



Capítulo 1

Introducción a las Antenas (Overview)

Ing. Marcial A. López Tafur
mlopez@uni.edu.pe

2010-2

El decibel (dB)

Decibel: Sólo hay una definición de decibel, la cual es diez veces el logaritmo de la relación de potencias.

$$X_{db} = 10 \log \frac{X}{Ref}$$

Por ejemplo: 100 en decibelios:

$$10 \log \frac{100}{1} = 20dB$$

Antenas

2

Si conoce la relación de voltajes: (sobre una misma Z)

$$dB = 10 \log (V_{out}^2/V_{in}^2) = 20 \log (V_{out}/V_{in}).$$

$$dB = 10 \log (I_{out}^2/I_{in}^2) = 20 \log (I_{out}/I_{in}).$$

Los decibelios de voltaje son los mismos que los de potencia.

$$dB = 10 \log (2) = 3$$

Resultando en:

Doblar la potencia es igual a *adicionar +3dB*.

Bajar la potencia a la mitad *adiciona -3dB*.

Antenas

3

Conclusión: Una *adición* de 3dB corresponde a *multiplicar* la potencia por 2.

$$15dB = 3dB + 3dB + 3dB + 3dB + 3dB$$

$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^5 = 32$ de incremento en potencia.

$$30dB = 3dB \times 10.$$

$$2^{10} = 1024 \text{ de incremento en potencia.}$$

Antenas

4

Potencia de Tx

Tx es la forma corta de "Transmisor"

Todos los radios tienen cierto nivel de potencia de Tx que se generan en las interfases de RF interfase. Esta potencia es calculada como la cantidad de energía dada a través de un ancho de banda definido y es usualmente medido en una de estas dos unidades:

1. dBm – nivel de potencia relativo referido a un 1 mW.
2. dBw – Nivel de potencia referenciado a un vatio

$$dBm = 10 \times \log [\text{Potencia en Watts} / 0.001W]$$

$$W = 0.001 \times 10^{[\text{Potencia en dBm} / 10]}$$

Antenas

5

dBm

- Para diferencias de Potencia, el dBm es usado para denotar niveles de potencia con respecto a 1mW como el nivel de potencia de referencia.

- Si la potencia de Tx de un sistema es 100W.
- Pregunta: ¿Cuál es la potencia de Tx power en Bm?

• Respuesta:

$$- \text{Potencia Tx(dBm)} = 10 \log(100W/1mW) = 10 \log(100W/0.001W) = 10 \log(100,000) = \underline{50dBm}$$

Antenas

6

dBw

- Para diferencias de potencia, el dBw es usado para denotar niveles de potencia referidos a 1W como el nivel de potencia de referencia.
 - Para un sistema con una potencia de Tx de 100W.
 - Pregunta: ¿Cuál es la potencia de Tx en dBw?
 - Respuesta:
 - Potencia Tx(dBw) = $10 \log(100W/1W) =$
 - $= 10 \log(100) =$
 - $= 20 \text{ dBw.}$

Regla de los 3 dB

- 3 dB = 1/2 potencia
- 6 dB = 1/4 potencia
- +3 dB = Dobra la potencia
- +6 dB = Cuadruplica la potencia

Fuentes de **pérdidas** en un sistema inalámbrico: espacio libre (propagación), cables, conectores, empalmes, obstrucciones

Radio Frecuencia (RF)

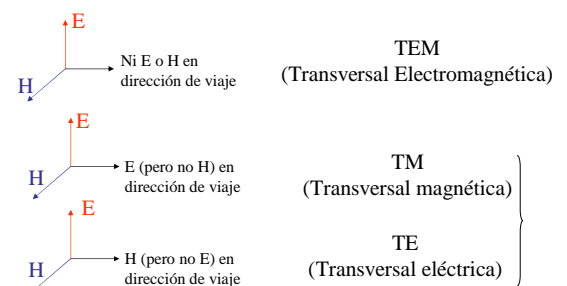
- Conjunto de frecuencia que transmitan información a la distancia.
- Pueden empezar tan bajo como 50 KHz (VLF) hasta algunos Gigahertz (SHF)

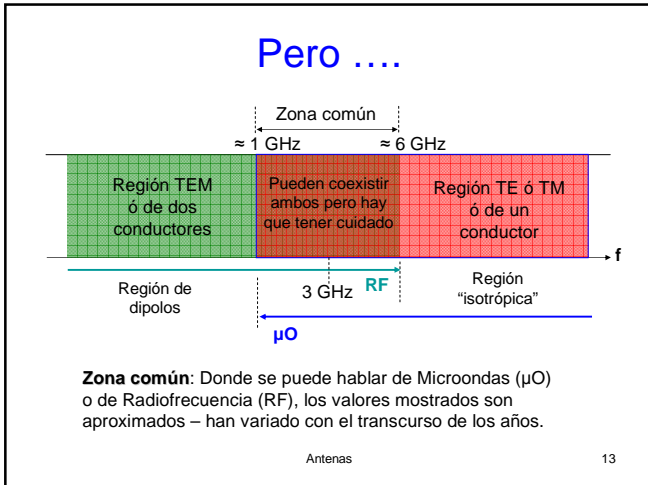
Microondas (μO)

- El concepto de “microondas” no está adscrito a un margen de frecuencias con límites universalmente aceptados.
- Suele identificar señales cuya generación, propagación y procesado se utilizan un conjunto de técnicas muy específicas que no se emplean en la electrónica de baja frecuencia ni en la óptica.

