

Unidad 08



Antena y Cables

***Desarrollado por: Alberto Escudero Pascual, IT +46
Traducido por Jose F. Torres M. y actualizado por
Ermanno Pietrosevoli***

Objetivos



- ♦ Analizar el presupuesto del ***enlace de potencia y el efecto de cables y antenas***
- ♦ Comprender los parámetros que afectan el funcionamiento y la instalación de las antenas

Objetivos



- ◆ Describir como hacer las elecciones correctas en cuanto a:
 - ✓ Área óptima de servicio
 - ✓ Minimizar la interferencia
 - ✓ Mejor uso del espectro de radio

Índice



- ♦ Introducción a las antenas
- ♦ Tipos de antenas
- ♦ El aislamiento de las antenas
- ♦ Cables y conectores

¿Qué es una antena?



- ◆ **Definición:**

“La antena es el dispositivo físico que sirve de interfaz entre las ondas electromagnéticas guiadas por el cable o la guía-onda y el espacio libre o el aire.”

¿Qué es una antena?



- ♦ Existe una gran cantidad de maneras de lograr la transferencia de energía desde el alimentador al espacio, por lo que las antenas pueden ser físicamente muy diversas

Tipos de antenas



Hay antenas formadas por lentes que enfocan la radiación en una particular región del espacio, antenas formadas por ranuras en una guía de ondas, etc., pero con mucho las antenas más populares están formadas por elementos metálicos con una geometría especial en función de la frecuencia de operación

Principio de reciprocidad



Establece que el comportamiento de la antena en transmisión es idéntico al comportamiento de la antena en recepción. Esto permite enfocar nuestras ideas hacia la transmisión o recepción, según sea más fácil, y luego extender el concepto hacia el comportamiento recíproco

Principio de reciprocidad



Así, una antena que transmita máxima señal en una dirección dada, también recibirá máxima señal en esa dirección.

Características



Entre las principales características de las antenas podemos encontrar:

- ◆ Ganancia
- ◆ Diagrama o patrón de radiación
- ◆ Ancho del haz
- ◆ Impedancia de entrada
- ◆ Polarización
- ◆ Conductividad a tierra



Diagrama de radiación

- ♦ El diagrama de radiación o patrón de radiación es una representación de la potencia de la señal transmitida en función del ángulo espacial
- ♦ Es un objeto tridimensional
- ♦ Por comodidad, se suele graficar aparte la proyección en el plano horizontal y en el plano vertical

Diagrama de radiación

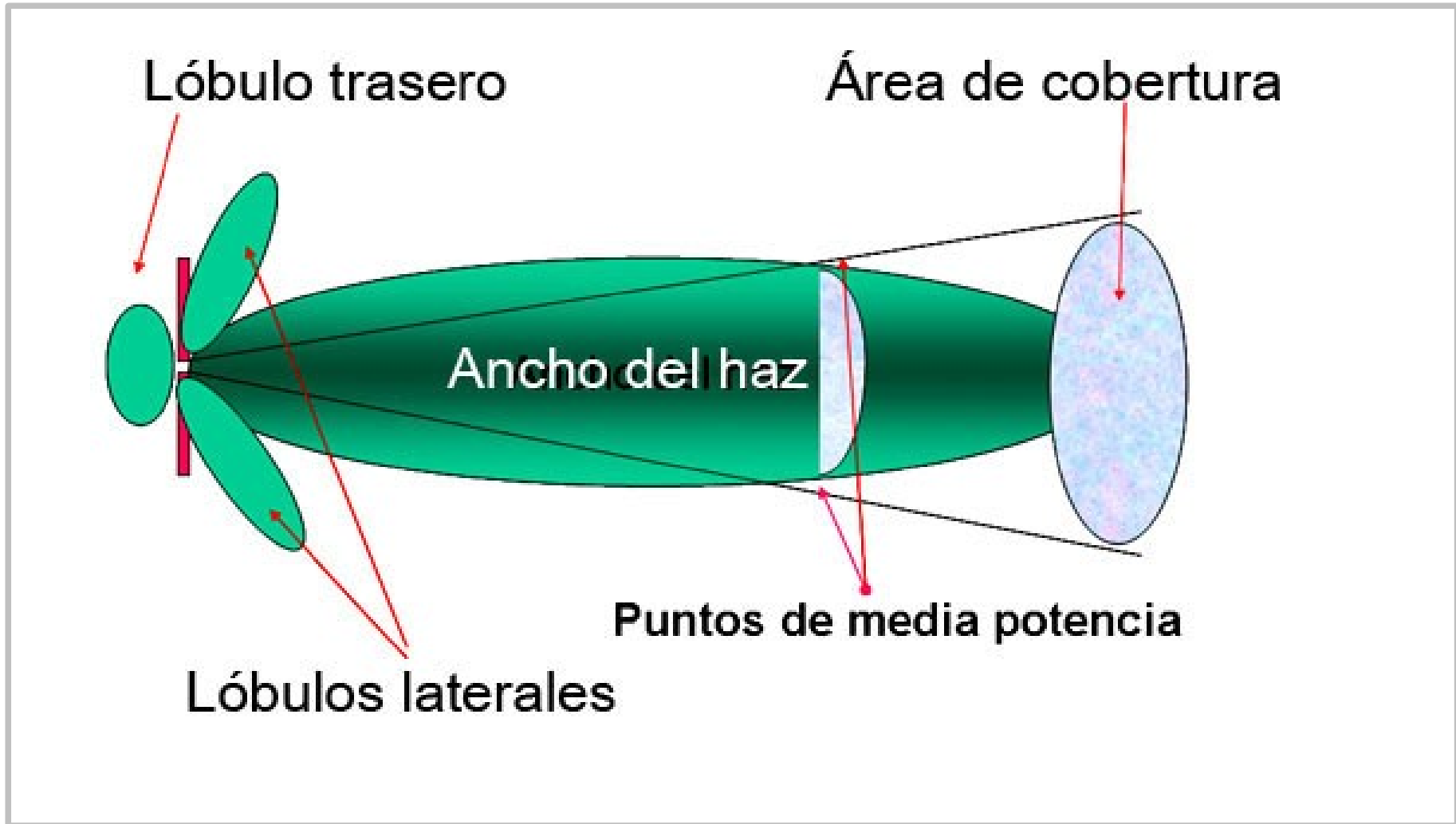
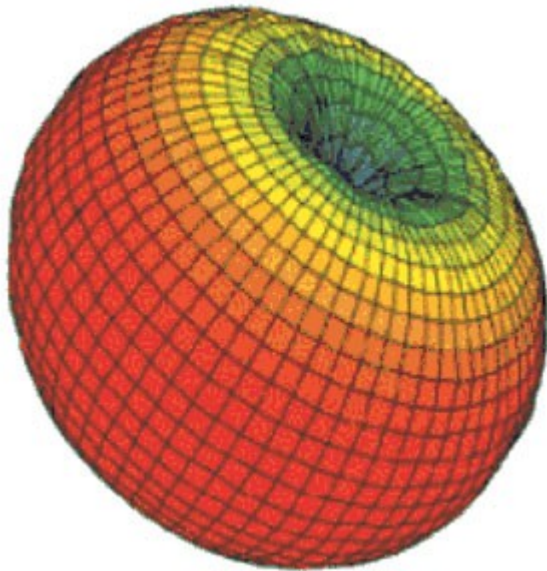


Diagrama de radiación

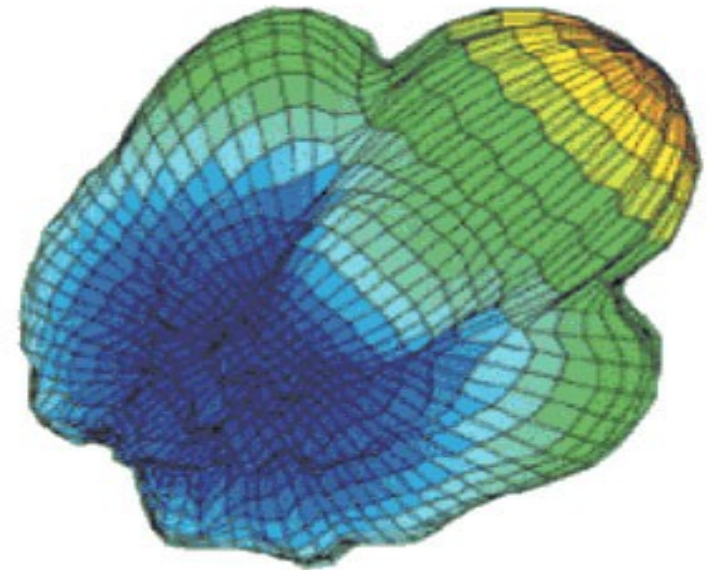


Se representan de forma bi-dimensional en dos planos, el vertical y el horizontal, estos planos son presentados en coordenadas rectangulares o en coordenadas polares como se muestra a continuación

