

Telecomunicaciones

Tutorías para Examen de Título Área de Telecomunicaciones

Sesión 2:
Parámetros de antenas y Cálculo de radioenlace
terrestre

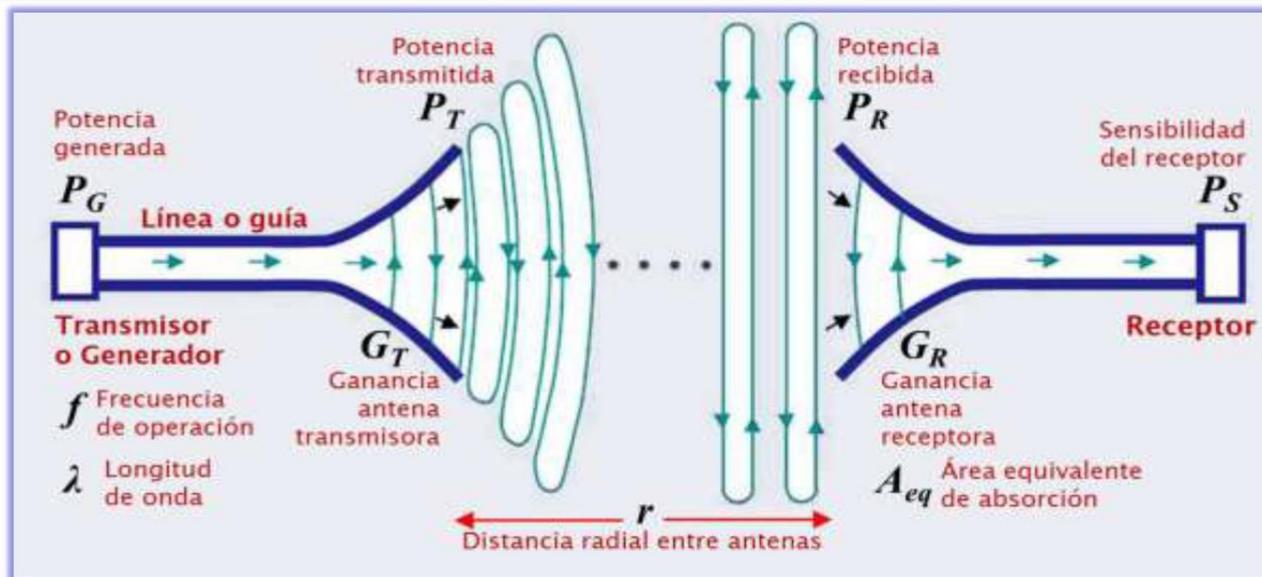
Sistema de comunicación por radio

¿Cuáles son sus elementos principales?

(Kraus, 2000)

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR RADIO

Elemento	Descripción
Transmisor	● Genera una potencia que entrega a la antena a través de una línea.
Línea de transmisión	● Guía la potencia generada hacia la antena, en forma de onda plana TEM. Se supone que el espacio entre sus conductores es mucho menor que λ .
Antena transmisora	● Radia la potencia que le llega del transmisor. Sus características determinan la eficacia de esa radiación.
Onda en el espacio	● La onda esférica radiada se visualiza como plana cuando llega a la antena receptora que se encuentra en campo lejano.
Antena receptora	● Absorbe potencia del frente de onda que le llega. Sus características determinan la eficacia de esa absorción.
Receptor	● Recibe, a través de la línea, la potencia que absorbe la antena receptora.



Así, una antena es un dispositivo de transición, o transductor, entre una onda guiada y una en el espacio libre o viceversa. Interconecta un circuito y un espacio.

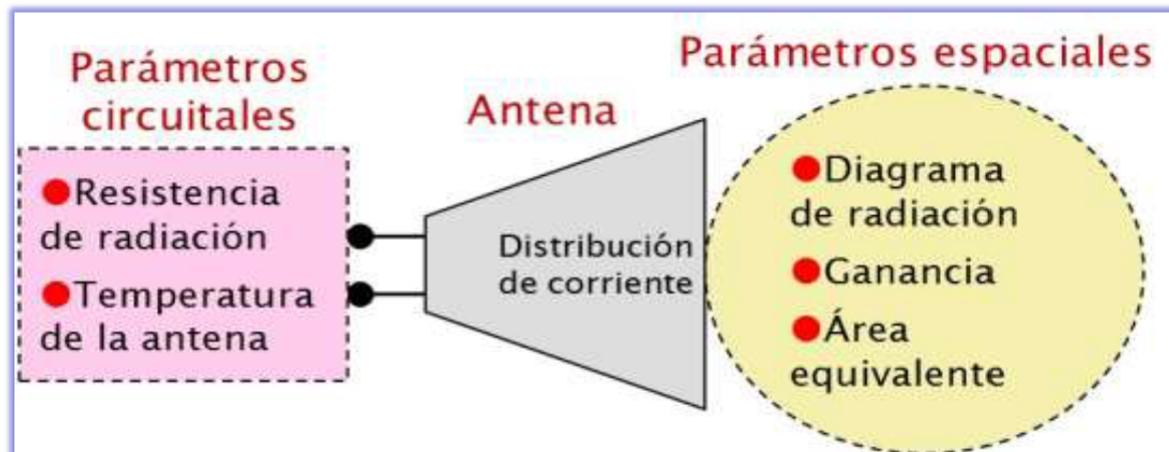
Parámetros básicos de una antena

Se clasifican en circuitales y espaciales

(Kraus, 2000)

PARÁMETROS BÁSICOS DE LA ANTENA

Parámetros	Descripción
Circuitales	<ul style="list-style-type: none">● Resistencia de radiación. La antena se presenta a la línea como una resistencia del espacio (virtual) acoplada a sus terminales.● Temperatura de la antena. Relacionada con la radiación pasiva de objetos distantes que la antena está “mirando”.
Espaciales	<ul style="list-style-type: none">● Diagrama de radiación. Son cantidades tridimensionales que involucran la variación del campo E o de la potencia como una función de coordenadas esféricas.● Ganancia o directividad. Es una indicación de la capacidad de la antena para conducir la potencia radiada en una determinada dirección. Normalmente se habla de antenas omnidireccionales y directivas.● Área equivalente. Es el área de la cual la antena extrae potencia del frente de onda que pasa para entregarla al receptor.



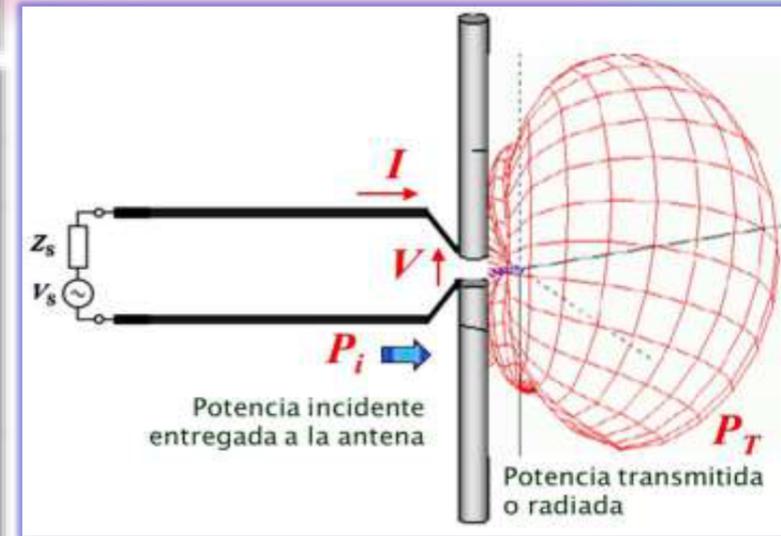
De acuerdo con el principio de reciprocidad, los parámetros **son** los mismos si la antena se utiliza para transmitir o recibir.