- Las “microondas” son todas aquellas ondas EM con frecuencias comprendidas entre los 3 GHz y unos 300 GHz.
- Las bandas más utilizadas en radio comunicaciones (entre 2 MHz y 3 GHz) son llamadas “señales de Radio-Frecuencia” o RF.
- Las microondas así como las señales RF comparten bandas de frecuencias y muchas importantes aplicaciones.

recordando algunos tipos de ondas





Antenas: Un vistazo general

- ¿Qué es una antena?
Es la parte de un sistema de transmisión o recepción diseñado para radiar o recibir ondas electromagnéticas
- Teorema de la Reciprocidad:
Las antenas se comportan de la misma manera, sea que estén transmitiendo o recibiendo

Antenas 14

Frecuencias y Longitudes de Onda

VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
3	30	300	3	30	300	3	30
kHz	kHz	kHz	MHz	MHz	MHz	GHz	GHz
100	10	1	100	10	1	10	1
km	km	km	m	m	m	cm	cm

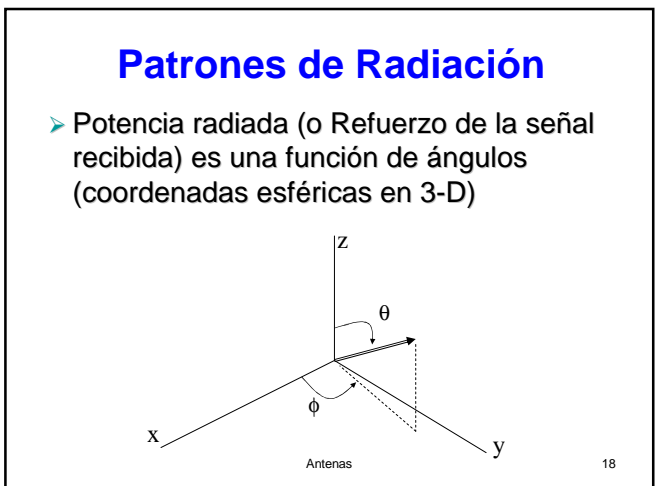
Los tipos y tamaños de antenas son muy dependientes de la frecuencia de operación (longitud de onda) y del ancho de banda.

Antenas 15

La Antena más simple:

- Matemáticamente el **radiador Isotrópico** es la antena más simple. (Concepto Teórico)
- Radia toda la potencia que se le suministra, igualmente en todas direcciones.
- Sólo en teoría, no se puede construirla
- Se usa como una referencia para otras antenas que a menudo son comparadas con ella. (Antenas Parabólicas por ejemplo)

Antenas 16



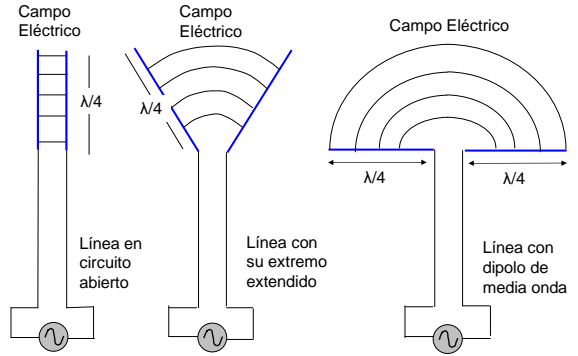
Dipolo de media onda

- Es la antena “práctica” más simple
- Puede ser
 - Dipolo simple
 - Dipolo doblado

Antenas

19

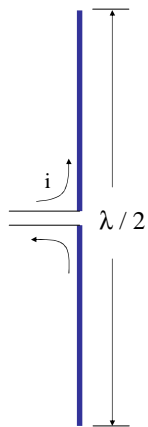
Desarrollo del Dipolo de Media Onda



Antenas

20

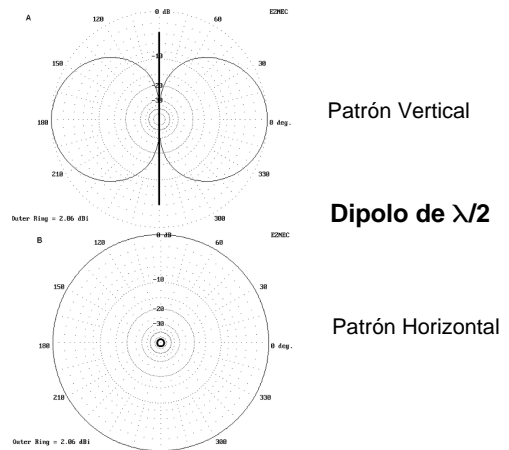
Antena Dipolo de $\lambda/2$



- El patrón de radiación horizontal es omnidireccional, visualízelo como una dona o rosquilla circundando un alambre

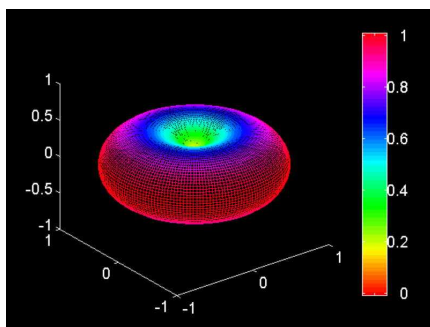
Antenas

21



22

Patrón de ganancia del dipolo



Antenas

23

Resistencia de Radiación

- La señal radiada al espacio “aparece” como pérdida desde la antena
- Eléctricamente esto se traduce en una “resistencia”
- Para un dipolo de $\lambda/2$ alimentado en su centro la resistencia de radiación es aproximadamente 70 ohmios
- Antenas también tienen resistencia real debido a sus conductores metálicos.

