

# Conceptos Básicos de Antenas

Ermanno Pietrosemoli

Escuela Latinoamericana de Redes

[ermanno@ula.ve](mailto:ermanno@ula.ve)

# Características de las Antenas

- Ganancia de la antena: es el cociente entre la potencia emitida por la antena en su dirección de máxima emisión respecto a una antena isotrópica. Se expresa en dBi
- Ancho del haz: (beamwidth) es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que disminuye a la mitad (3 dB)
- Reciprocidad: el comportamiento de la antena en transmisión es similar al de recepción

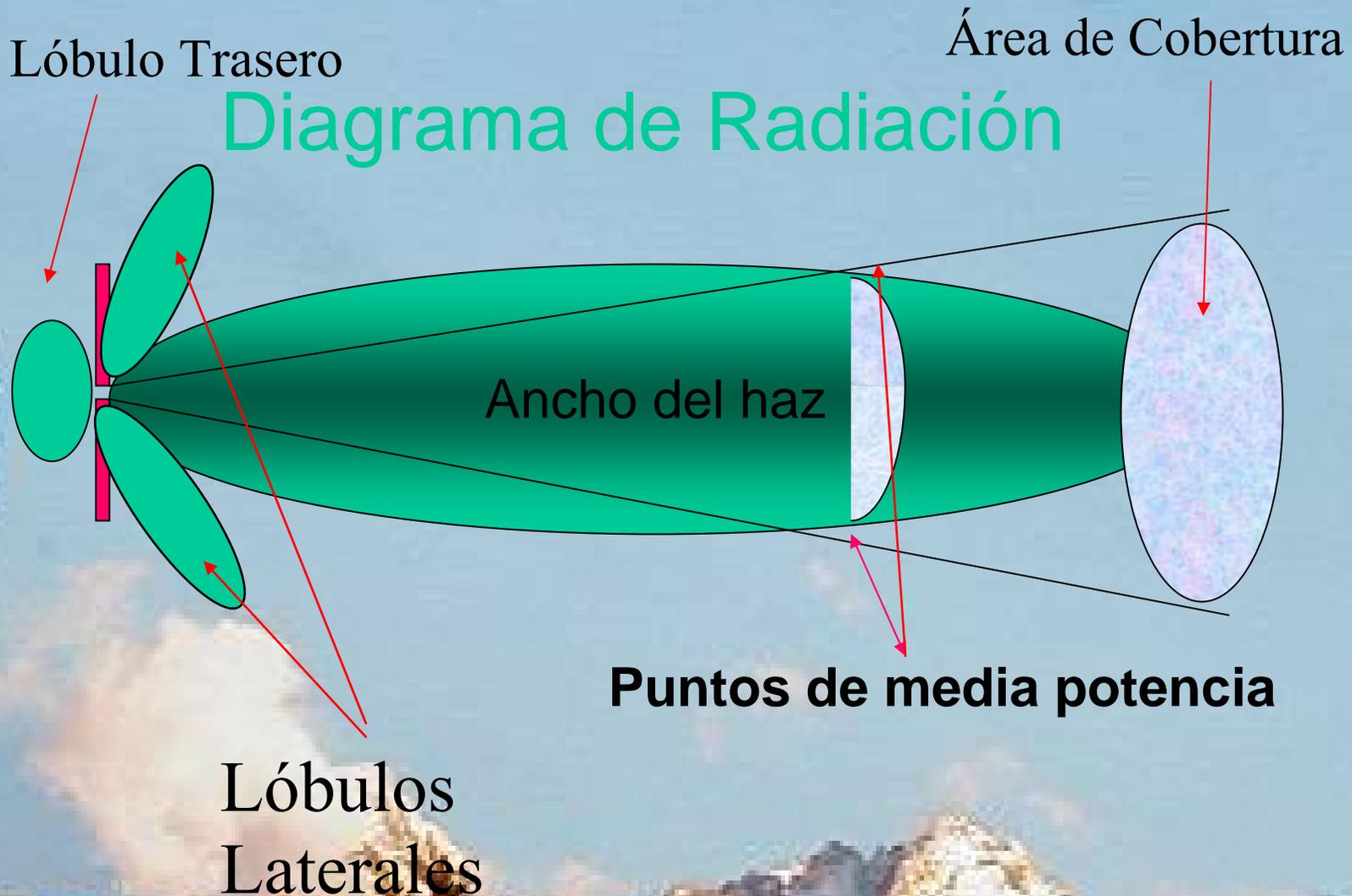
# Características de las Antenas

- Diagrama de radiación o patrón de radiación de una antena, es una gráfica de la intensidad de campo emitido en función del ángulo a partir de la dirección de máxima emisión.