Diagrama de radiación



Un Dipolo



**Antena de bocina
estándar**

Diagrama de radiación



Coordenadas Polares

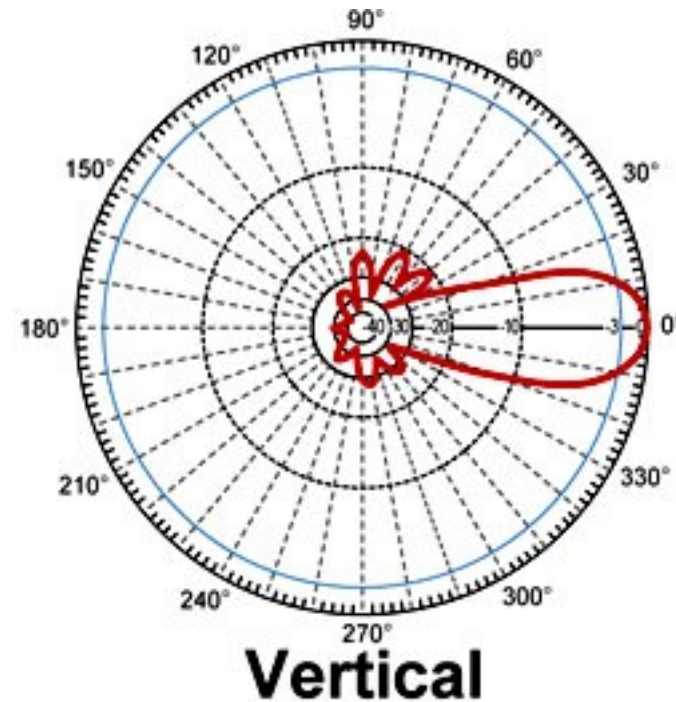
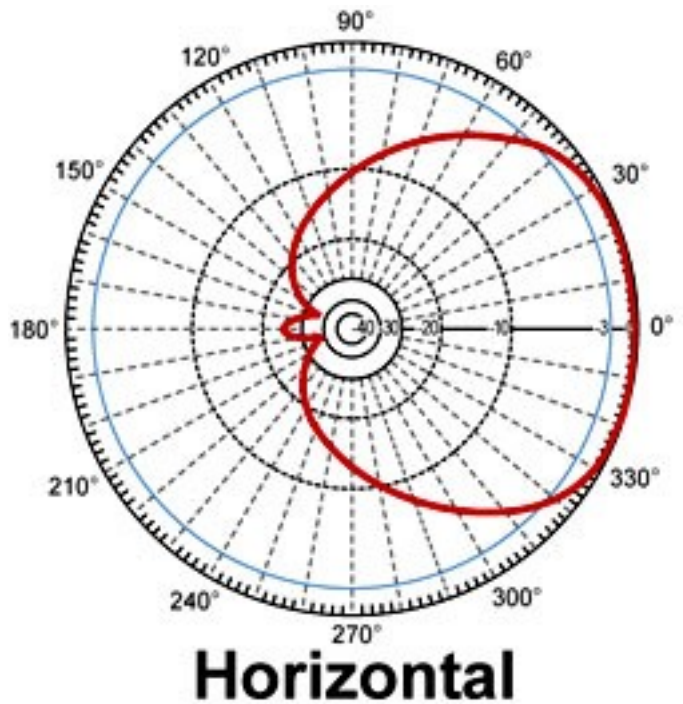
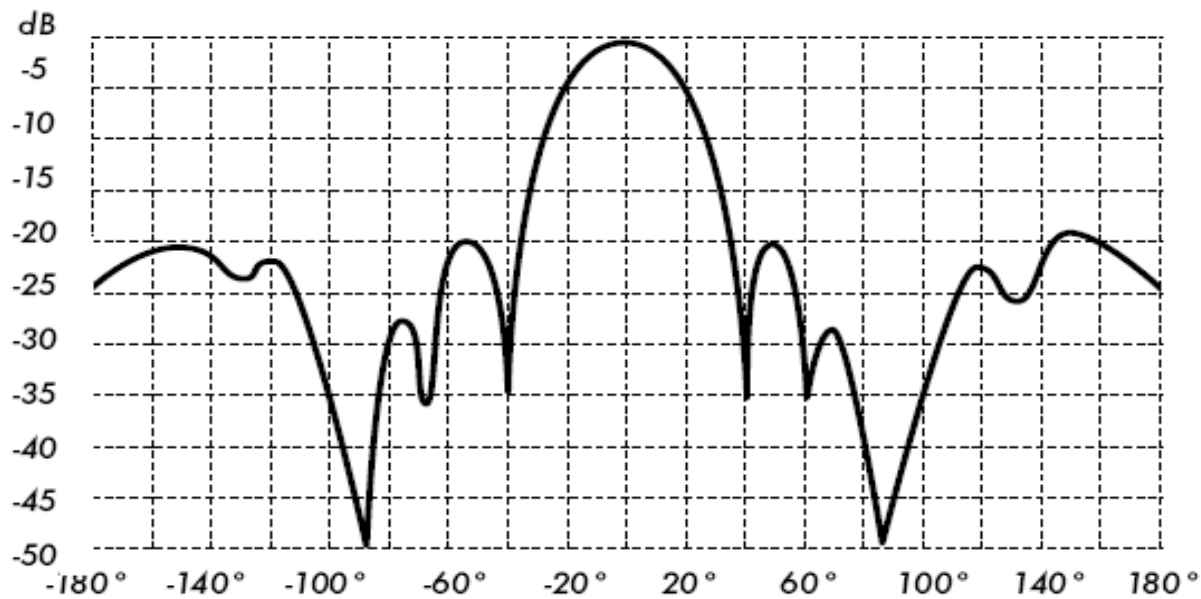


Diagrama de radiación



Coordenadas Rectangulares



Antena Isotrópica



Es la que irradia (o recibe) desde todas las direcciones con la misma intensidad.

Aunque es físicamente irrealizable, el concepto de antena isotrópica se utiliza como modelo de comparación con las antenas reales. Como irradia con igual eficacia en todas direcciones, decimos que su diagrama o patrón de radiación es una esfera.

Antena Isotrópica



Un ejemplo de lo que se aproxima a una antena isotrópica es la luz producida por un bombillo, que se proyecta en todas direcciones con la misma intensidad, excepto en la base del bombillo.

Antena Isotrópica



Cuando al bombillo le ponemos un reflector, lo convertimos en una antena directiva, pues en la dirección perpendicular al reflector habremos aumentado la iluminación, mientras que en la parte trasera del reflector se habrá bloqueado la iluminación.

Ganancia de una antena



Definimos a la ganancia de la antena como el cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor. Este número lo expresamos en decibelios con relación a la isotrópica y por ende se denota en dBi.

Ganancia de una antena



- ♦ La ganancia respecto a la antena isotrópica se expresa en **dBi**
- ♦ También se puede expresar la ganancia con respecto a un dipolo de media onda, denominada entonces **dBd**



Ancho del haz (beamwidth)

- ♦ El ancho del haz (beamwidth) es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que la potencia disminuye a la mitad (3 dB)

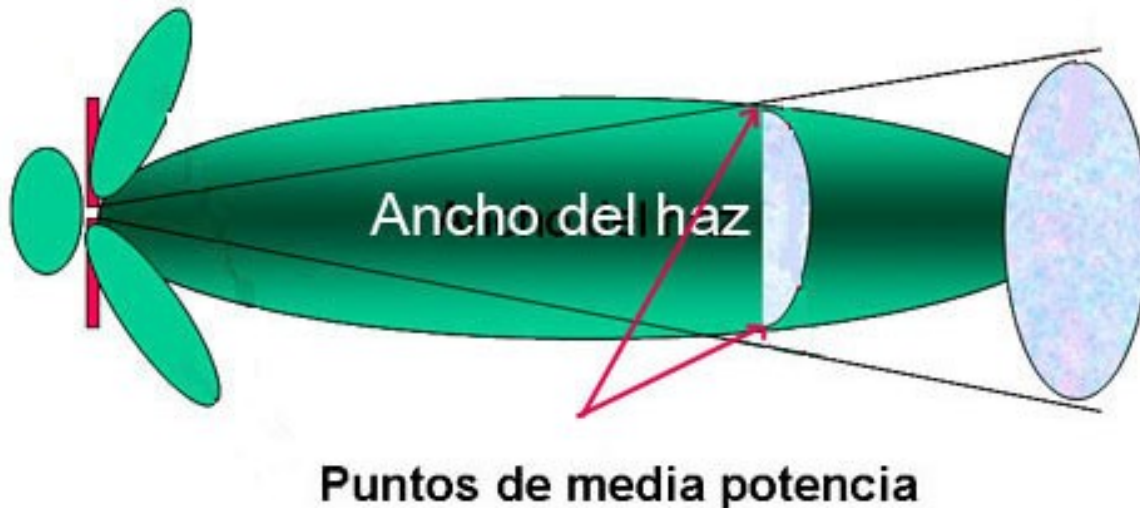
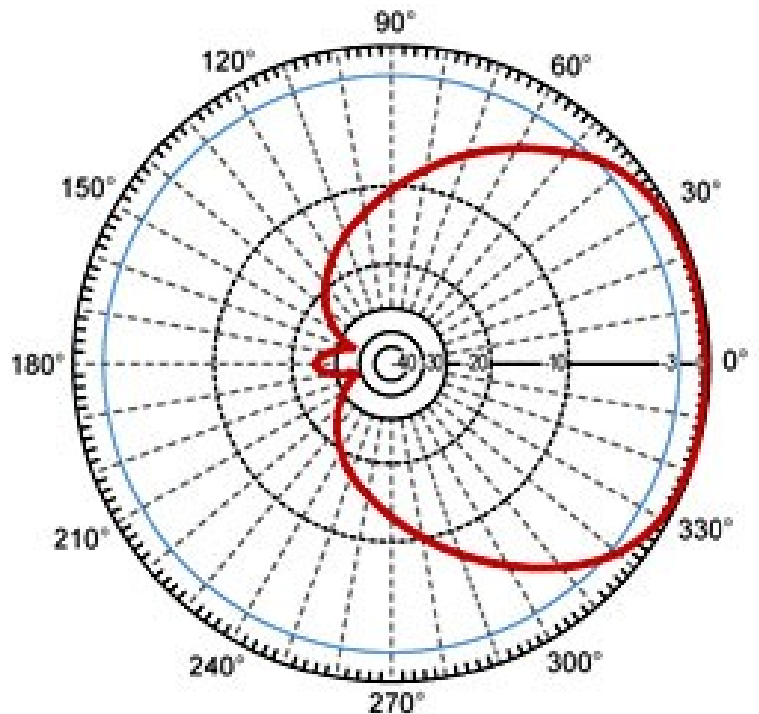


Diagrama de radiación



Antena sectorial



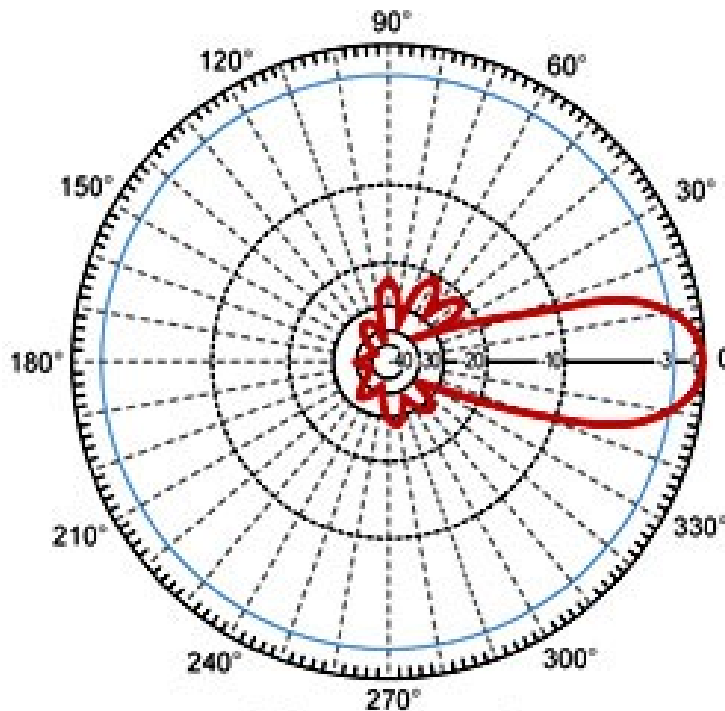
Ancho de haz de 90°

Horizontal

Diagrama de radiación



Antena sectorial



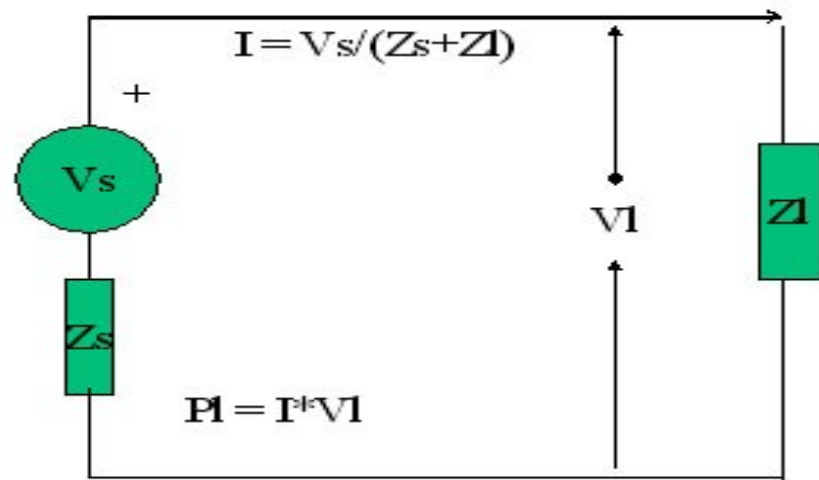
Ancho de haz de 20°



Impedancia de entrada

- ♦ Es el cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada y la corriente resultante.
- ♦ En general tiene una parte resistiva y una parte reactiva