Resistencia de radiación

Modelo circuital de la antena en transmisión

MODELO CIRCUITAL DE LA ANTENA

Elemento	Descripción
Impedancia de la antena	● Z_A . Al conectar el transmisor a la antena, la relación de V e I en los terminales de la antena permite modelarla como una impedancia compleja (Z_A) que varía con la frecuencia.
Resistencia de radiación	● Representa la capacidad de disipación de potencia mediante radiación al espacio, y que puede ser equiparada a una resistencia óhmica disipadora de potencia. Es decir, la antena se presenta a la línea como una resistencia del espacio (virtual) acoplada a sus terminales.
Resistencia de pérdidas	● Representa la potencia disipada en la superficie de los conductores de la antena. Se utilizan antenas de bajas pérdidas.
Reactancia de la antena	● Representa la inductancia de los conductores de la antena (energía magnética) y su capacitancia (energía eléctrica) respecto a tierra. Estas reactancias son responsables en los circuitos AC de pérdidas de potencia en forma de "pérdidas reactivas de potencia", que no disipan calor, pero que están ahí.



Impedancia de la antena.

$$Z_A = \frac{V}{I} = R_r + R_\Omega + jX_A$$

- Z_A = impedancia de la antena, en Ω .
- V = voltaje, en V .
- I = corriente, en A .
- R_r = resistencia de radiación, en Ω
- R_Ω = resistencia de pérdidas, en Ω
- X_A = reactancia de la antena, en Ω

La antena se modela como una impedancia compleja.

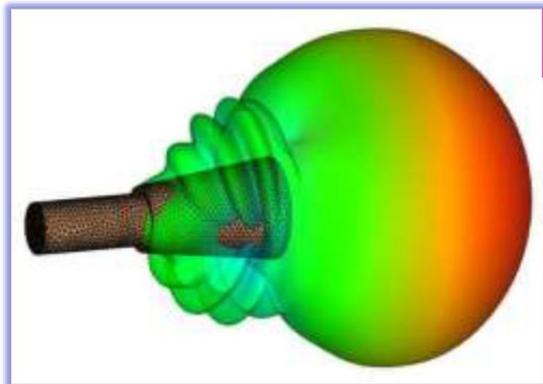
Diagrama de radiación

Pueden ser omnidireccionales o directivos

ANTENAS SEGÚN SU RADIACIÓN

- Una **antena** se diseña de modo que radie más potencia en una **dirección** que en otras.
- La radiación se concentra en un patrón con forma geométrica reconocible que se conoce como **diagrama de radiación** o de **campo**.
- Se habla de antenas **omnidireccionales** y **directivas**.

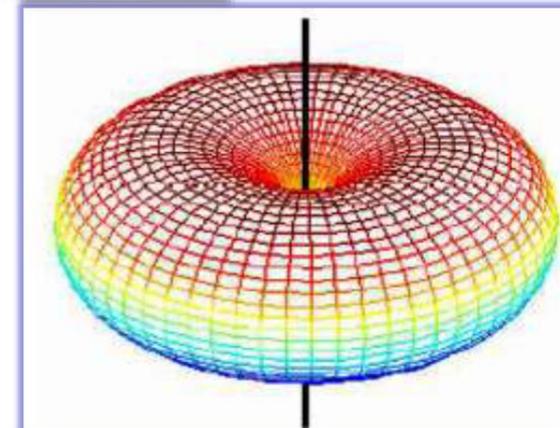
Tipo	Descripción
Omni-direccional	● Ej.: antena dipolo . Su radiación tiene forma similar a un “ donut ” sin agujero, donde las puntas de los brazos son puntos “sordos” hacia donde no radia.
Directiva	● Ej.: antena Yagi, bocina cónica . Tiene un patrón de radiación similar al cono de luz de un proyector.



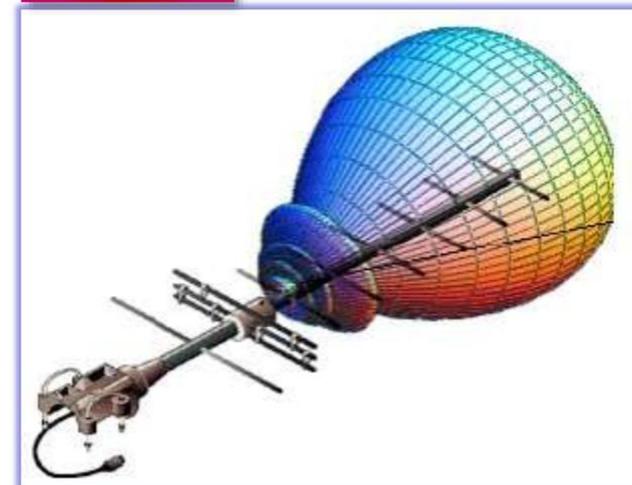
Bocina cónica

(Kraus, 2000) (Anguera, 2008)

Dipolo



Yagi



El patrón de radiación es la forma característica en que una antena radia energía.

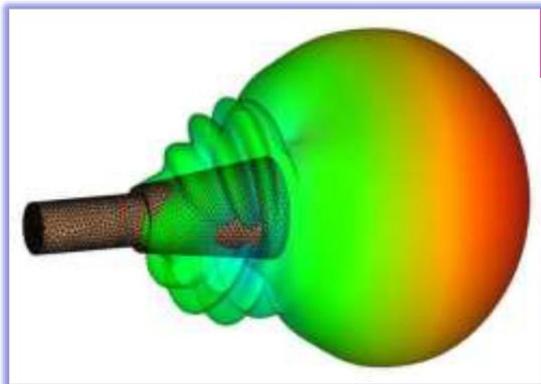
Diagrama de radiación

Pueden ser omnidireccionales o directivos

ANTENAS SEGÚN SU RADIACIÓN

- Una **antena** se diseña de modo que radie más potencia en una **dirección** que en otras.
- La radiación se concentra en un patrón con forma geométrica reconocible que se conoce como **diagrama de radiación** o de **campo**.
- Se habla de antenas **omnidireccionales** y **directivas**.

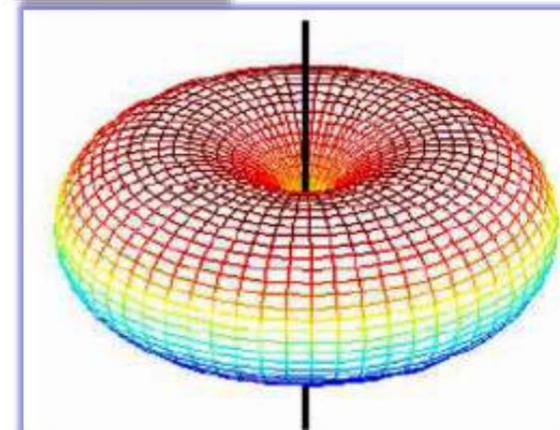
Tipo	Descripción
Omnidireccional	● Ej.: antena dipolo . Su radiación tiene forma similar a un “ donut ” sin agujero, donde las puntas de los brazos son puntos “sordos” hacia donde no radia.
Directiva	● Ej.: antena Yagi , bocina cónica . Tiene un patrón de radiación similar al cono de luz de un proyector.