Antenas

24

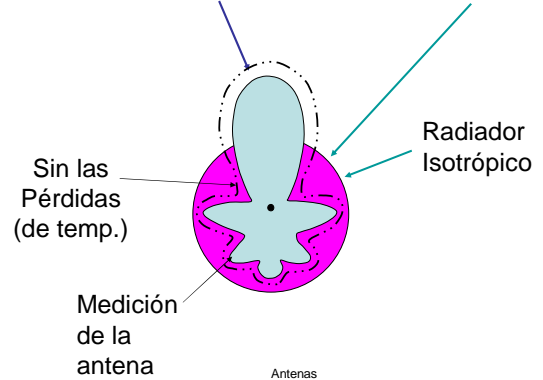
Eficiencia de la Antena

$$\eta = \frac{P_r}{P_T} = \frac{R_r}{R_T}$$

Antenas

25

Antena direccional vs. isotrópica



Antenas

26

Ganancia y Directividad

- La **Directividad** es un valor teórico que ignora las pérdidas
- La **Ganancia** incluye las pérdidas
- Como relación:
ganancia = directividad × eficiencia
- Las especificaciones dan la ganancia, pero a menudo los modelos computarizados calculan la directividad **(tener cuidado)**

Antenas

27

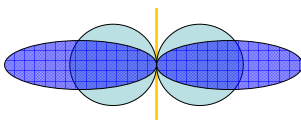
Potencia Efectiva Radiada (ERP)

- **ERP = P_T G_T**
- Desde que la ganancia incluye eficiencia de transmisión, podemos usarla para determinar la potencia de radiación total en una determinada dirección
- Realmente, es difícil determinar con exactitud G_T, pero el producto P_T G_T es fácil de medir utilizando un medidor de intensidad de campo.

Antenas

28

La Antena desarrollan ganancia por medio del enfocamiento y formación del patrón de radiación.

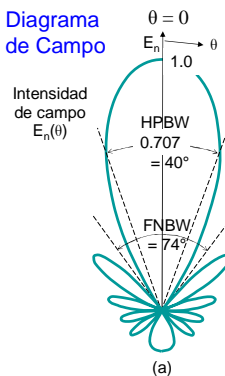


Las Antenas no pueden crear potencia, sólo pueden direccionarla.

Antenas

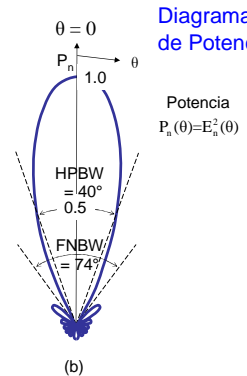
29

Diagrama de Campo



(a)

Diagrama de Potencia



(b)

Antenas

30

Especificaciones de Ganancia de Antena

- dBi significa decibels con respecto a un radiador isotrópico (usada por los Ingenieros de microondas)
- dBd significa decibels con respecto a un dipolo ideal de media onda en su dirección de máxima radiación (usada por los Ingenieros de celulares)

Antenas

31

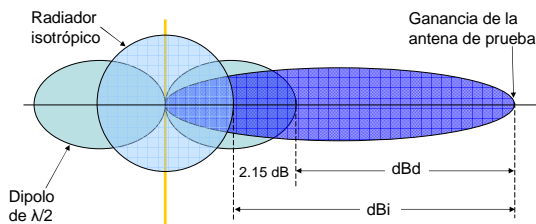
dBi vs. dBd

- dBi – Referido al radiador isotrópico
 - Radiador Isotrópico: antena infinitamente pequeña sin cable alimentador que radia en el espacio libre en todas direcciones igualmente (patrón esférico)
- dBd – Referido al dipolo de media onda $\lambda/2$
 - Ganancia referenciada a una antena dipolo "real" con un patrón tipo rosquilla (donut)

Antenas

32

$$dBi = dBd + 2.15 \text{ dB}$$



Antenas

33

EIRP y ERP

- EIRP = effective isotropic radiated power
 - Igual a la cantidad de potencia que tendría que ser aplicada a un radiador isotrópico para tener la misma densidad de potencia en un determinado punto.
- ERP = effective radiated power
 - Igual a la cantidad de potencia que tendría que ser aplicada a un dipolo de media onda, orientado en dirección de máxima ganancia, para tener la misma densidad de potencia en un determinado punto.

Antenas

34

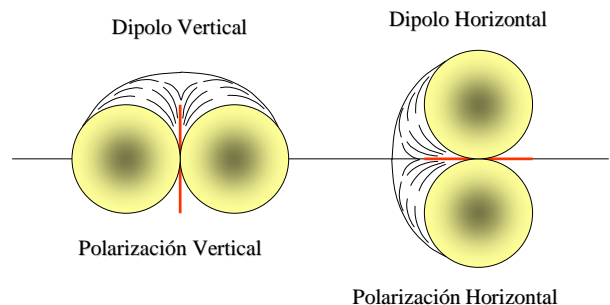
Polarización del Dipolo

- La polarización es la misma que la de como esta montado el dipolo:
 - Dipolo Vertical está polarizado verticalmente
 - Dipolo Horizontal está polarizado horizontalmente.