Transferencia de Potencia

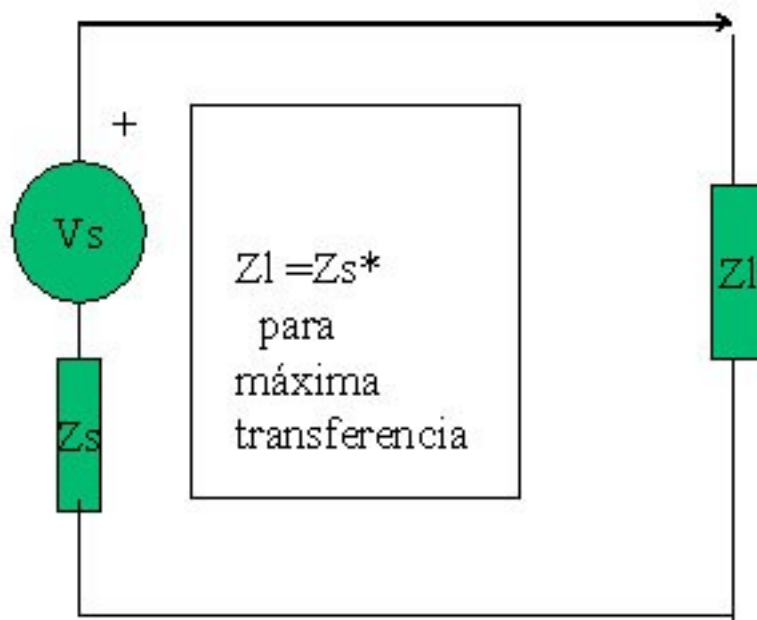


Impedancia de entrada



Para máxima transferencia de potencia, la impedancia de la antena debe estar acoplada a la de la línea de transmisión que la alimenta.

Máxima Transferencia de Potencia



Polarización de antena



- ♦ Una onda electromagnética está formada por campos eléctricos y magnéticos íntimamente ligados que se propagan en el espacio.
- ♦ La dirección del campo eléctrico se corresponde con la polarización de la onda

Polarización de antena

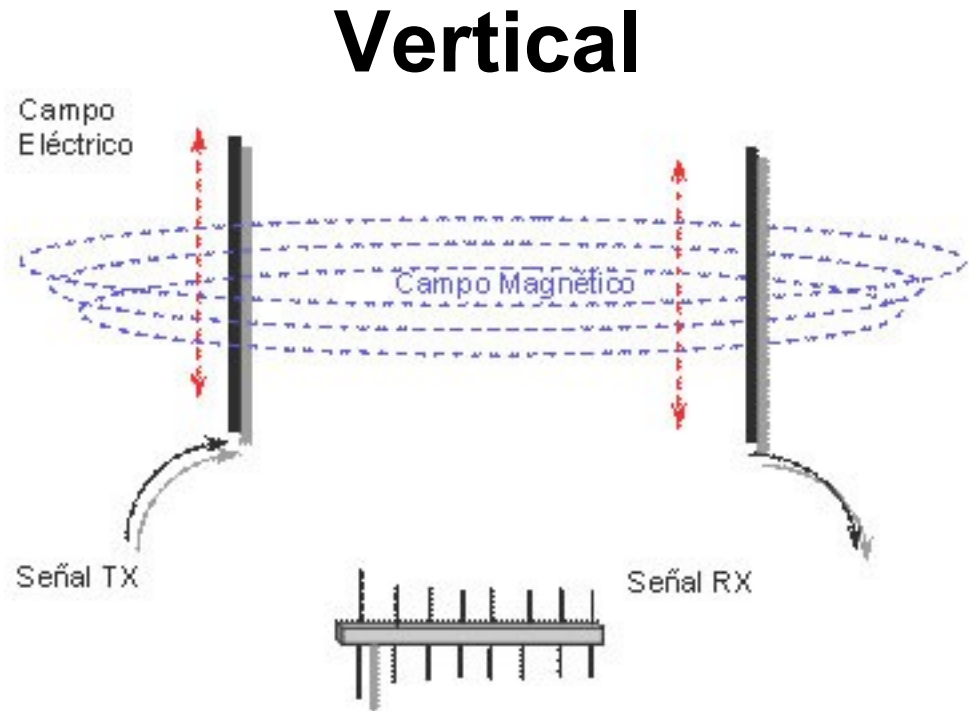


- ♦ La polarización de una antena corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena.
- ♦ Esta polarización puede ser:
 - ✓ Vertical
 - ✓ Horizontal
 - ✓ Elíptica, Circular (RH o LH)

Polarización de antena



- ◆ Si el campo eléctrico permanece en la dirección **vertical** durante toda la trayectoria de una onda, decimos que tiene polarización vertical, como es el caso de un dipolo donde el movimiento de los electrones dentro del alambre responde al campo eléctrico y por lo tanto define la polarización.

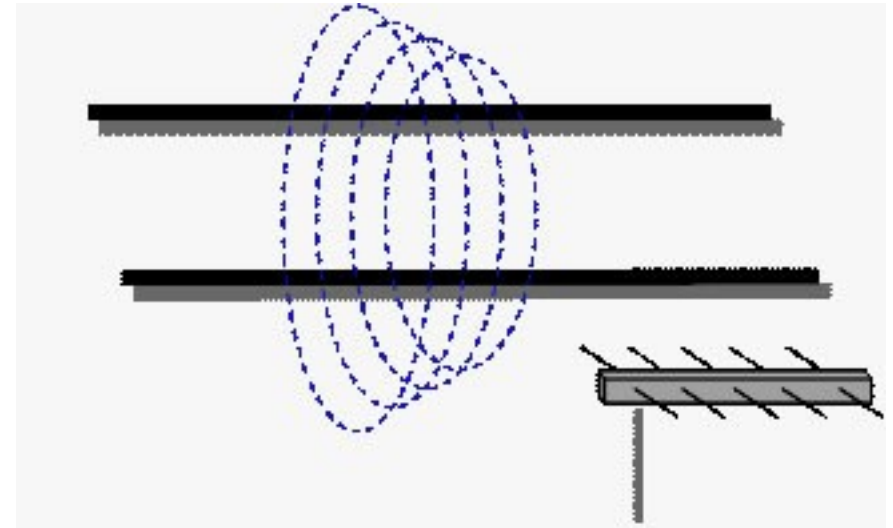


Polarización de antena



Horizontal

- ◆ Si colocamos el alambre horizontalmente, tendremos polarización **horizontal**.



Polarización de antena



Elíptica

- ◆ Un caso particular de la polarización elíptica es la polarización circular, la cual puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda.
- ◆ Es importante que ambos extremos de un enlace utilicen el mismo sentido de giro en polarización circular. Las antenas helicoidales producen señales con polarización circular.

Polarización de antena



Cruzada

- ◆ Ambas antenas de un enlace deben tener la misma polarización para poder acoplarse adecuadamente
- ◆ La polarización cruzada tiene lugar cuando un extremo del enlace tiene polarización diferente del otro extremo. La polarización cruzada implica una pérdida de señal que puede alcanzar 20 decibeles.

Otras características



- ♦ “Front to Back Ratio” Cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero
 - ✓ Generalmente es expresado en dB.
- ♦ Pérdida de retorno
 - ✓ Es una forma de expresar la desadaptación de impedancias

Otras características



Ancho de banda

- ◆ Es el rango de frecuencias en el cual la antena cumple con ciertas características, tales como ganancia o relación de onda estacionaria, garantizando así su funcionamiento adecuado

Tipos de antena



- ♦ Una clasificación de las antenas puede basarse en:
 - ✓ Frecuencia y tamaño
 - ✓ Directividad
 - ✓ Construcción física
 - ✓ Por tipo de aplicación

Tipos de antena

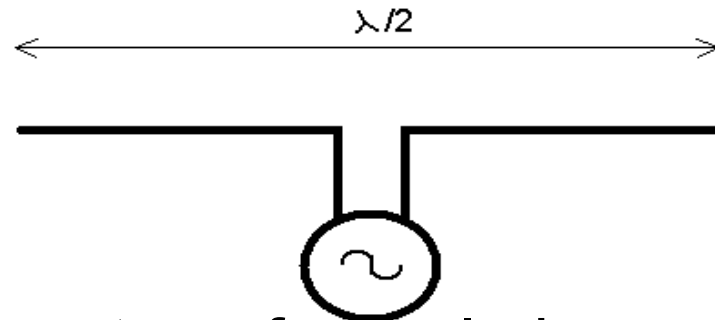


- ◆ Dipolo de media onda
- ◆ Dipolo doblado
- ◆ Loop o de lazo
- ◆ Log-Periódica (LPDA)
- ◆ Omni-direccional
- ◆ Sectorial
- ◆ Yagi-UDA
- ◆ Reflector Parabólico
- ◆ Patch o Plana
- ◆ Monopolo
- ◆ Reflectores planos y de esquina
- ◆ Guía-onda
- ◆ Helicoidal
- ◆ Ranurada



Dipolo de media onda

- ◆ Está formada por dos trozos de material conductor, cada uno de un cuarto de longitud de onda. Si se conecta a la línea de alimentación por el centro, la distribución de corriente y de voltaje es simétrica y ofrece una impedancia de 72 ohmios.

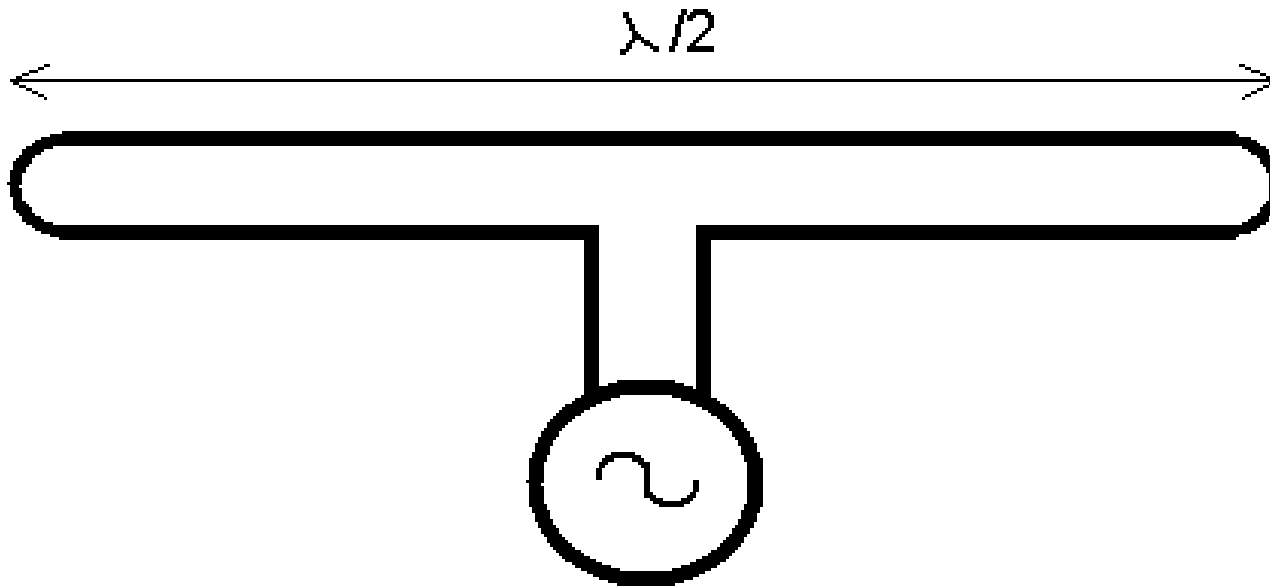


- ◆ Este tipo de antena forma la base de muchas otras, y puede utilizarse para polarización horizontal o vertical, dependiendo de como se disponga.