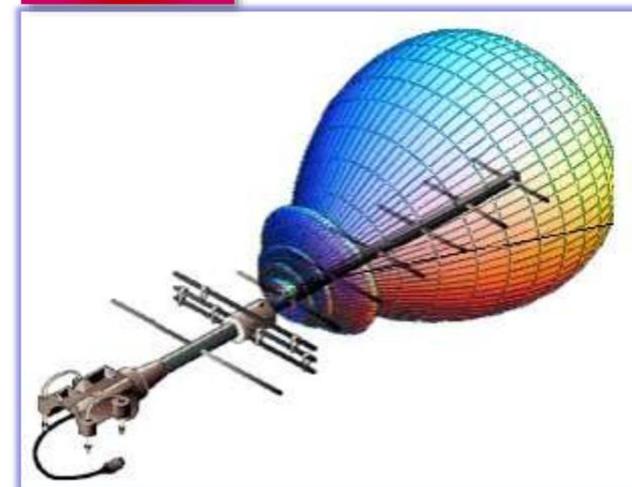
Bocina cónica

(Kraus, 2000) (Anguera, 2008)

Dipolo



Yagi

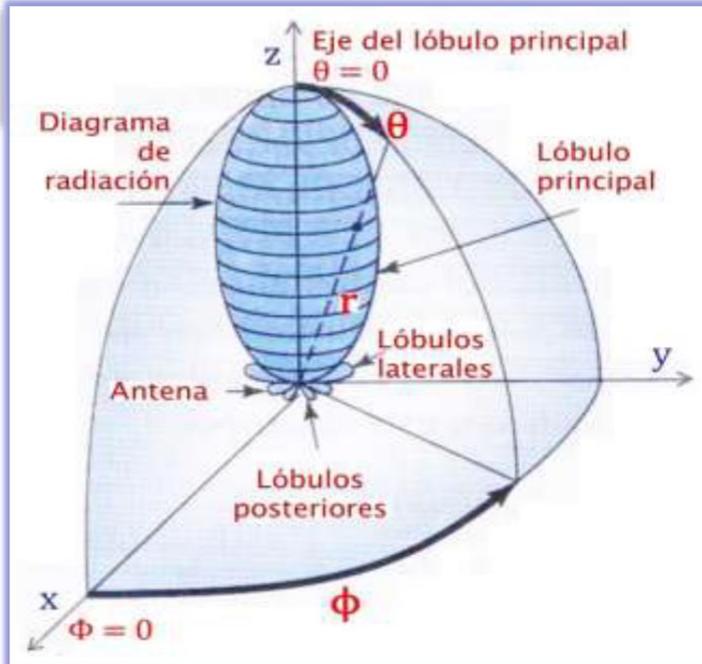


El patrón de radiación es la forma característica en que una antena radia energía.

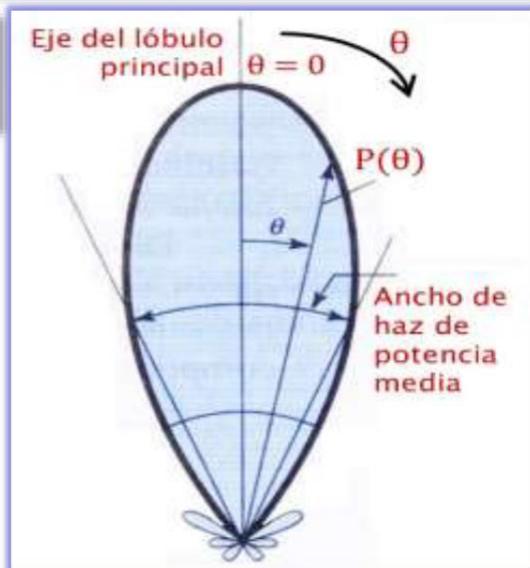
Diagrama de radiación con coordenadas

La radiación se grafica en 3D

3D Campo



Plano y-z Potencia



(Kraus, 2000) (Anguera, 2008)

DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Con coordenadas esféricas

- La radiación se grafica en **3D**, en función de las coordenadas esféricas r , θ y ϕ a una distancia fija. Muestra la variación del **campo E**.
- Como el **campo H** se deriva del **E**, la representación se realiza a partir de cualquiera de los dos, siendo habitual que los diagramas se refieran al **campo E**.
- En campo lejano, la densidad de **potencia** es proporcional al **campo E**, lo que hace que un **diagrama de radiación de campo** contenga la misma información que un **diagrama de potencia**.
- Si el diagrama es simétrico alrededor de un eje, es suficiente la representación con cortes extraído del diagrama en 3D para θ o ϕ constantes, y se denominan **planos principales** (x-z o y-z).

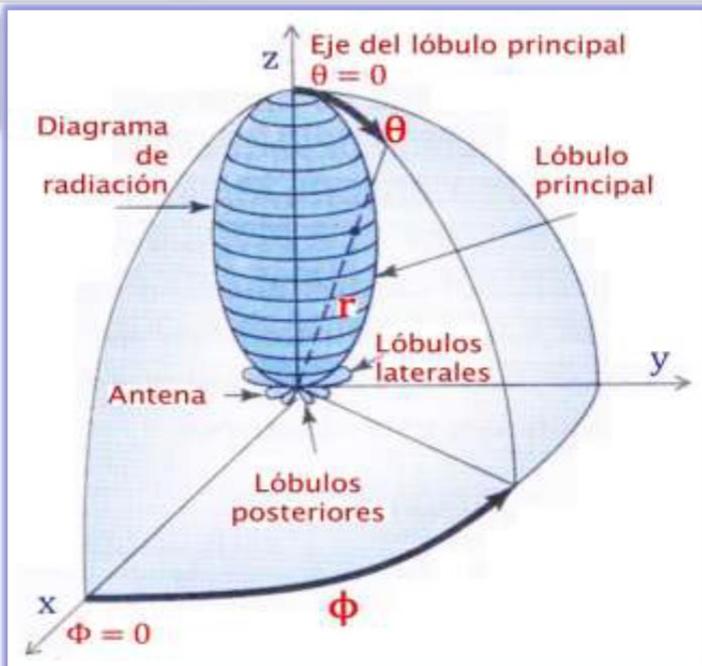
Si el diagrama es simétrico, es suficiente el diagrama de plano principal.

Diagrama de radiación con coordenadas

La radiación se grafica en 3D

(Kraus, 2000) (Anguera, 2008)

3D
Campo



Plano y-z
Potencia

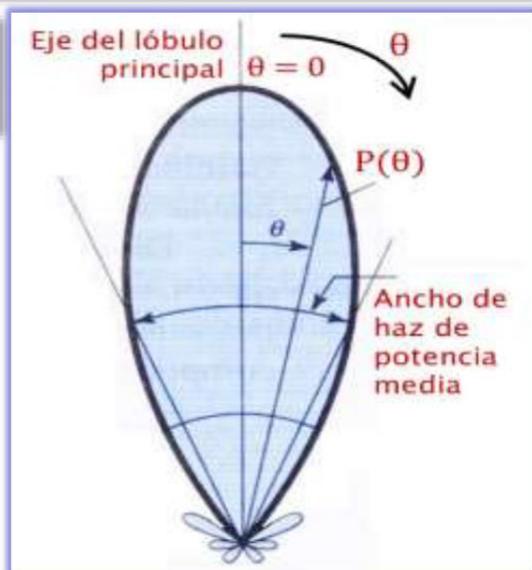


DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Con coordenadas esféricas

- La radiación se grafica en **3D**, en función de las coordenadas esféricas r , θ y ϕ a una distancia fija. Muestra la variación del **campo E**.
- Como el **campo H** se deriva del **E**, la representación se realiza a partir de cualquiera de los dos, siendo habitual que los diagramas se refieran al **campo E**.
- En campo lejano, la densidad de **potencia** es proporcional al **campo E**, lo que hace que un **diagrama de radiación de campo** contenga la misma información que un **diagrama de potencia**.
- Si el diagrama es simétrico alrededor de un eje, es suficiente la representación con cortes extraído del diagrama en 3D para θ o ϕ constantes, y se denominan **planos principales** (x-z o y-z).