Antenas

35

Polarización del Dipolo



Antenas

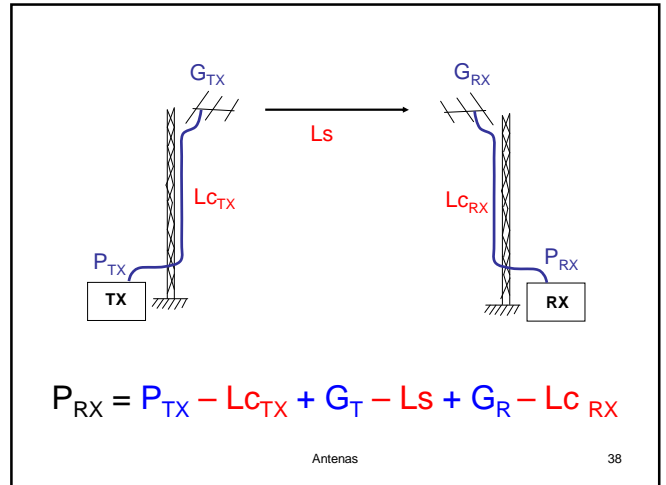
36

Fórmula de transmisión de Friis

- $P_R = [P_T G_T G_R \lambda^2] / [(4\pi)^2 R^2]$
- La potencia recibida es proporcional a:
 - La potencia transmitida
 - La ganancia de las antenas
 - La apertura efectiva (isotrópica)
- La potencia recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia

Antenas

37



Antenas

38

Arreglo o agrupamiento de antenas

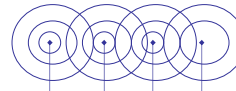
- Antenas simple pueden ser combinada para obtener determinados efectos direccionales
- Antenas individuales son llamadas *elementos* y la combinación es un *arreglo* (array).

Antenas

39

Arreglos de antenas (arrays)

- Es una forma de conformar el patrón de radiación
- Básicamente es el resultado de la interacción de patrones radiados por varias antenas
- Antenas de varios elementos tales como las yagis, log periódicas, etc. son esencialmente arreglos de antenas simples (dipolos)

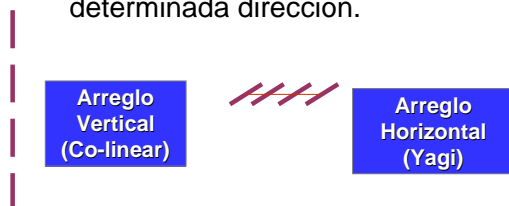


Arreglo de 4-elementos

Antenas

40

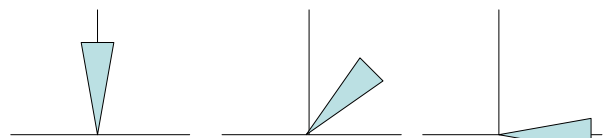
- Para la ganancia de una antena se usan múltiples elementos especialmente posicionados para enfocar la potencia en una determinada dirección.



Antenas

41

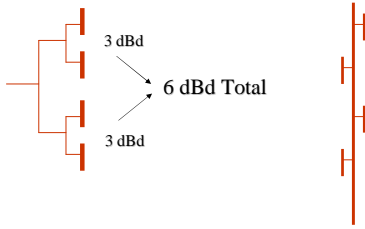
- Se pueden espaciar las antenas cuidadosamente para tener el deseado patrón resultante
- Pueden usarse retardos de fases eléctricos para explorar o dirigir el haz, no requiriéndose posicionamiento mecánico



Antenas

42

Arreglos de Dipolos Verticales

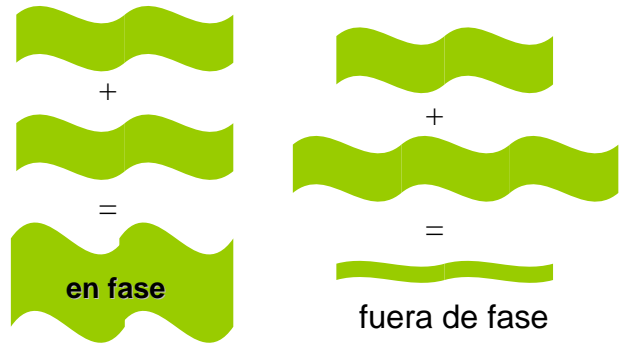


Alimentación común: Cada elemento es alimentado con igual potencia y fase.

Antenas

43

Interferencias constructivas y destructivas



Antenas

44

Tipos de Arreglos

- **Broadside:** máxima radiación en ángulo recto del eje principal de la antena
- **End-fire:** máxima radiación a lo largo del eje principal de la antena
- **En Fase:** todos los elementos conectados a la fuente
- **Parasíticas:** algunos elementos no están conectados a la fuente
 - Ellos re-radian la potencia de otros elementos

Antenas

45

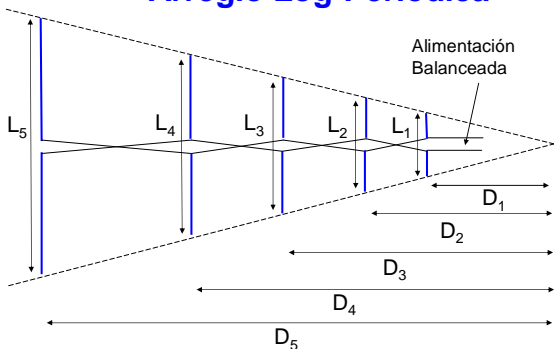
Arreglo de Dipolos Log-Periódica

- Varios elementos activos (dipolos) de diferentes longitudes
- Arreglo en fase
- Unidireccional end-fire
- Tiene gran ancho de banda pero poca ganancia
- A menudo usado para antenas de TV