Dipolo Doblado

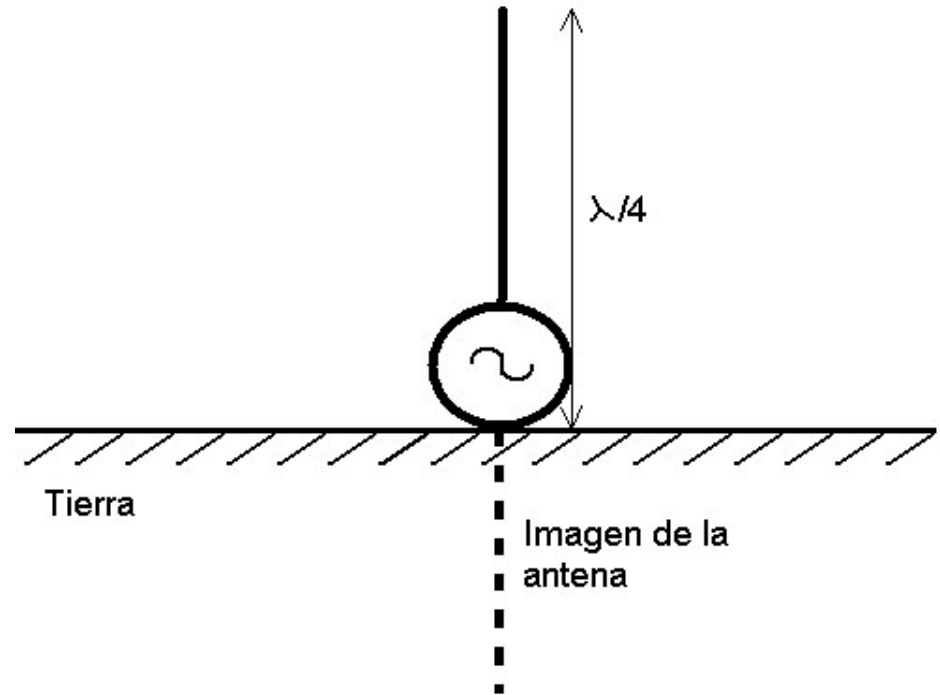
- ♦ Mayor ancho de banda y 4 veces la resistencia de entrada de un dipolo abierto.



Monopolo o Antena Marconi



- ♦ Un plano conductor infinito refleja la distribución de cargas eléctricas que están por encima de él.

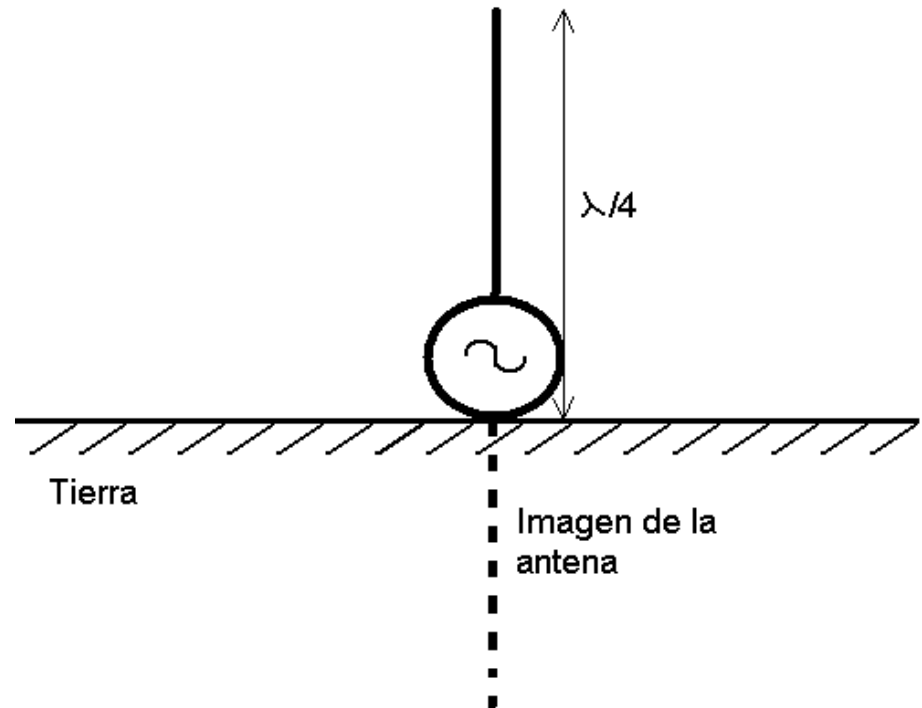


- ♦ Esto se aprovecha para reducir a la mitad las dimensiones físicas de un dipolo de media onda, aspecto muy importante en radiodifusión AM

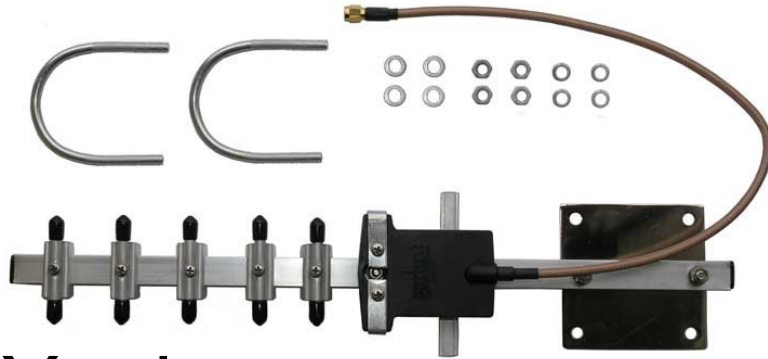
Monopolo o Antena Marconi



- ♦ Vertical $\lambda/4$
- ♦ Se requiere un buen plano de tierra
- ♦ Omnidireccional en el plano horizontal
- ♦ 3 dBd
- ♦ Impedancia: $\sim 36\Omega$



Antena Yagi-Uda



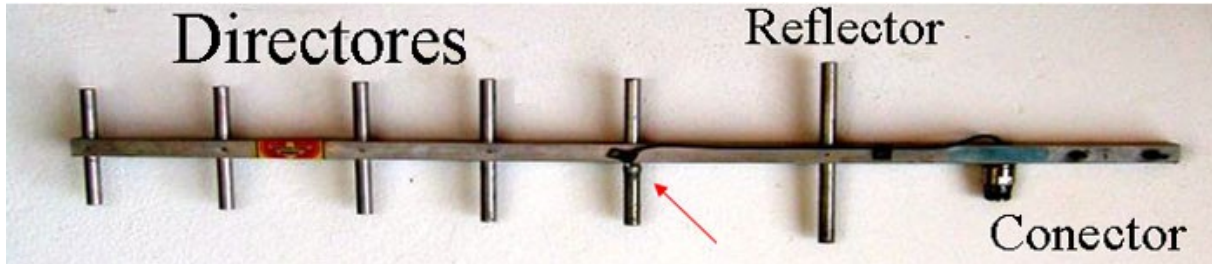
- ◆ Yagi
- ◆ Elemento principal: Dipolo de media onda
- ◆ Directores: Directividad
- ◆ Un reflector