Si el diagrama es simétrico, es suficiente el diagrama de plano principal.

Parámetros del diagrama del plano

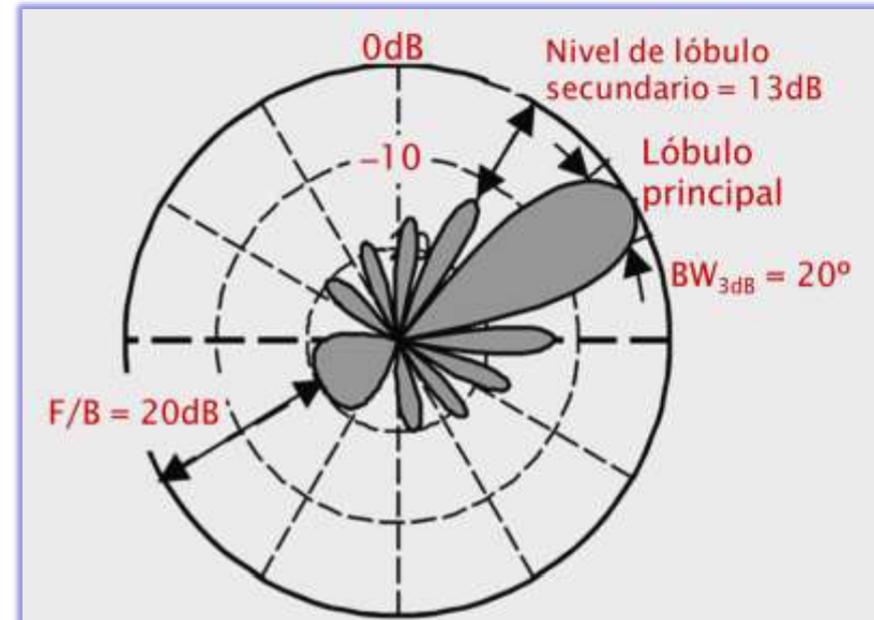
Ejemplo para una antena directiva

(Blake, 2004)

DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Antenas directivas

- En el diagrama se definen **parámetros** que describen el comportamiento de la antena y permiten especificar su funcionamiento. Son cantidades escalares necesarias para diseñar antenas **directivas**.
- El **campo E** se representa de forma **relativa** (normalizando el valor máximo a la unidad) y en **escala logarítmica**.
- Un diagrama **relativo logarítmico** tiene el máximo en 0 dB y el resto de direcciones del espacio con dB negativos.
- Cuando la escala es logarítmica, los diagramas de **campo** y de **potencia** son idénticos.



Ejemplo 1.- Parámetros del diagrama directivo típico

- **Lóbulo principal.** Es la zona en la que la radiación es máxima.
- **Ancho de haz** (BW_{3dB}). Es el ancho del lóbulo principal entre puntos de potencia media, $-3dB$: **20°** .
- **Nivel de lóbulo secundario** (SLL). Es el mayor de los máximos secundarios medido respecto al máximo principal: **13dB**.
- **Relación frente/atrás** (F/B). Es la relación en dB de la radiación principal a la obtenida en la dirección opuesta: **20dB**.

Ejemplos de diagramas de radiación

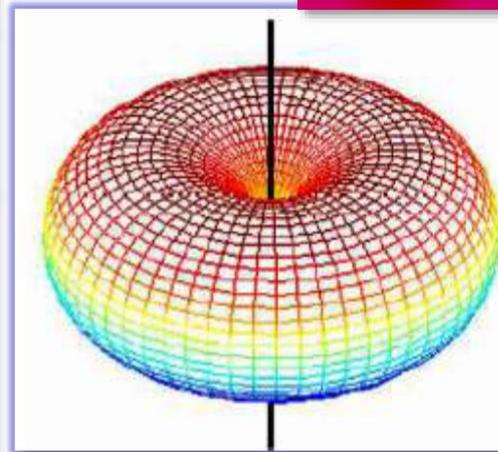
Pueden ser omnidireccionales o directivos

Ejemplo 2.- Diagrama de antena dipolo

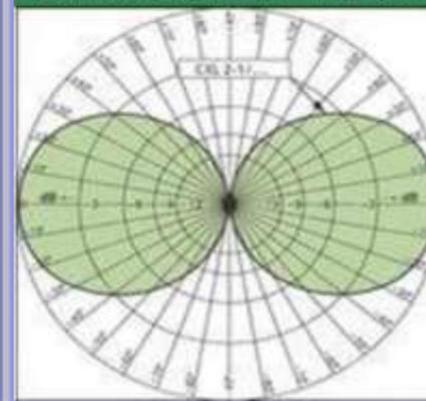
● En el plano y-z se muestra el diagrama de **campo E** que es bidireccional.

● En el plano y-x, perpendicular al y-z, se muestra el diagrama de **campo H** que es omnidireccional.

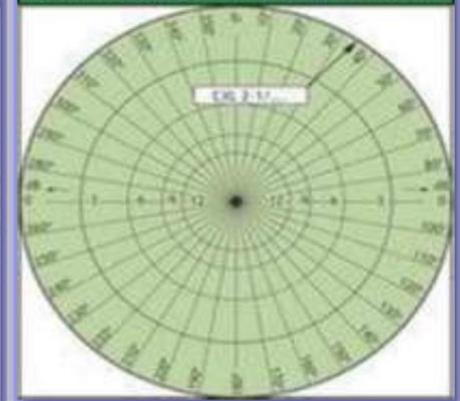
Dipolo



Omnidireccional - Plano E



Omnidireccional - Plano H

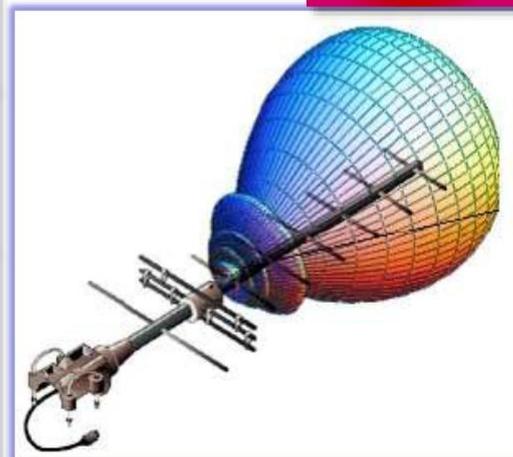


Ejemplo 3.- Diagrama de antena Yagi

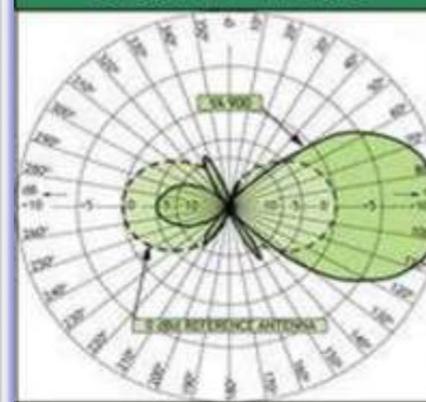
● En el plano y-z se muestra el diagrama de **campo E** que es directivo.

● En el plano y-x, perpendicular al y-z, se muestra el diagrama de **campo H** que es directivo.