Antenas

46

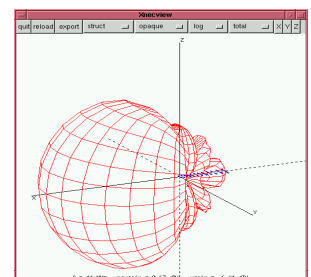
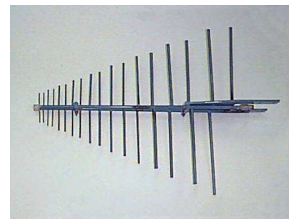
Arreglo Log-Periódica



Antenas

47

Antena Log periódica y su patrón



Antenas

48

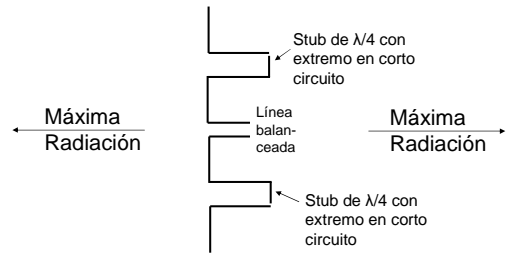
Arreglo Colinear

- Todos los elementos están a través del mismo eje
- Usada para proveer un patrón omnidireccional horizontal con una antena vertical
- Concentra la radiación en el plano horizontal

Antenas

49

Arreglo Colinear



Antenas

50



51

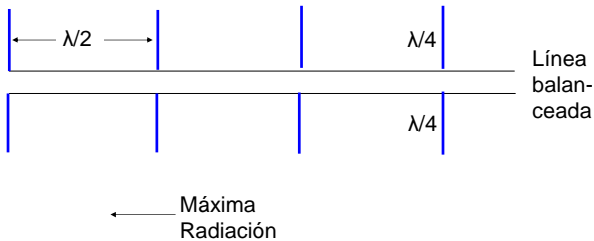
Arreglo End-Fire

- Similar al arreglo broadside excepto que los dipolos son alimentados 180° fuera de fase

Antenas

52

Arreglo End-Fire



Antenas

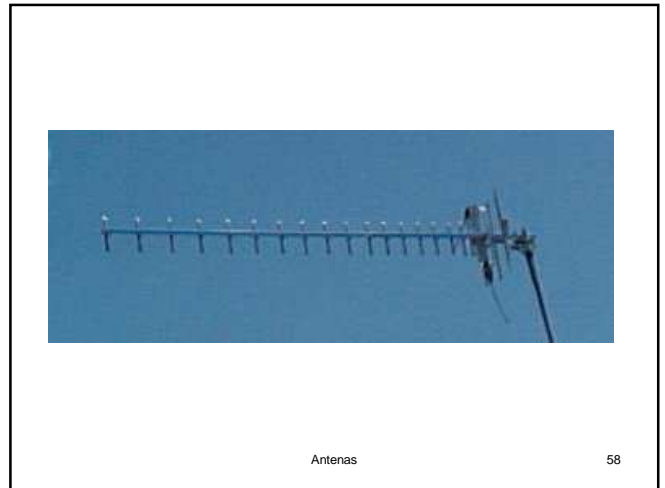
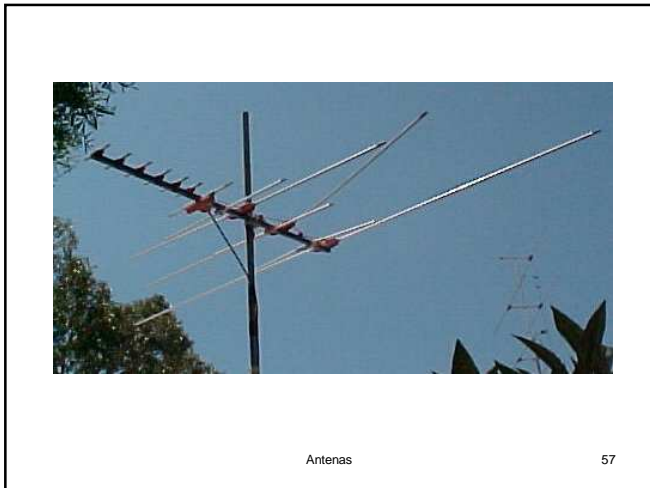
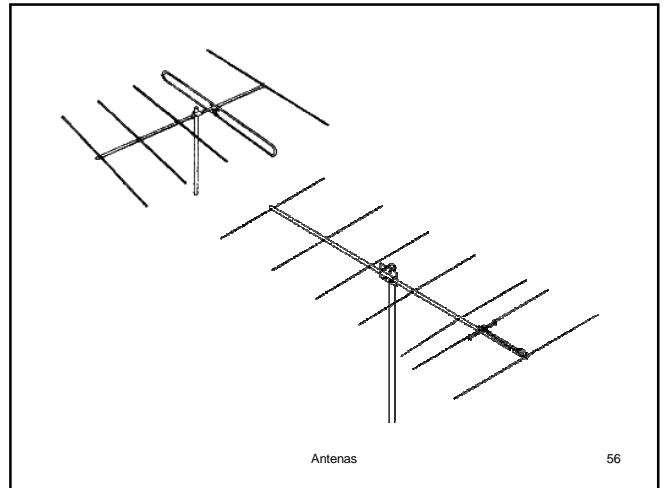
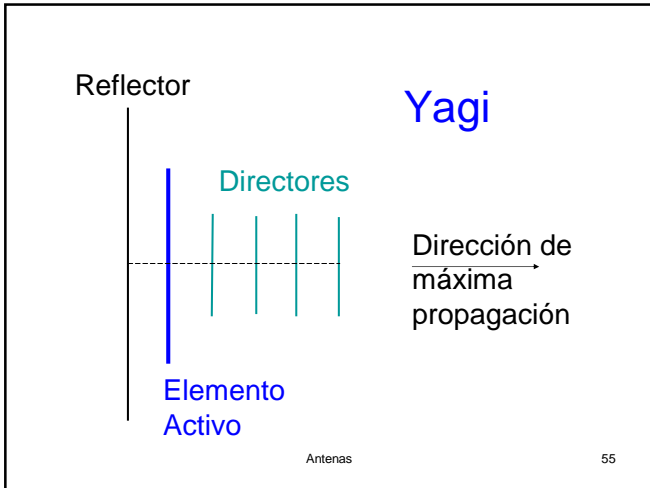
53