Radome: Permite el paso de las ondas de RF, mientras ofrece protección mecánica

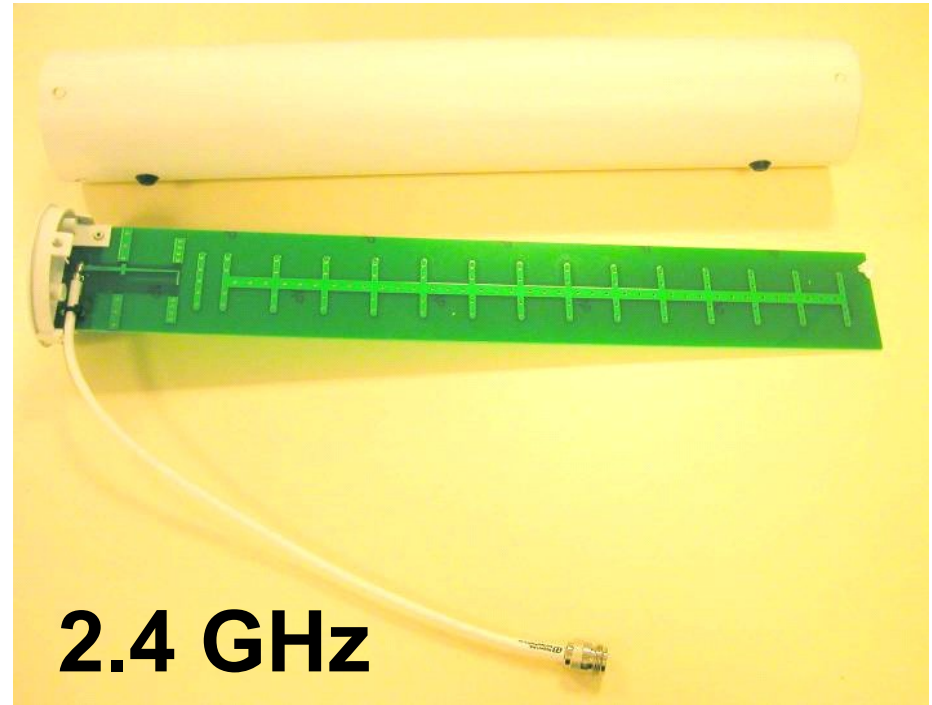




Antena Yagi-Uda

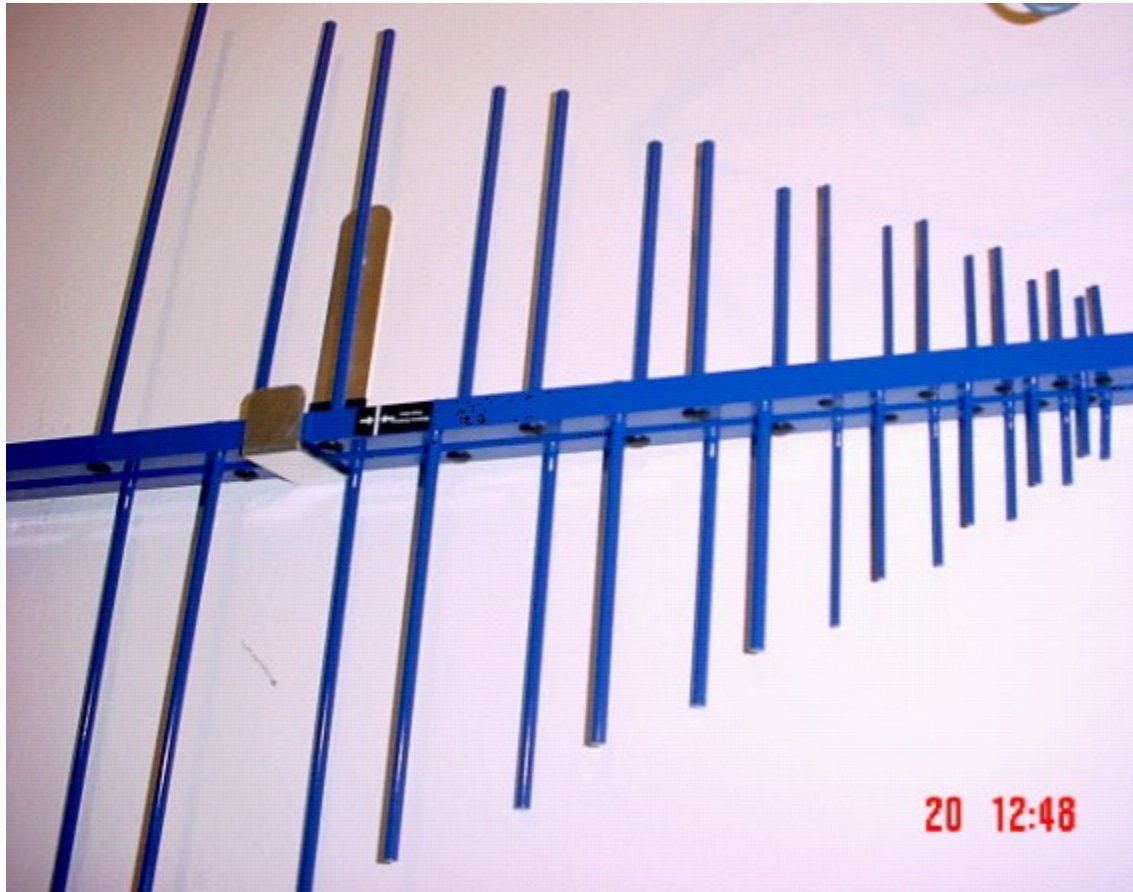


800 MHz



2.4 GHz

Log-Periódica (LPDA)





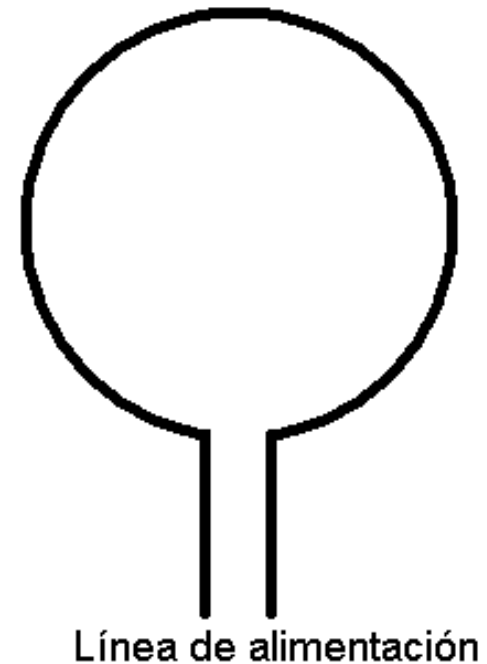
Log-Periódica (LPDA)

- ♦ La impedancia es una función periódica de la frecuencia de operación
- ♦ Unidireccionalidad y gran ancho de banda
- ♦ El elemento más corto es $< \lambda/2$ de la frecuencia más alta, mientras que el elemento más largo es $> \lambda/2$ de la frecuencia más baja
- ♦ Ganancia inferior a una Yagi con el mismo número de elementos
- ♦ Parámetro de diseño: $\tau = L_1/L_2 = D_1/D_2 = L_2/L_3 = \dots$

Antena “loop”o de lazo



- ♦ Pequeñas dimensiones
- ♦ Mayor radiación en el plano del lazo
- ♦ Gran ancho de banda
- ♦ Eficiente como antena RX





Antena Omnidireccional

- ♦ Diagrama de radiación 360 grados.



- ♦ Tienen un campo eléctrico verticalmente polarizado.
- ♦ La ganancia es normalmente baja, alrededor de 2 a 12 dBi.



Antena Omnidireccional

- ♦ Más adecuada para una amplia área de servicio
- ♦ **Tenga cuidado cuando usa antenas Omni:**
 - ✓ Considere potenciales problemas con nodos escondidos
 - ✓ Considere potenciales problemas con la interferencia

Antenas Omnidireccional

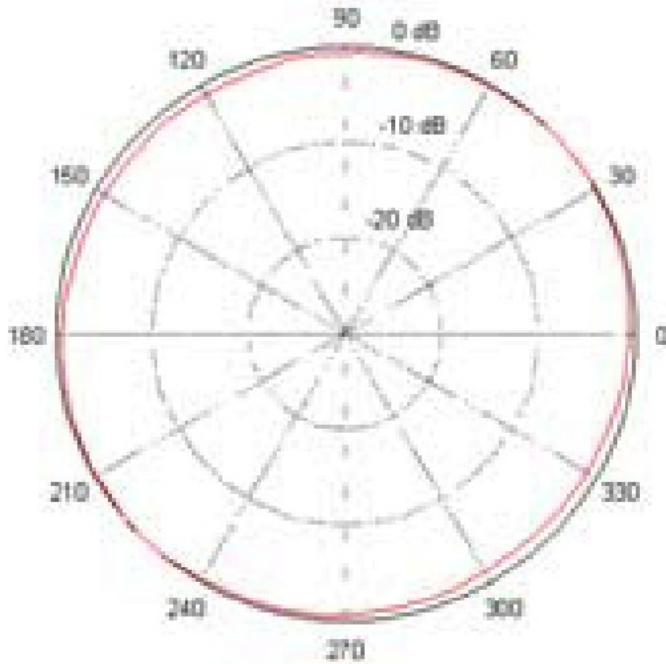
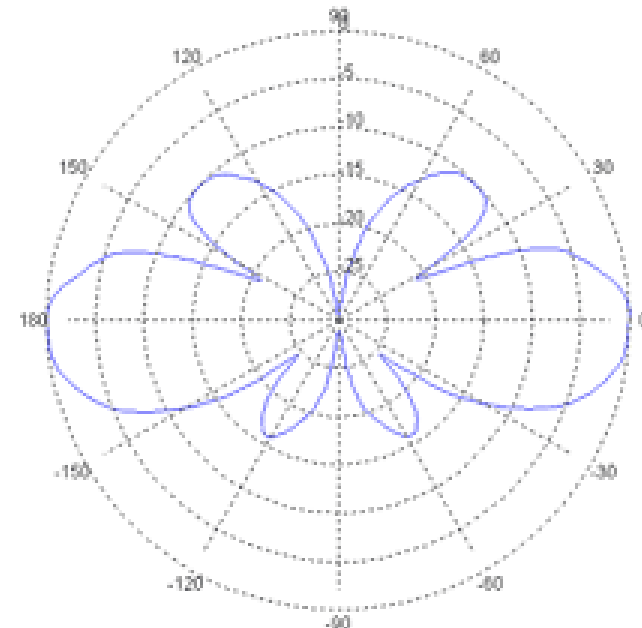


Diagrama de radiación



6 dbi

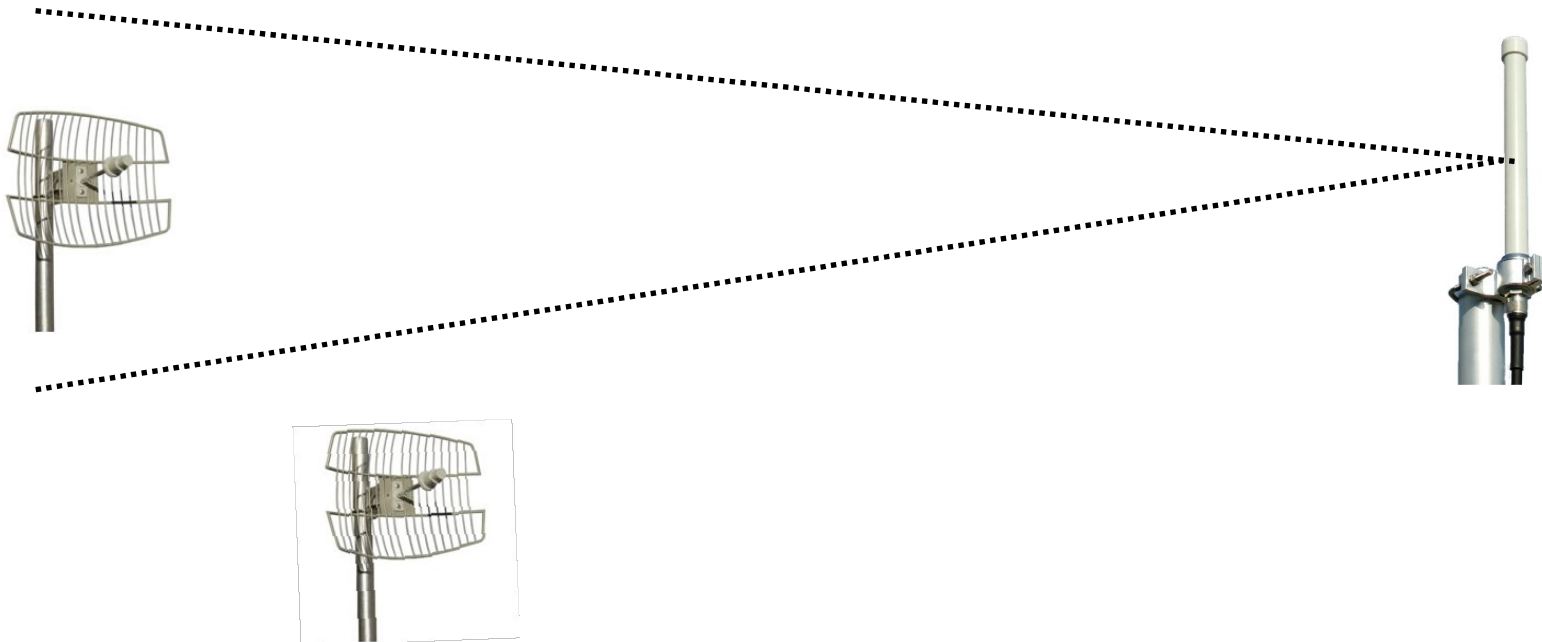
Diagrama de radiación vertical





Antena Omnidireccional

Tratando de maximizar el área de servicio podría tener problemas con nodos muy cercanos a la antena