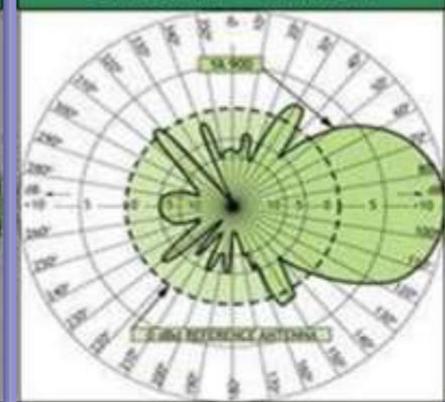
Yagi



Directiva - Plano E



Directiva - Plano H



Ganancia de una antena transmisora

Ejemplo para la antena dipolo

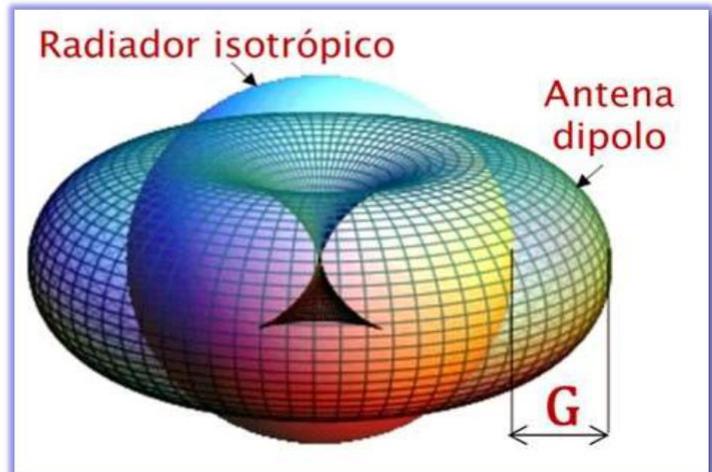
(Blake, 2004) (Anguera, 2008)

Ejemplo 4.- Ganancia de antena dipolo

● En general, la ganancia de una antena transmisora se calcula comparando la **densidad de potencia radiada** en la dirección de máxima radiación, a una distancia dada, con la que radiaría a esta misma distancia un **radiador isotrópico** que radiase la misma potencia.

● La radiación isotrópica ($G_i=1$) se utiliza como **referencia**. Una antena con una ganancia superior a la isotrópica radiará más potencia en una dirección dada, en detrimento de otras, donde radiará menos.

● La **antena dipolo** radia 1,64 veces con mayor intensidad en la dirección de máxima radiación que un radiador isotrópico, por tanto su ganancia es **$10 \log 1,64 = 2,15$ dBi**.



Ganancia de la transmisora.

$$G_T = \frac{S}{S_i} = 4\pi r^2 \frac{S}{P_T}$$

G_T = ganancia de la antena transmisora.
 S = densidad de potencia transmisora, en W/m^2 .
 S_i = densidad de potencia isotrópica, en W/m^2 .
 P_T = potencias radiada o transmitida, en W .
 r = distancia radial desde la transmisora, en m .

GANANCIA Y DIRECTIVIDAD

● A veces se usa el término **directividad**, que no es lo mismo que ganancia.

● La **ganancia** pone de manifiesto el hecho de que una antena real no radia toda la potencia que se le suministra, si no que parte de ésta se disipa en forma de calor (R_Q).

● La **ganancia** es la **directividad** multiplicada por la eficiencia de la antena.

Se expresa en dBi

$$G_T(\text{dBi}) = 10 \log GT$$

El i es por la referencia isotrópica.

Ejemplos con densidad de potencia

Para antenas de diferentes ganancias

(Blake, 2004)

Ejemplo 5.- Densidad de potencia isotrópica

● Se suministra 100 W de potencia a un radiador isotrópico. Calcule la **densidad de potencia** que produce a un punto distante 10 km.

Respuesta Ejemplo 5

● $S_i = 79,6 \text{ nW/m}^2$. En términos de radio, es una señal bastante fuerte.

Ejemplo 6.- Densidad de potencia antena dipolo

● Se suministra 100 W de potencia a una antena dipolo. Calcule la **densidad de potencia** que produce a un punto distante 10 km en la dirección de máxima radiación.

Respuesta Ejemplo 6

● $S = 130,5 \text{ nW/m}^2$.

Ejemplo 7.- Densidad de potencia antena Yagi

● Se suministra 100 W de potencia a una antena Yagi de 12 dBi. Calcule la **densidad de potencia** que produce a un punto distante 10 km en la dirección de máxima radiación.

Respuesta Ejemplo 7

● $S = 1.260 \text{ nW/m}^2$.



Ejemplos con ganancia y diagramas

Para antenas de diferentes ganancias

(Blake, 2004)

Ejemplo 8.- El dipolo estándar

● Es una antena casi perfecta que también se usa como **punto de comparación**. Se construye bajo un control estricto de laboratorio, garantizando que su construcción, materiales y comportamiento sean idénticos a un estándar establecido para antenas dipolo.

● Dos antenas tienen ganancias de 5.3 dBi y 4.5 dBd, respectivamente. ¿Cuál tiene mayor ganancia?

Respuesta Ejemplo 8

● La de 4.5 dBd = 6.65 dBi.

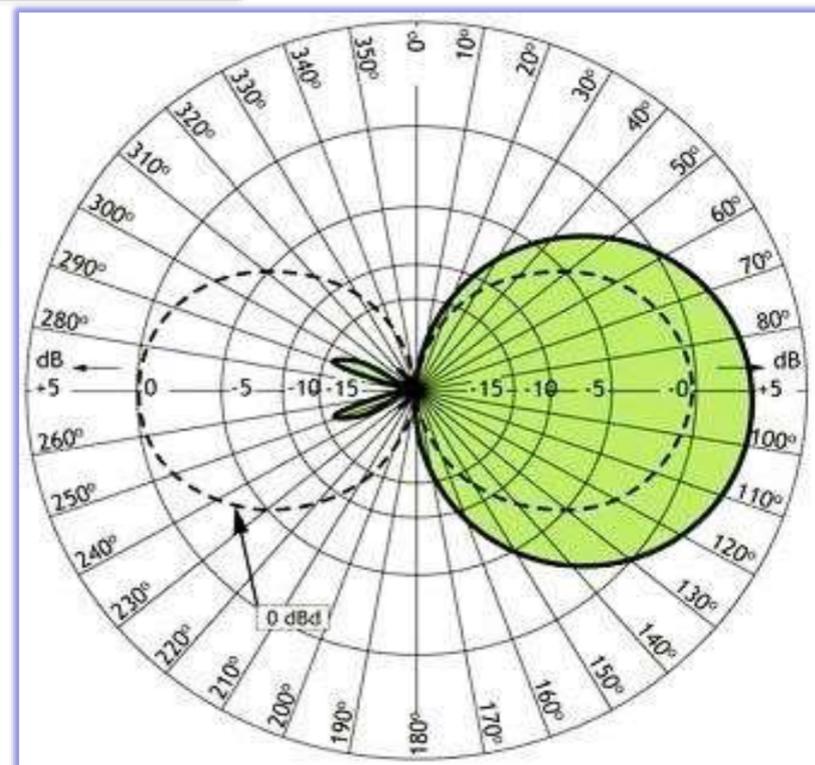
Ejemplo 9.- Patrón de radiación

● Determine la ganancia y el ancho de haz para la antena de la figura.

Respuesta Ejemplo 9

● $G = 3 \text{ dBd} = 5,15 \text{ dBi}$.

● Ancho de haz = 70° .