Arreglo Yagi-Uda

- Comúnmente llamada: Antena Yagi ó Yagi
- Parasítica, end-fire, unidireccional
- Un elemento activo: dipolo o dipolo doblado
- Un reflector detrás del elemento activo y ligeramente más largo
- Uno o más directores en frente del elemento activo y ligeramente más cortos

Antenas

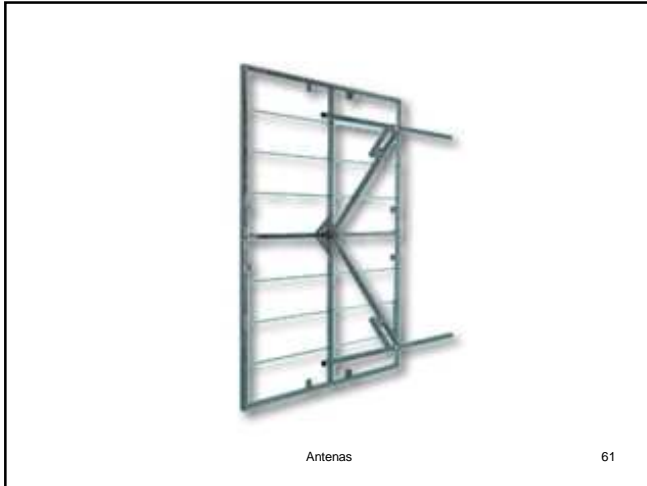
54



Antena tipo Panel Reflector

- Antena montada a $\lambda/4$ de la superficie metálica plana (reflector)
- La onda directa y reflejada están en fase
- Se incrementa la radiación en esa dirección.

Antenas 60

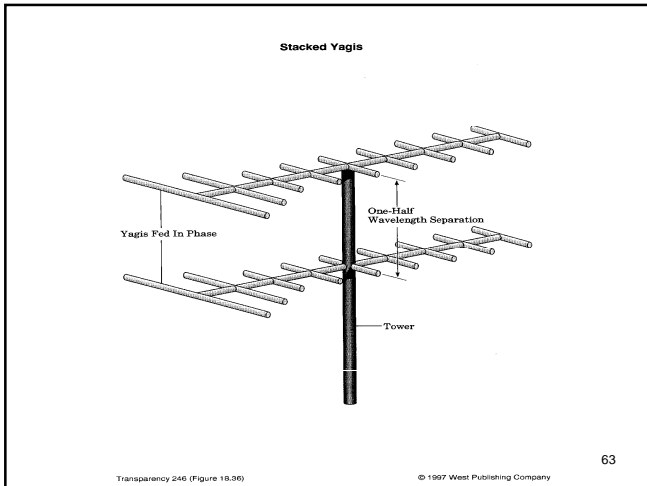


Apilamiento de Yagis

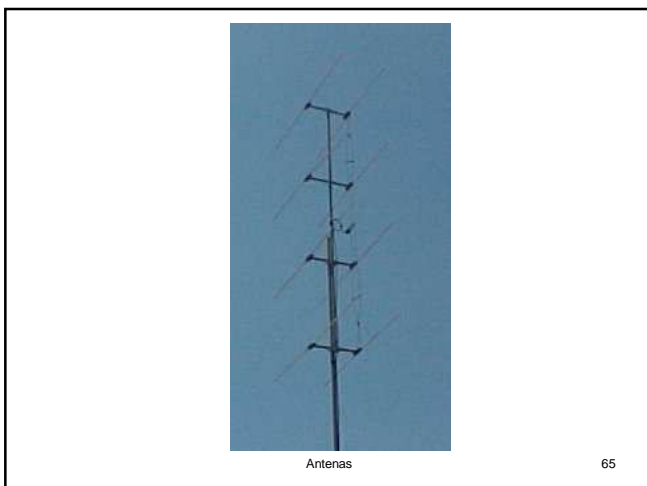
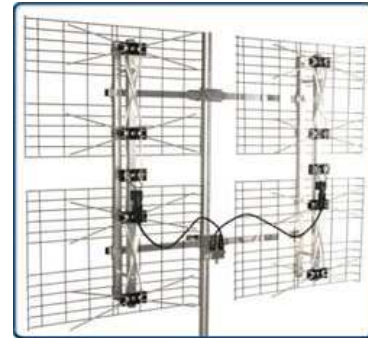
- Apilamiento en-fase Yagis con media longitud de onda de espaciamiento vertical
- Reduce radiación sobre y debajo del horizonte
- Incrementa la ganancia en el plano de la a antena

Antenas

62



Apilamiento de otras antenas



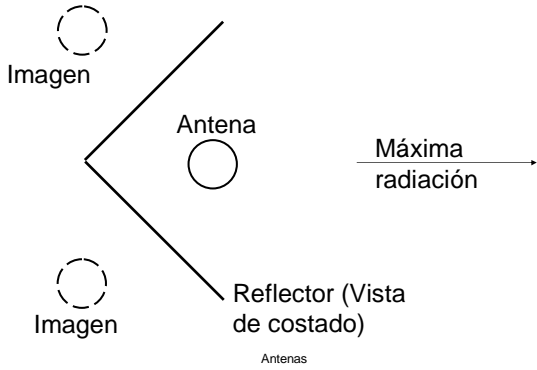
Reflector de Esquina Corner Reflector

- Radiación más enfocada que en el caso del reflector plano.
- A menudo usado en antenas de TV UHF