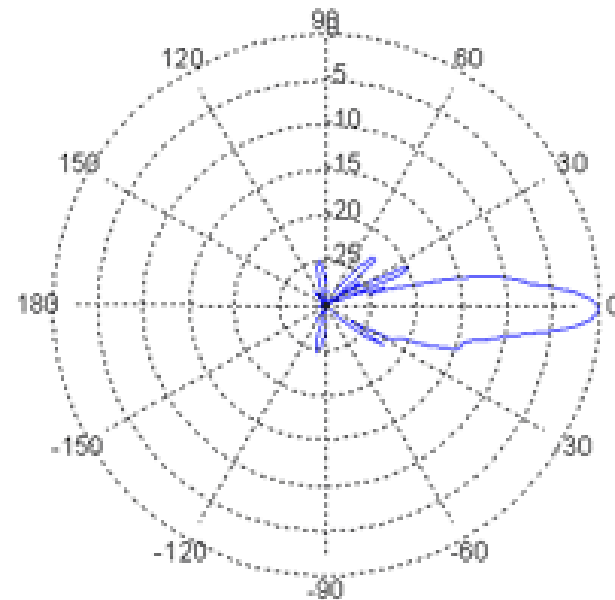
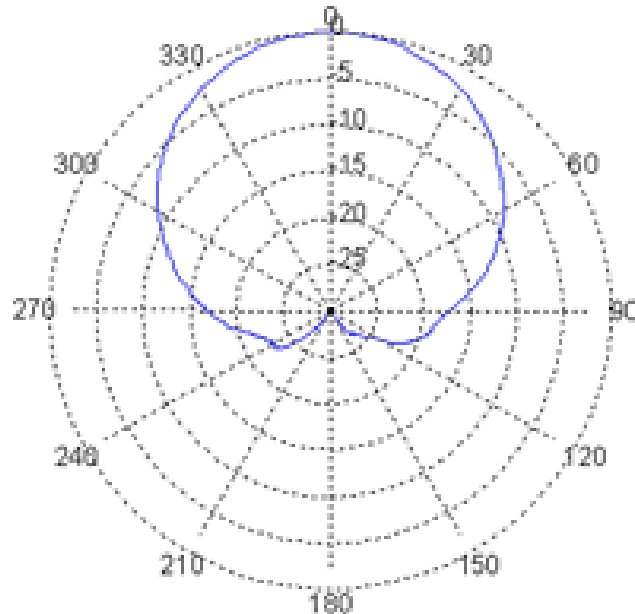
Antena Sectoriales

- ♦ Usadas en puntos de acceso y para servir enlaces de punto multipunto (PtMP)
- ♦ Normalmente polarizadas verticalmente , pero también están disponibles polarizadas horizontalmente
- ♦ Ganancia Típica de 10 - 19 dBi



Antena Sectoriales

- ♦ Adecuadas para servir un grandes áreas con una densidad alta de conexiones
- ♦ Ancho de haz horizontal de aproximadamente entre 30 - 120 °





Antena Sectoriales



- ♦ Una antena sectorial con alta ganancia necesita montarse cuidadosamente en lo que respecta al Angulo de inclinación
- ♦ Ejemplo: AntennSpecialisten VP870 / 24 antena de paneles vertical 70 °, 16.5 dBi



Antena Sectoriales

- ♦ Algunas antenas sectoriales permiten modificar el diagrama de radiación utilizando un reflector



Antena Sectoriales



¿Por qué necesitamos sectorizar?

- ◆ Nos permite colocar múltiples puntos de acceso en una torre, y así ofrecer más ancho de banda
- ◆ Permite aislar áreas con más alto niveles de ruido de RF
- ◆ Pueda separar enlaces de larga y corta distancia (estabilidad)

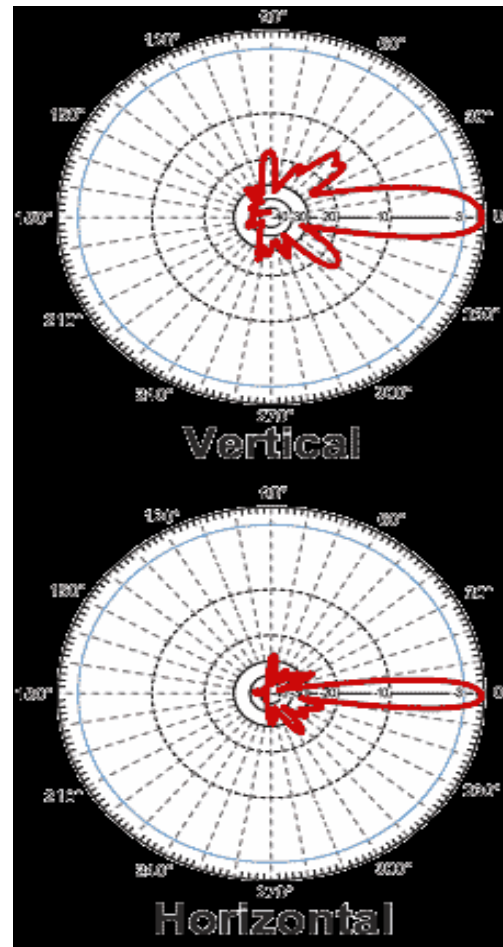


Antena Parabólica

- ♦ El reflector puede ser una lámina sólida o perforada, y mientras las perforaciones no excedan de una décima parte de la longitud de onda su efecto en las prestaciones eléctricas de la antena no será notable
- ♦ Como la frecuencia de operación depende solamente del elemento activo o alimentador, reflectores utilizados para aplicaciones satelitales a frecuencias más altas pueden perfectamente ser utilizados a otras frecuencias dotándolos del alimentador adecuado

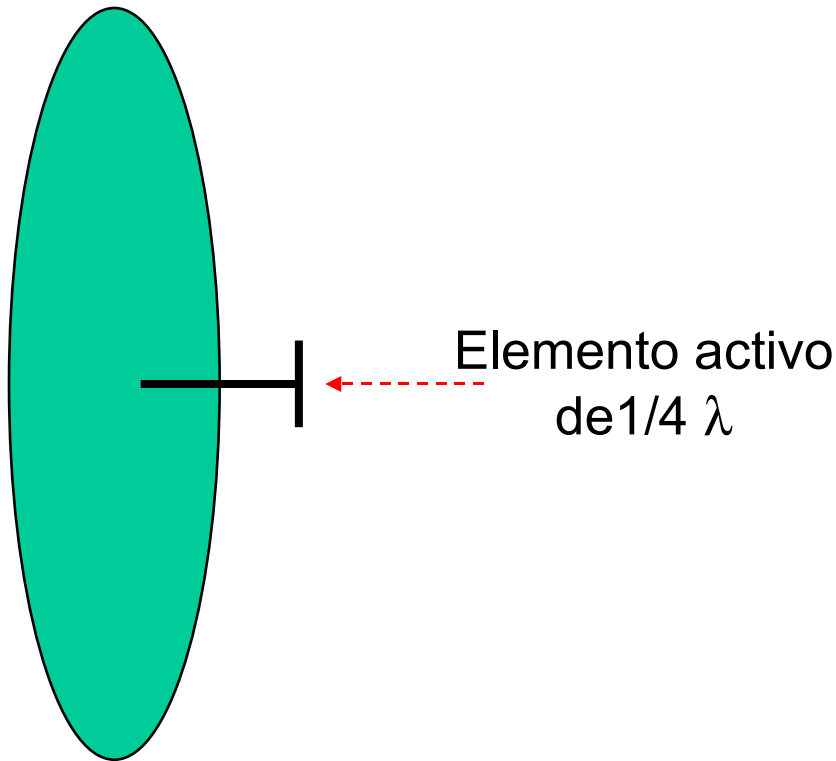
Antena Parabólica







Antena Parabólica



- ◆ El reflector Parabólico enfoca la señal
- ◆ Puede ser sólido o grillado
- ◆ 25 cm - 15dBi
- ◆ 1 m X 50 cm - 24 dBi
- ◆ 1 m sol - 27 dBi
- ◆ 2m sol - 31 dBi
- ◆ 3m sol - 37 dBi

Ejemplo de reciclaje

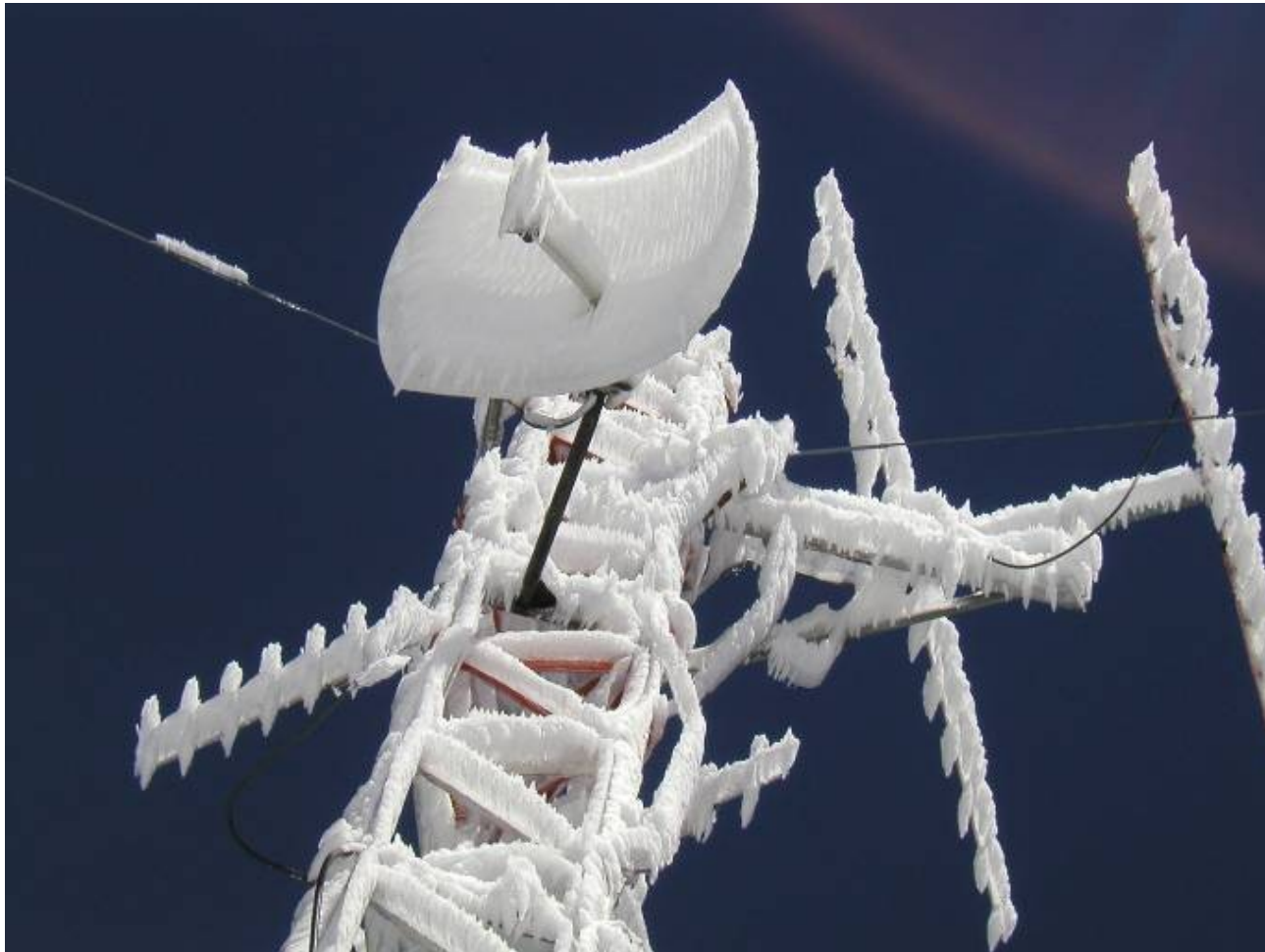
Antena parabólica



- ◆ Transceptor colocado en el foco de la parábola
- ◆ Alcance de 10 km
- ◆ Económico y fácil de construir
- ◆ Puede ser utilizado en el interior



