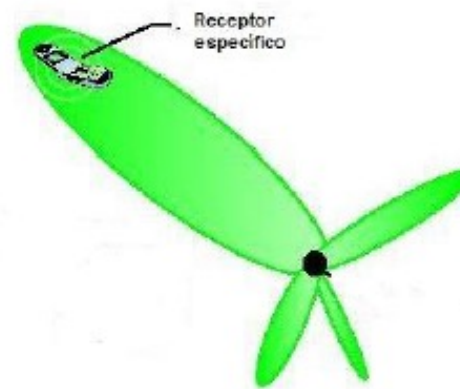
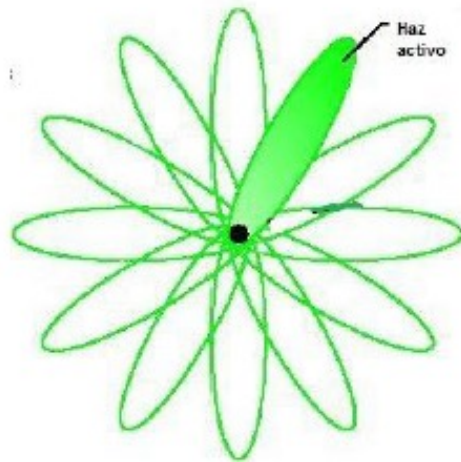
Dynamic beamforming utiliza un arreglo de antenas adaptativo que maniobra la señal hacia un receptor específico logrando una cobertura específica y evitando irradiar la señal innecesariamente hacia estaciones cliente y/o APs cercanos no vinculados a esa específica transmisión.

Uruguay

# Antena

## Arreglo de antenas.

Dynamic beamforming



# Antena

## **Arreglo de antenas.**

Transmit beamforming.

Se lleva a cabo mediante la transmisión de múltiples señales desfasadas con la intención que lleguen en fase al punto donde el transmisor cree que el receptor se encuentra.

En esta tecnología no se cambia el patrón de radiación, por lo que no es realmente una tecnología de arreglo de antenas, sino una tecnología de procesamiento digital de las señales.

UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay



# Antena

Otros conceptos importantes en relación a las antenas de RF:

1. Polarización
2. Ganancia
3. Ancho del haz
4. Pérdida de espacio libre

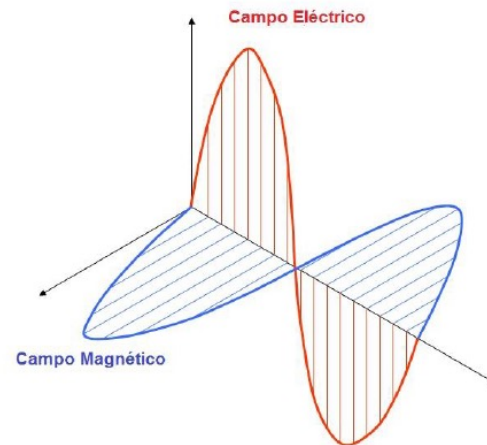
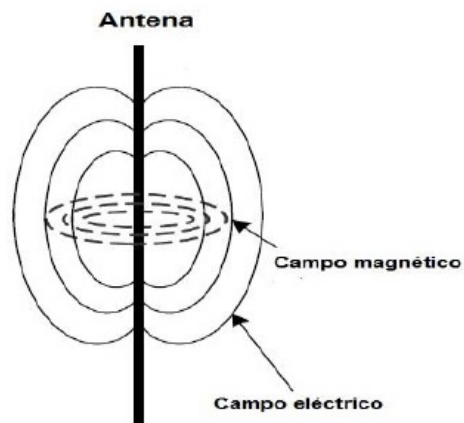
UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay

# Antena

## Polarización

Las ondas de radio están compuestas por dos campos: magnético y eléctrico. La suma de los dos campos se denomina campo electromagnético. La energía se transfiere de ida y vuelta de un campo a otro en un proceso conocido como oscilación.