Ejemplos con ganancia y diagramas

Para antenas de diferentes ganancias

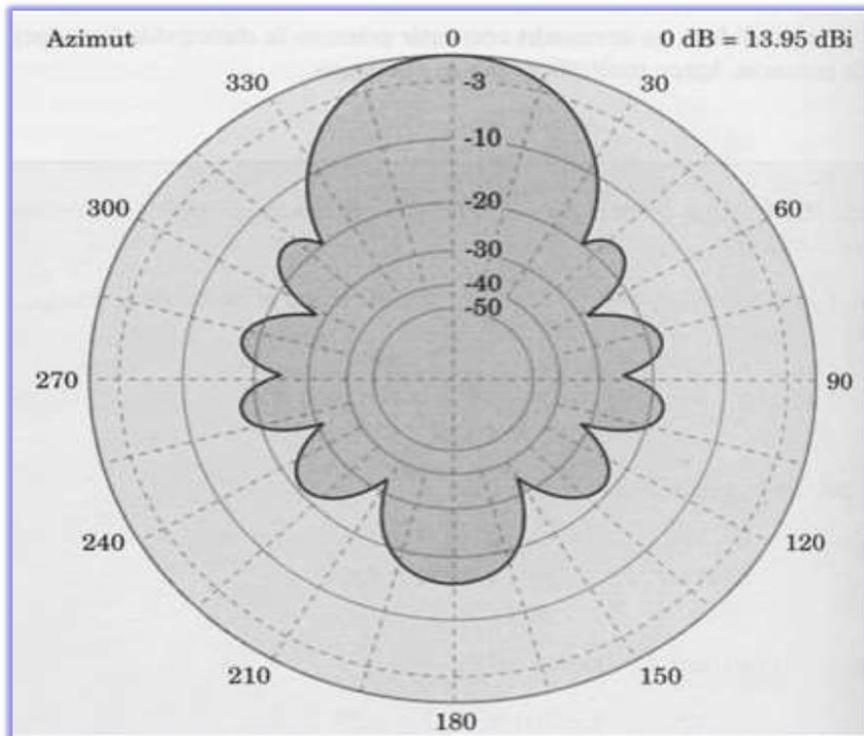
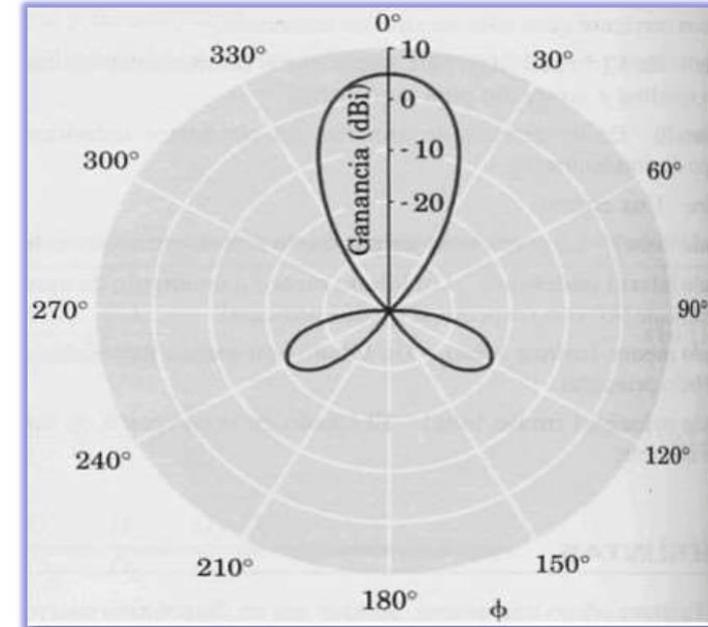
(Blake, 2004)

Ejemplo 10.- Patrón de radiación

● Determine la ganancia y el ancho de haz para la antena de la figura.

Respuesta Ejemplo 10

- $G = 5$ dBi.
- Ancho de haz = 20° .



Ejemplo 11.- Patrón de radiación

- Para el patrón de antena en la figura, encuentre:
- La ganancia de la antena en dBi.
 - La relación frente-atrás en dB.
 - El ancho de haz para el lóbulo principal.

Respuesta Ejemplo 11

- a) $G = 13,95$ dBi; b) $F/B = 15$ dB;
- c) Ancho de haz = 44° .

El diagrama tiene el máximo en 0 dB.

Área equivalente de absorción

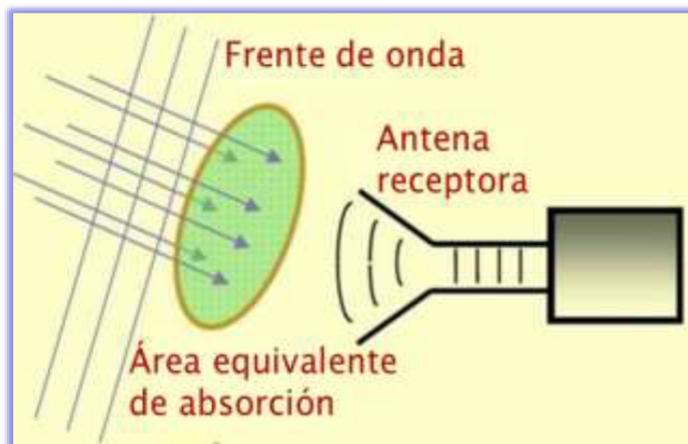
Para la antena en recepción

(Blake, 2004)

ÁREA EQUIVALENTE DE ABSORCIÓN

Conceptos

- Es el área del cual la antena receptora **absorbe potencia** del frente de onda que pasa por ella, para entregarla al receptor.
- Es razonable pensar que la antena absorbe más potencia si es más grande, porque cubre un **área** más grande.
- La antena es más eficiente para absorber potencia desde una **dirección** que desde otra.
- Quiere decir, por tanto, que la antena receptora tiene **ganancia**, y la potencia que absorbe depende de su tamaño físico y de su ganancia.
- Con base a la teoría electromagnética, se demuestra que el **área equivalente** depende de la ganancia de la antena y de la longitud de onda.



Área equivalente de absorción.

$$A_{eq} = \frac{P_R}{S}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{eq} = \text{área equivalente de absorción, en } m^2. \\ P_R = \text{potencia absorbida o recibida, en } W. \\ S = \text{densidad de potencia transmisora, en } W/m^2. \end{array} \right.$$

$$A_{eq} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{eq} = \text{área equivalente de absorción, en } m^2. \\ \lambda = \text{longitud de onda de la onda, en } m. \\ G_R = \text{ganancia de la antena receptora.} \end{array} \right.$$

La ganancia es la misma si la antena se utiliza para transmitir o recibir (principio de reciprocidad).

Ejemplos de área equivalente

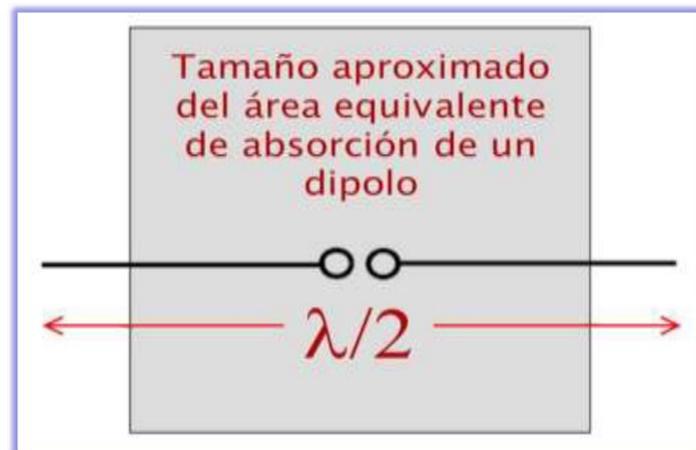
Para antenas de diferentes ganancias

(Blake, 2004)

(Anguera, 2008)

Ejemplo 12.- Tamaño del área equivalente

- El **área equivalente** de una **antena dipolo** es proporcional al área de un cuadrado cuyo lado es casi igual a la longitud de la antena.
- En caso de la **antena dipolo**, los lados del cuadrado son casi iguales a media longitud de onda.
- El **área equivalente** de las **antenas parabólicas** usadas en microondas es proporcional al diámetro del plato reflector, el cual enfoca la radiación hacia la apertura.