Antena colapsada por efecto del hielo



Antena de “Patch” o plana

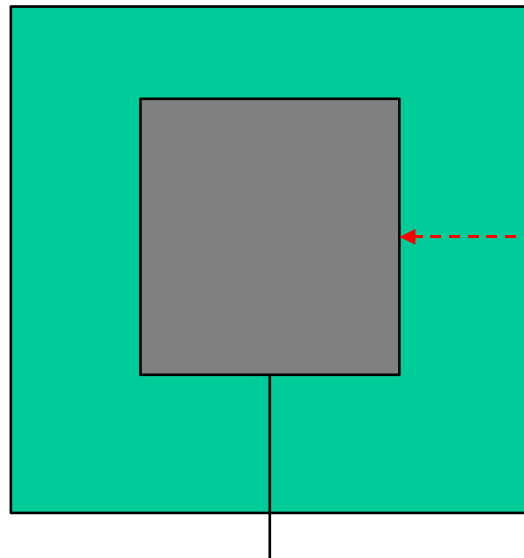
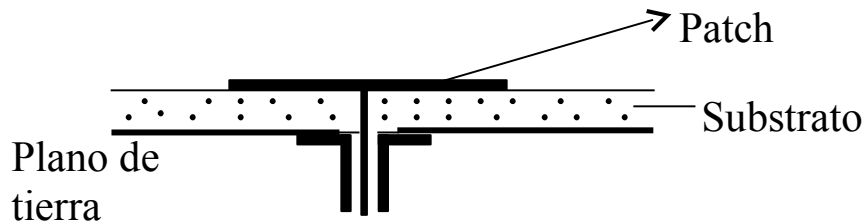


- ♦ Esta antena es muy popular porque es visualmente poco impactante. Se consigue con ganancias de hasta 23 dBi en nuestro rango de frecuencias y a menudo se pegan a la caja que contiene el radio, en un solo objeto.





Antena de "Patch" o plana



Patch

- ◆ Conductor o reflector de $1/4 \lambda$
- ◆ 6dBi

Elemento activo $1/4 \lambda \times 1/4 \lambda$

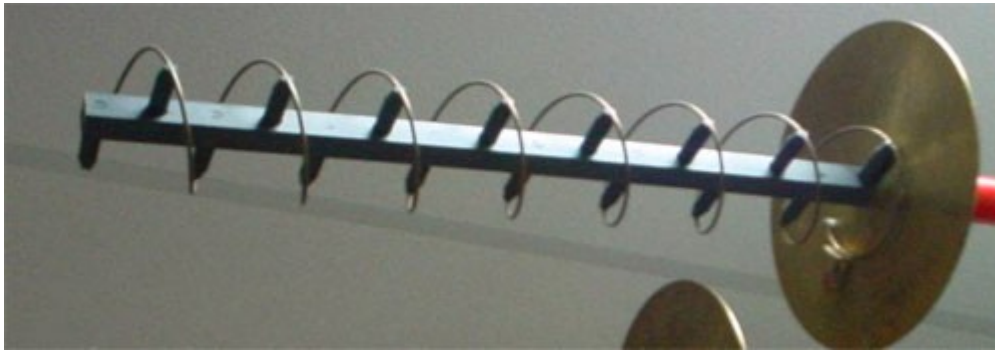
Antena plan de múltiples elementos (Patch)



Antena guía-onda



Antena helicoidal y ranurada



Helicoidal

Ranurada

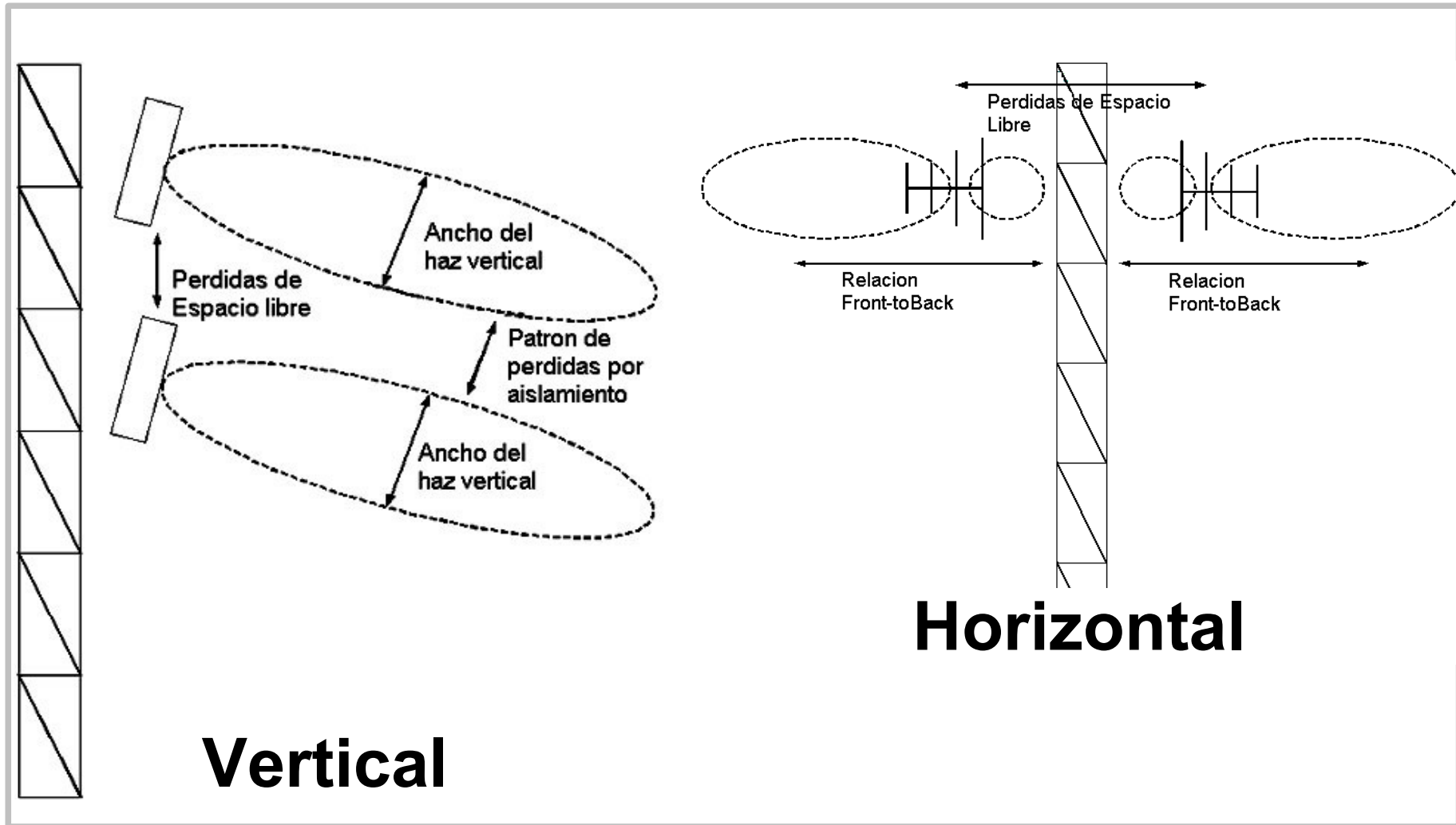


Construya su propia antena



- ♦ Las antenas de baratas y de buena calidad pueden ser hechas usando enseres domésticos comunes:
 - ✓ Antenas Yagi
 - ✓ Antenas de guía de onda (Can Antenna)
- ♦ Las instrucciones de la construcción están en el libro “Redes Inalámbricas para Países en desarrollo”, disponible en línea en wndw.net

Aislamiento de antenas



Aislamiento de antenas



- ♦ Si ponemos las antenas en el mismo plano, tenemos que tomar en cuenta los siguientes aspectos:
 - ✓ Pérdida de espacio libre: está directamente relacionado con la distancia entre las antenas en la torre. Es la pérdida de energía de señal entre las dos antenas en el espacio libre
 - ✓ Patrón de pérdidas de aislamiento: está relacionado con la forma de cada uno de los haces (ancho del haz)

Conectores para cable coaxial



Para conectar el radio al cable coaxial y el cable coaxial a la antena, tiene que escoger conectores apropiados, en función de :

- ✓ Tipo: se refiere a la forma genérica del conector
- ✓ Género: puede ser macho (Male) o hembra (Female)
- ✓ Polaridad: normal o invertida (RP)
- ✓ Rosca: Normal o invertida (RT)

Conectores para cable coaxial



MC-Card



MMCX



RP-MMCX



U.FL



SMA Male



RPSMA Male



SMA Female



RPSMA Female



TNC Male



RPTNC Male



TNC Female



RPTNC Female



N-Male



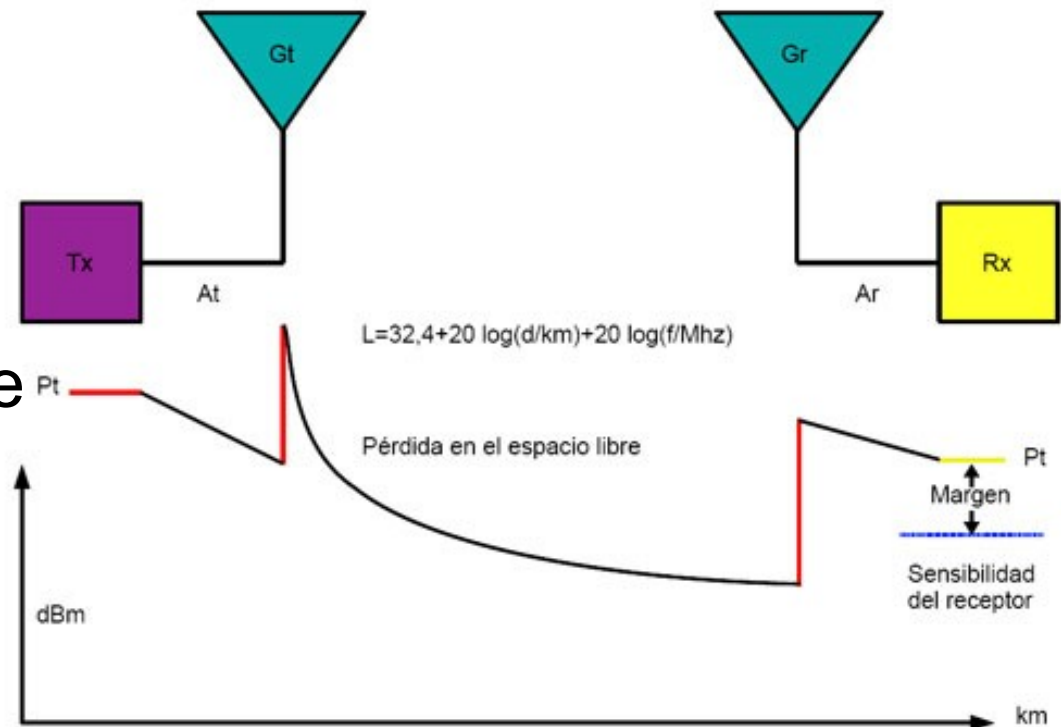
N-Female

- ✓ Gran número de tipos
- ✓ Buen conector: 0.1 dB
- ✓ Conector malo: algunos dB
- ✓ Invierta en buenos conectores

Pérdidas de trayectoria



- ♦ Para llegarle al receptor con una señal suficientemente fuerte a fin de garantizar una determinada tasa de error, es necesario minimizar las pérdidas en los cables de antena y en los conectores.