Estos dos campos están en planos perpendiculares como se muestra en la figura:



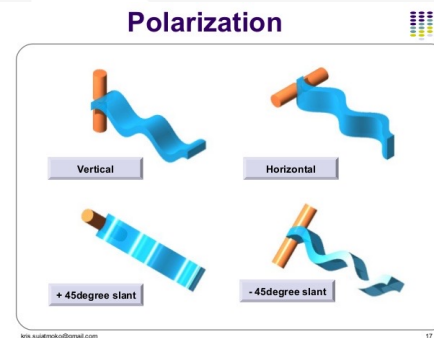
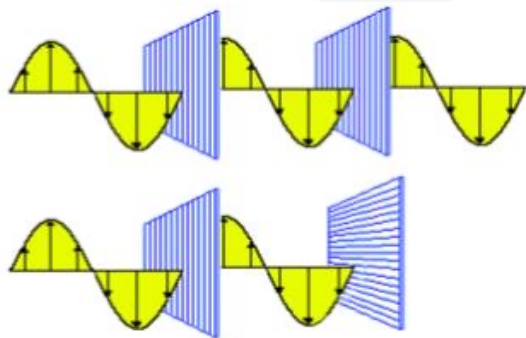
# Antena

## Polarización

La polarización de la señal corresponde a la dirección de la componente del campo eléctrico.

Las antenas se diseñan con polarización horizontal o vertical, según la generación del campo eléctrico sea paralelo o perpendicular al suelo.

En caso de un enlace punto a punto, ambas antenas deben contar con la misma polaridad.



krishna@gmail.com

17

# Antena

La ganancia de una antena se expresa en relación al radiador isotrópico – dBi.

$$\text{Ganancia [dBi]} = 10 * \log I/I_i$$

Donde  $I$  es la intensidad de radiación de la antena,  $I_i$  es la intensidad de radiación del radiador isotrópico.

El sol es un ejemplo de un radiador isotrópico ya que genera cantidades iguales de energía en todas las direcciones.

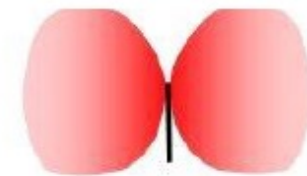
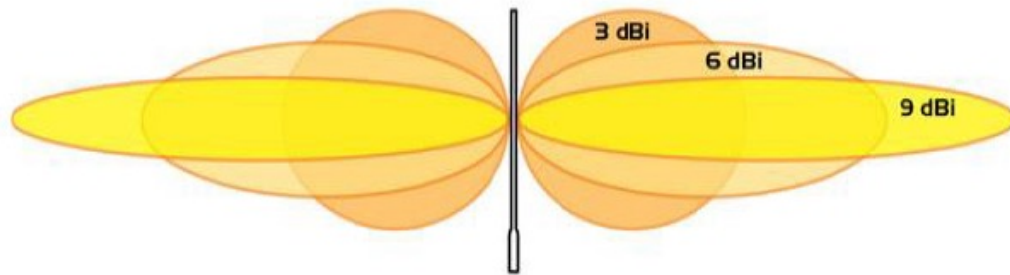
Las antenas tienen una ganancia pasiva, que significa que no incrementa la potencia que ingresa sino que da forma al campo de radiación para extender la distancia que recorrerá la señal.

Si bien no se puede crear un radiador isotrópico se puede crear una antena omnidireccional que irradia 360° en un sentido (H o V) pero no 360 en el otro sentido.

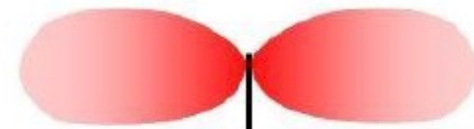
# Antena

## Ganancia

Antena omni-direccional



Ganancia baja



Ganancia media



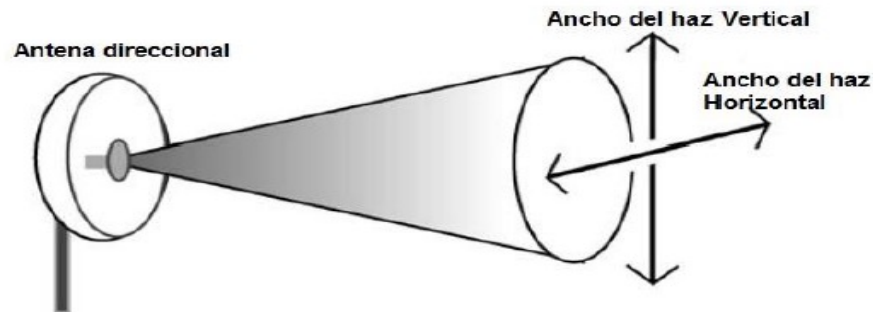
Ganancia alta

# Antena

## Ancho del haz

El estrechamiento o enfoque del haz de una antena incrementa la ganancia de la misma, medida en dBi. El ancho del haz se mide en grados, y corresponde a una caída de 3 dB de la densidad de potencia en la dirección de máxima potencia.

El haz en vertical es perpendicular a la superficie de la tierra, mientras que el haz en horizontal es paralelo a la superficie de la tierra.



# Antena

## Ancho del haz