- El ángulo entre los dos puntos en los que la potencia se ha reducido a la mitad (3 dB) se denomina ancho del haz

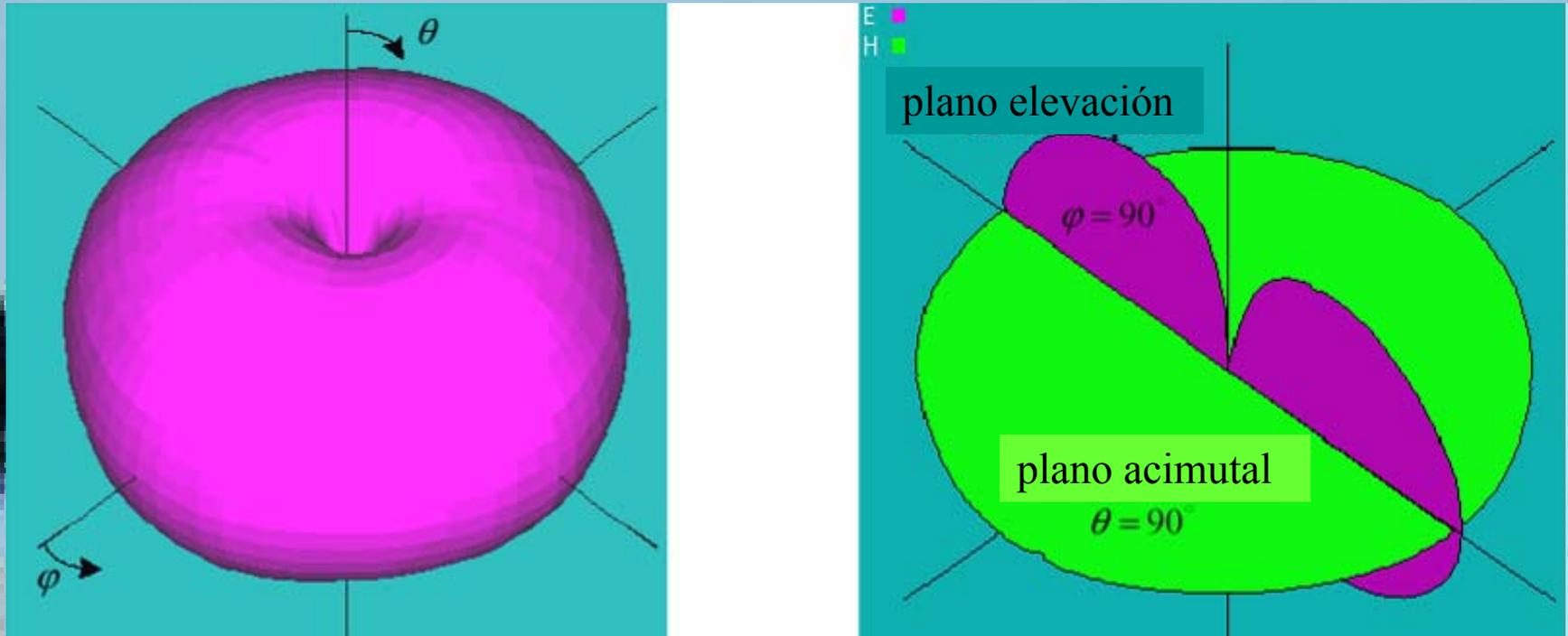
# Características de las Antenas

- Impedancia de entrada: cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada y la corriente resultante.
- En general tiene una parte resistiva y una parte reactiva
- Para máxima transferencia de potencia la impedancia de la antena debe estar acoplada a la de la línea de transmisión que la alimenta
- La calidad del acoplamiento se mide en términos de la relación de onda estacionaria, VSWR