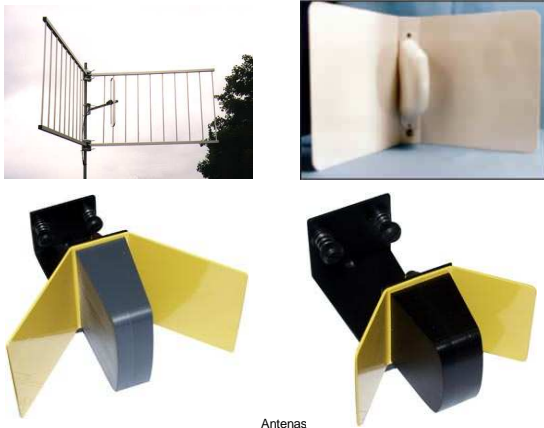
Antenas

66

Reflector de esquina y sus imágenes



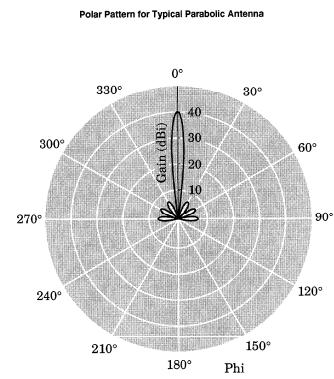
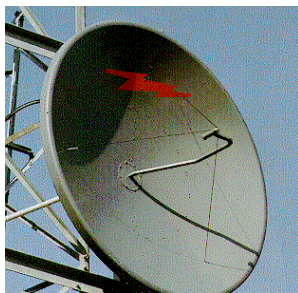
Antena UHF-TV : Yagi con reflector de esquina



Reflector Parabólico

- Toda la radiación emitida hacia el foco emerge en un haz paralelo al eje
 - Se obtiene un haz muy estrecho
 - Adecuado principalmente en frecuencias de microondas porque es muy grande comparada con su longitud de onda
- Antenas 70

Antena parabólica “sólida” para microondas





Antena Parabólica para Recepción Satelital de TV
(TVRO: Televisión Reception Only)

Antenas 74

Antena Parabólica para Recepción Satelital de TV en la casa
(DTH: Direct To Home)

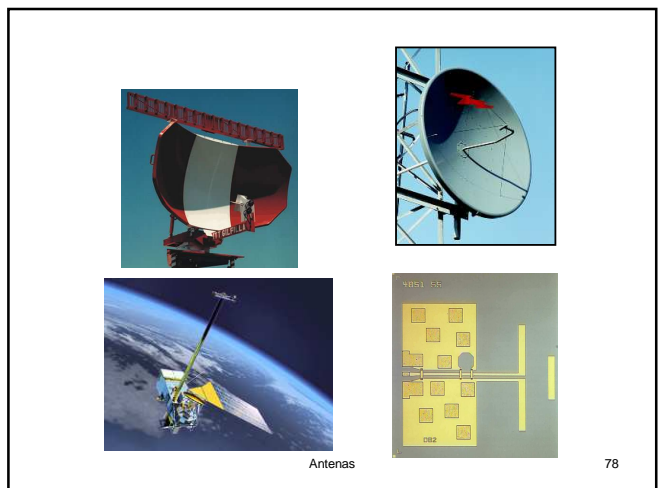
Antenas 75

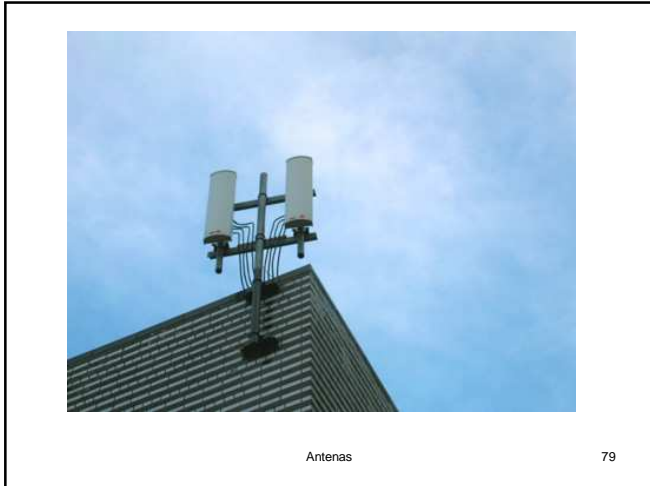


Otros tipos de antenas

- Apertura/Corneta (horn)
 - Las ondas son radiadas desde un hueco en la guía de onda
 - Es bueno para altas frecuencias (microondas)
- Conexión (Patch)
 - Pueden fabricarse tipo “circuito impreso”
- Helicoidales
 - Radian con polarización circular
- Broadband (de gran ancho de banda)
 - Diseños novedosos que lucen “raros”

Antenas 77





Mediciones de antenas

- **Analizador de Redes (Network Analyzer)**
 - Impedancia de Entrada
 - Parámetros S
 - Medidas de Transmisión
- **Antenna Range**
 - Patrón de Radiación
 - Ganancia
 - Polarización

...