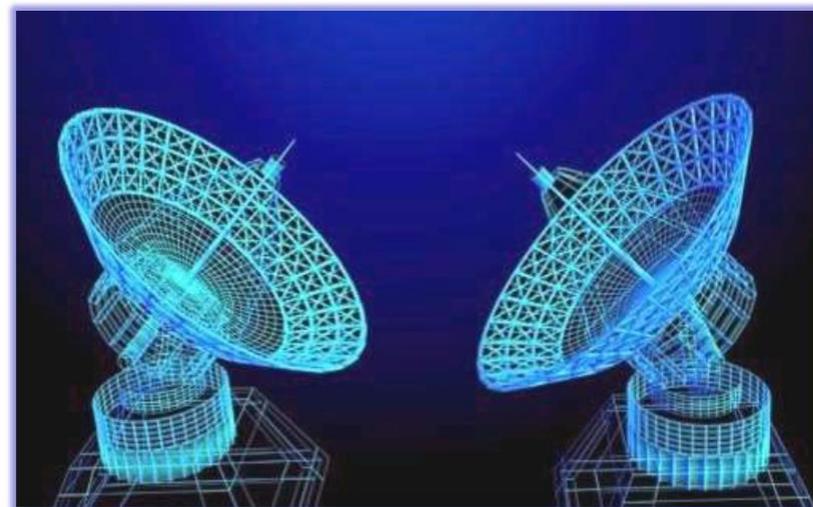


Ejemplo 13.- Área equivalente de una antena

- Una antena tiene una ganancia de 7 dBi con respecto a un radiador isotrópico
 - a) ¿Cuál es su **área equivalente** de absorción si opera a 200 MHz?
 - b) ¿Cuánta **potencia absorbe** de una señal con una intensidad de campo de 50 mV/m?

Respuesta Ejemplo 13

- a) $A_{eq.} = 0,897 \text{ m}^2$
- b) $P_R = 5,95 \text{ pW}$.



Pérdidas en el espacio libre

La onda se atenúa al propagarse en el espacio libre

(Blake, 2004) (Frenzel, 2003)

PÉRDIDA EN EL ESPACIO LIBRE

Ecuación de Transmisión de Friis

- La utilidad del concepto de **área equivalente** se demuestra al usarla para desarrollar la **ecuación de transmisión de Friis** (H. Friis, Lab. Bell, 1946).
- Esta ecuación establece la **pérdida en el espacio libre**, es decir, la razón entre la potencia recibida y la potencia transmitida.
- Se obtiene al combinar las ecuaciones de la **ganancia** de la antena transmisora y del **área equivalente** de absorción de la antena receptora.

Ecuación de transmisión de Friis.

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T G_R \lambda^2}{16\pi^2 r^2}$$

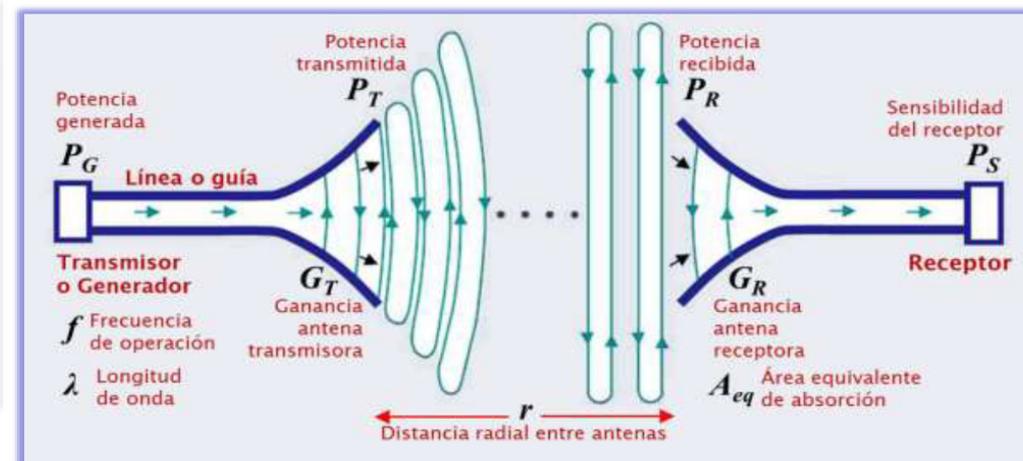
- P_R = potencia recibida, en **W**.
- P_T = potencia transmitida, en **W**.
- G_T = ganancia de la antena transmisora.
- G_R = ganancia de la antena receptora.
- λ = longitud de onda de la onda, en **m**.
- r = distancia radial entre antenas, en **m**.

Ejemplo 14.- Potencia recibida

- Un transmisor suministra una **potencia** de 150 W a una **frecuencia** portadora de 325 MHz. Se conecta a una antena con una **ganancia** de 12 dBi. La antena receptora está a 10 km de **distancia** y tiene una **ganancia** de 5 dBi. Calcule la **potencia** entregada al receptor, suponiendo propagación de espacio libre.

Respuesta Ejemplo 14

- $P_R = 404 \text{ nW}$



Al alejarse de la transmisora, la onda se esparce sobre una mayor región en el espacio libre. Se atenúa.

Ecuación práctica pérdidas en espacio libre

Se expresa en dB con el signo cambiado

PÉRDIDA EN EL ESPACIO LIBRE

Ecuación práctica de Transmisión de Friis

- Es común expresar la ecuación de transmisión de Friis en términos de **pérdidas en el espacio libre** en dB con el signo cambiado.
- Por supuesto, la potencia recibida es más débil que la transmitida, por lo que la pérdida en dB es negativa.
- Las antenas crean un **efecto de amplificación** que compensan parte de las pérdidas.

$$L_{fs}(\text{dB}) = 92,44 + 20 \log r(\text{km}) + 20 \log f(\text{GHz}) - G_T(\text{dBi}) - G_R(\text{dBi})$$

Ejemplo 15.- Potencia recibida

- Un radiotransmisor celular suministra una **potencia** de 3 W a 800 MHz. Utiliza una antena con una **ganancia** de 3 dBi. El receptor está a 5 km de **distancia**, con una **ganancia** de antena de 12 dBi. Calcule la **potencia** recibida en dBm.

(Blake, 2004)

Pérdida con el signo cambiado.

$$L_{fs}(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_T(\text{W})}{P_R(\text{W})}$$

- L_{fs} = pérdida en el espacio libre, en dB.
- r = distancia radial entre antenas, en km.
- f = frecuencia de operación, en GHz.
- G_T = ganancia de la transmisora, en dBi.
- G_R = ganancia de la receptora, en dBi..

Respuesta Ejemplo 15

- $P_R = -54.7$ dBm.