Cables y señales de RF



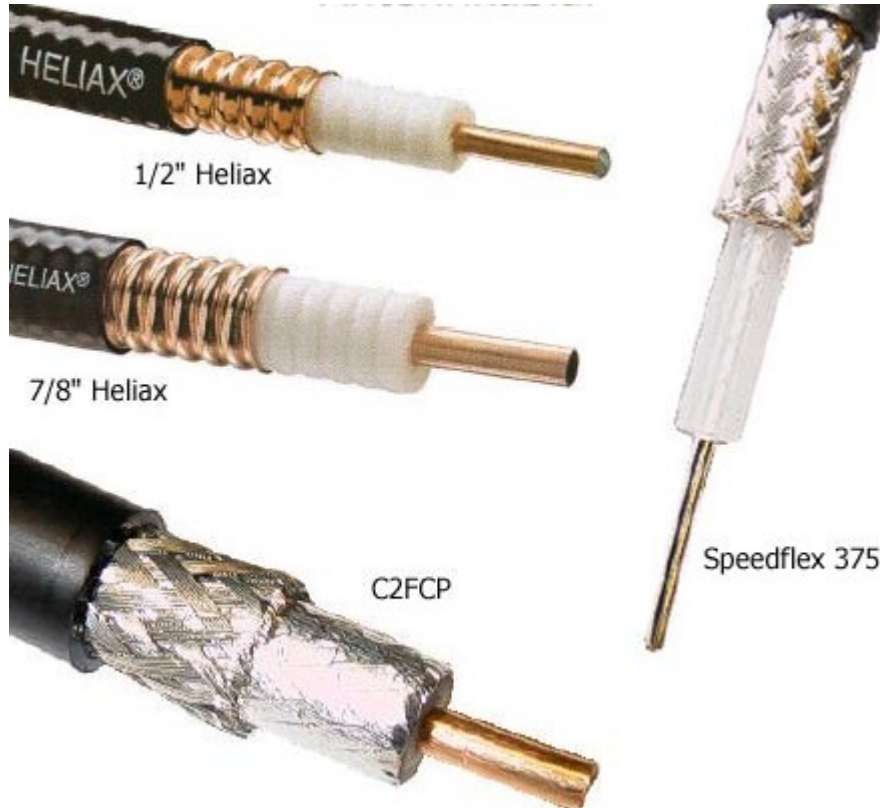
- ♦ La impedancia no depende de la longitud del cable
- ♦ La máxima transferencia de la energía entre el transmisor y la antena solamente tiene lugar cuando todos los elementos de circuito poseen todos la misma impedancia

Cables y señales de RF



- ♦ En los equipo de comunicación de datos (incluyendo WiFi) la impedancia es siempre 50Ω (ohmios)
- ♦ En televisión se usan cables coaxiales con impedancia de 75 ohmios

Pérdida en cables y conectores



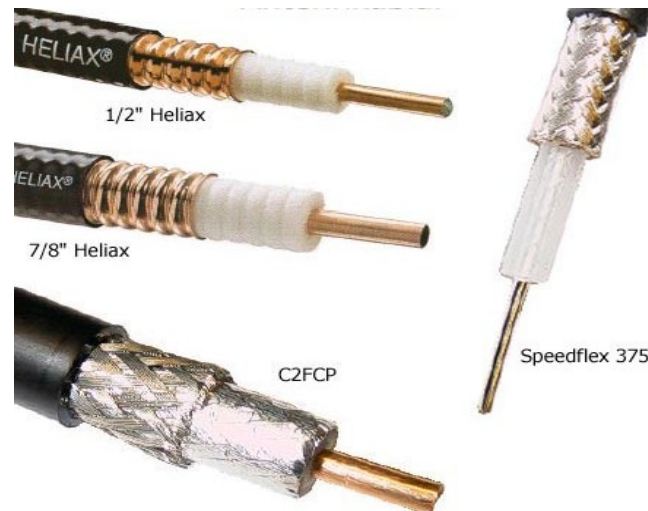
Cables Típicos:

- ◆ LRM400 / 600
- ◆ Heliax
- ◆ Speedflex 375

Pérdida en cables y conectores



Tipo de cable	Pérdida por metro a 2,4GHz
RG 8	0,33 Decibeles
LMR 400	0,22 Decibeles
Heliasx 3/8"	0,176 Decibeles
LMR 600	0,17 Decibeles
Heliasx 1/2"	0,12 Decibeles



Pérdida en cables y conectores



- ♦ Cuando usted escoge un cable tiene que considerar algunos factores tales como:
 - ✓ ¿Cuán largo es el cable que se necesita?
 - ✓ ¿Necesita doblar el cable en ángulos agudos?
 - ✓ ¿Necesita importar el cable del exterior?

El cable coaxial

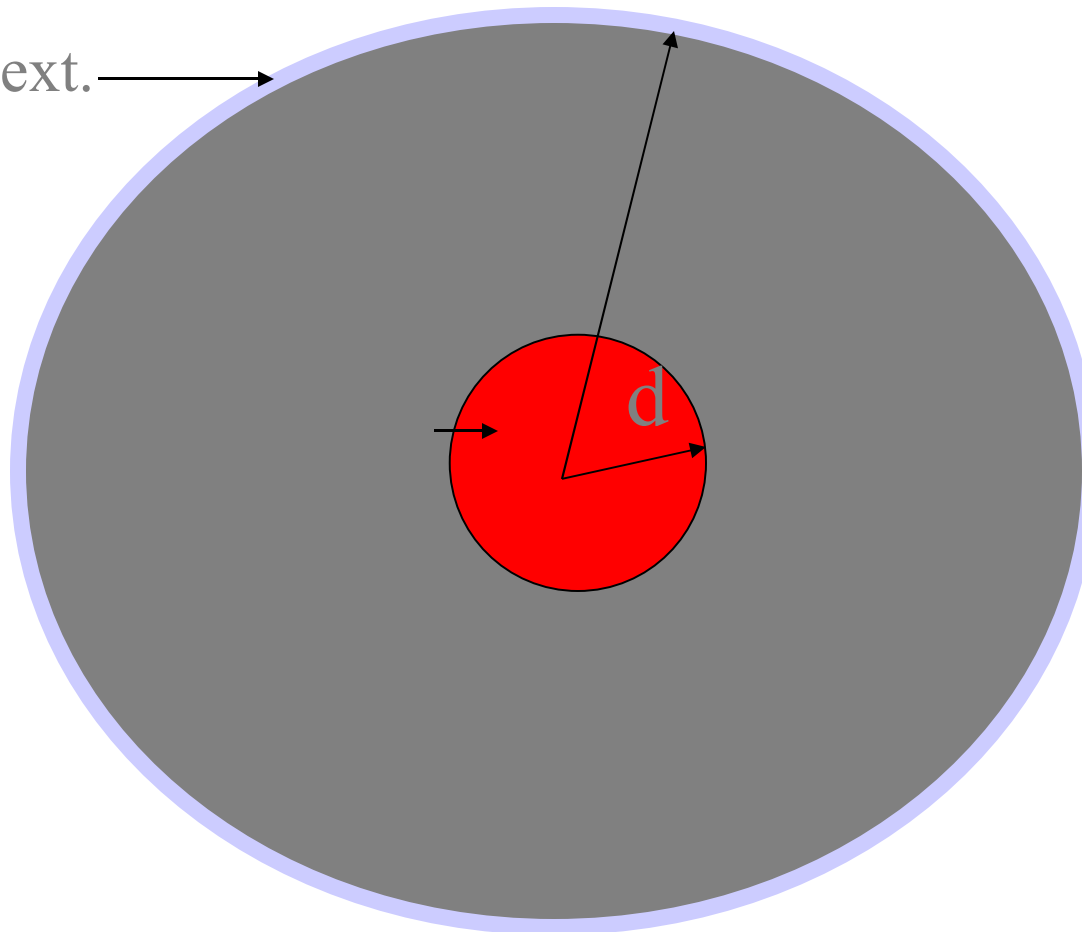


- ♦ Formado por un conductor central recubierto por un tubo conductor flexible
- ♦ El espacio entre los dos conductores es mantenido por aisladores espaciados o continuos, el material del aislante (dieléctrico) afecta la capacitancia y por ende la atenuación
- ♦ El tubo exterior puede ser en forma de malla y siempre irá recubierto por otro aislante y protector.

El cable coaxial



Conductor ext. →



Pigtails y adaptadores de conectores



- ♦ Los *pigtails* o latiguillos tienen dos conectores por lo que sirven como adaptadores y para disminuir la tensión mecánica
- ♦ Pérdida de 0.2 - 1 dB
- ♦ Cable corto y flexible utilizado para unir:
 - ✓ Un radio con una antena
 - ✓ Un radio con un cable largo y grueso
- ♦ Adaptador de conectores: una unidad con dos tipos de conectores: 0.1 - 0.2 decibeles de pérdidas



Pigtails / Adaptador de Conectores

- ♦ Una pigtail es un cable coaxial de pequeña longitud con un conector en cada punta para facilitar la conexión entre radios y antenas o radios y cables de largo alcance.



Conclusiones



- ♦ Las buenas elecciones en equipamiento dependerán de su habilidad de comprender tanto los diagramas de radiación como el presupuesto del enlace pero también el tipo del servicio hacia el que usted desea llegar.

Conclusiones



- ♦ Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:
 1. El significado del diagrama de radiación, presupuesto de potencia, tipos de antenas y cables
 2. La necesidad de la eficiencia espectral y el cumplir con las regulaciones sobre potencia máxima transmitida. No usar más potencia de la necesaria porque perjudica a otros usuarios

Conclusiones



3. La diferencia entre antenas directivas y antenas de amplia cobertura
4. La importancia de evitar las reflexiones de señal, manteniendo siempre la impedancia de 50 ohmios en conectores, cables y antenas
5. Cómo cuidar de sus cables y conectores debido a que son un punto de falla muy común