Antenas

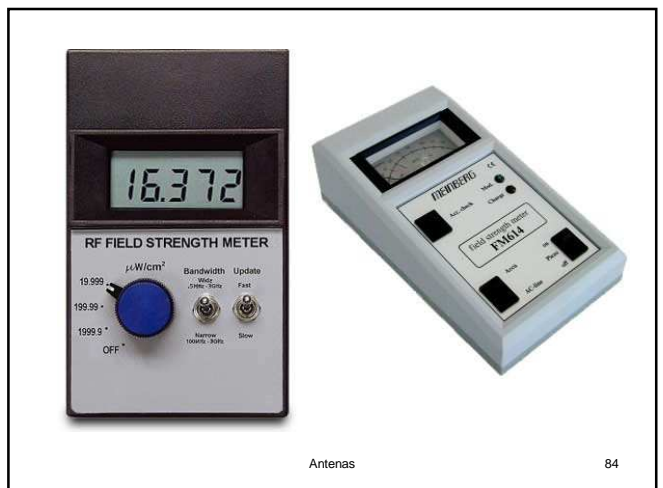
81

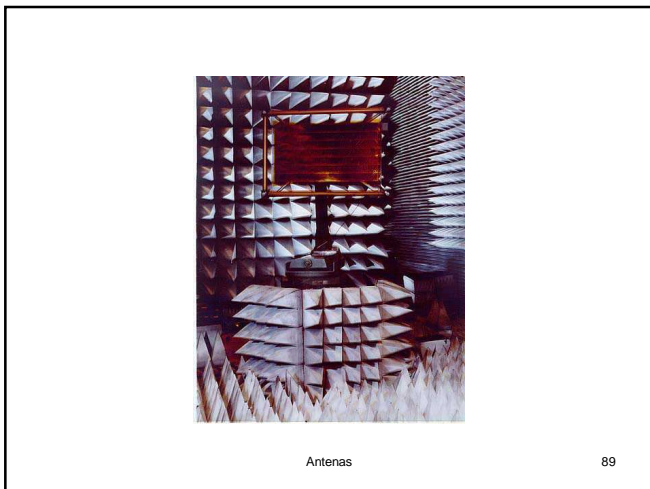
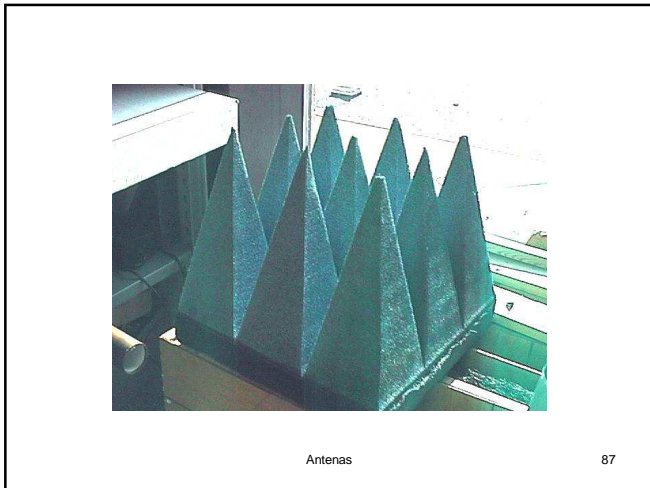
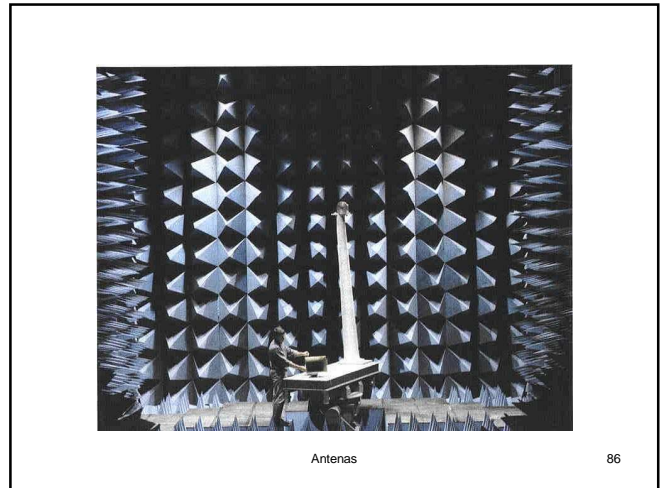
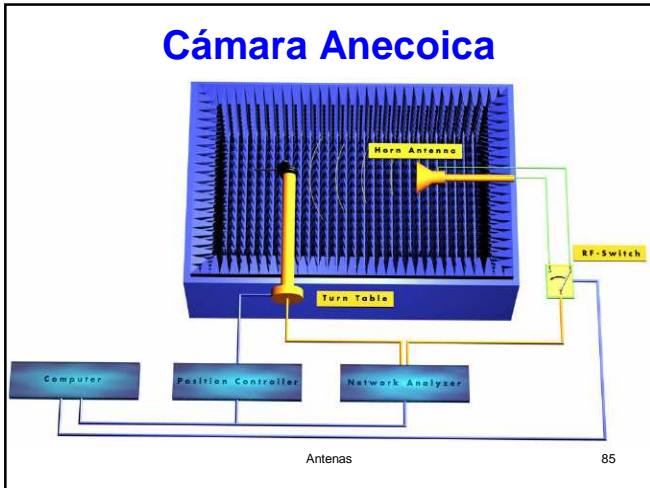


- **Herramientas de Simulación**
 - Software específicos
- **Mediciones de campo**
 - Usando instrumental adecuado como medidor de intensidad de campo, analizador de espectro, etc.

Antenas

83





Muchas gracias por su atención

Antenas

90