Ejemplos con pérdidas en espacio libre

Antenas de diferentes ganancias

(Blake, 2004)

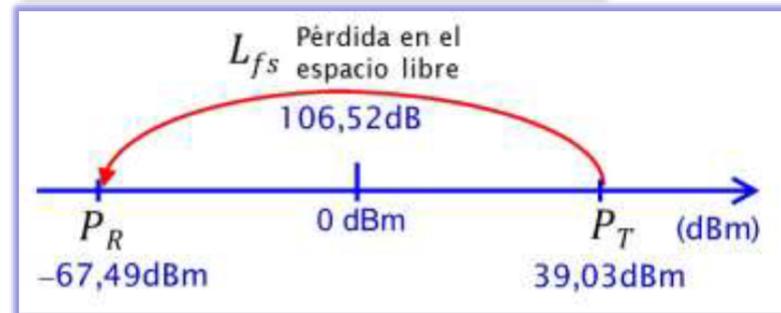
(Frenzel, 2003)

Ejemplo 16.- Potencia recibida

● Un transmisor satelital opera a 4 GHz con una ganancia de antena de 40 dBi. El receptor situado a 40.000 km tiene una ganancia de antena de 50 dBi. Si el transmisor tiene una potencia de 8 W, calcule la potencia recibida.

Respuesta Ejemplo 16

● $P_R = -67,49$ dBm.

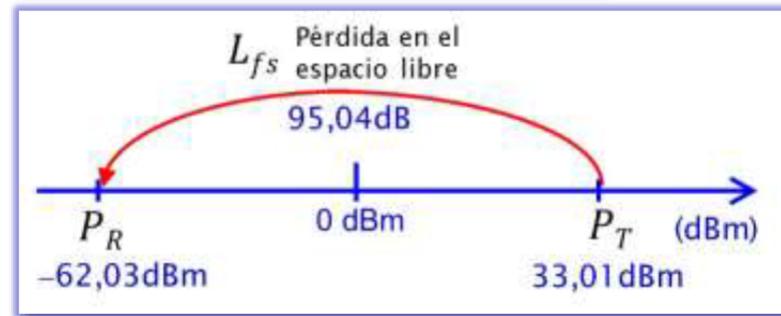


Ejemplo 17.- Potencia recibida

● Un transmisor y un receptor que operan a 6 GHz están separados por 40 km. Calcule la potencia que se entrega al receptor si el transmisor suministra una potencia de 2 W, la antena transmisora tiene una ganancia de 20 dBi y la receptora de 25 dBi.

Respuesta Ejemplo 17

● $P_R = -67,49$ dBm.



$$L_{fs}(\text{dB}) = 92,44 + 20 \log r(\text{km}) + 20 \log f(\text{GHz}) - G_T(\text{dBi}) - G_R(\text{dBi})$$

Cálculos del presupuesto de potencia

CÁLCULO DE RADIOENLACES

¿Qué es el cálculo del presupuesto de potencia? (APC, 2007)

- **Es un proceso** mediante el cual se **evalúa** si el enlace es viable, y para ello se deben calcular las pérdidas en el trayecto y conocer las características del equipamiento y de las antenas.
- **▶ Características del equipamiento**
 - ● **Potencia de Transmisión.** La especifica el fabricante del transmisor. Generalmente, más de **30 mW**.
 - ● **Sensibilidad del receptor.** La especifica el fabricante del receptor. Es el nivel mínimo de potencia que debe recibir para una determinada calidad, generalmente en el rango de **-75 a -95 dBm**.
- **▶ Características de las antenas**
 - ● **Ganancia de las antenas.** Son dispositivos pasivos que crean el efecto de amplificación debido a su forma física. Tienen las mismas características cuando transmiten que cuando reciben. Las **omnidireccionales** tienen una ganancia de **5 a 12 dBi**. Las **sectoriales** de **12 a 15 dBi**. Las **parabólicas** de **19 a 24 dBi**.
- **▶ Pérdida en el trayecto.**
 - ● **Pérdida en el espacio libre.** La onda pierde potencia porque se esparce en el espacio, la pérdida aumenta con la distancia y la frecuencia, pero disminuye con la ganancia de las antenas. Se calcula con la **Fórmula de Transmisión de Friis**.
 - ● **Pérdida por el medio ambiente.** La onda pierde potencia por absorción, cuando pasa a través de árboles, paredes, ventanas, pisos de edificios y debido a situaciones climáticas, pero también por desvanecimiento debido a interferencias por multitrayectoria. La experiencia demuestra que un margen de tolerancia de **20 dB** para contrarrestar esta pérdida es lo apropiado.
- **▶ Pérdida en la línea o guía.**
 - ● **Pérdida en la línea o guía:** Parte de potencia se pierde en la línea de transmisión o en la guía de ondas que conecta al transmisor con la antena. La pérdida para un coaxial corto con conectores es de **2 a 3 dB**.

Cálculos del presupuesto de potencia

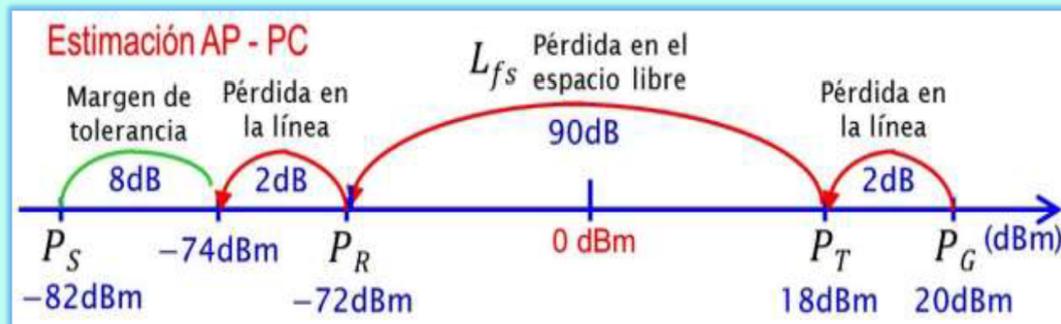
CÁLCULO DE RADIOENLACES

Ejemplo de cálculo del presupuesto de potencia

(APC, 2007)

- **Ejemplo 6. Estimación viabilidad de enlace.** Estime la viabilidad de un enlace de 5 km entre un punto de acceso WiFi (AP) y un PC de cliente. Los datos en cada sitio son los siguientes:

- **► Sitio AP.** Potencia generada: 100 mW (20 dBm). Sensibilidad del receptor: -89 dBm. Ganancia de antena omnidireccional: 10 dBi. Pérdida en el cable: 2 dB.
- **► Sitio PC.** Potencia generada: 30 mW (15 dBm). Sensibilidad del receptor: -82 dBm. Ganancia de antena sectorial: 14 dBi. Pérdida en el cable: 2 dB.



- **Estimación AP - PC.** Hay un margen de 8 dB que permite trabajar con buen tiempo, pero probablemente no sea suficiente para enfrentar condiciones climáticas extremas.



- **Estimación PC - AP.** Hay un margen de 10 dB. El enlace funciona, pero si se utiliza un plato de 24 dBi en el lado del PC, se tendría una ganancia adicional de 10 dBi en ambas direcciones. Otra opción más cara es utilizar equipos de radio de mayor potencia en ambos extremos del enlace.

Cálculos del presupuesto de potencia

CÁLCULO DE RADIOENLACES

Software de planificación del enlace

- **Simulación con RadioMobile.** Construye automáticamente un perfil entre dos puntos. Durante la simulación analiza la línea visual y calcula la **pérdida en el espacio libre** y las debidas a otros factores, como absorción de los árboles, efectos del terreno, clima, y además estima la **pérdida en el trayecto** en áreas urbanas.
- **RadioMobile** presenta un modelo que se asemeja a la realidad, y hasta se pueden simular los niveles de potencia de las estaciones y las ganancias de las antenas, diseñando de tal manera el nivel de recepción que se desea.
- **Utiliza** información topográfica que contiene muestras de datos de alturas obtenidas por radar, proporcionada por la NASA. Para Latinoamérica, las imágenes tienen una resolución de 3 segundos de arco correspondiendo a unos 90 metros.