# Características de las Antenas



# Diagrama o patrón de radiación

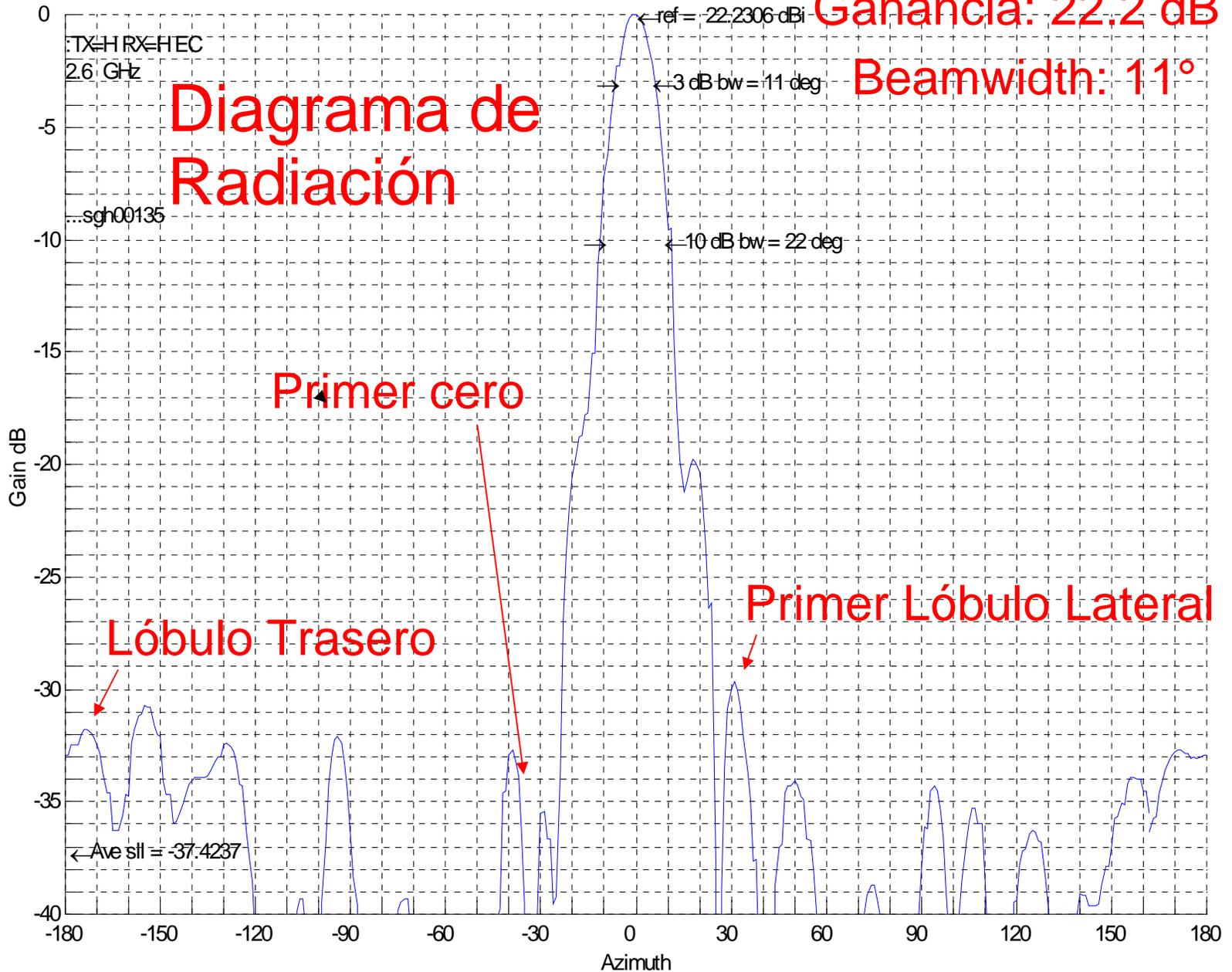


Ejemplo de diagrama de radiación de un dipolo de media onda

Ganancia: 22.2 dB

Beamwidth: 11°

# Diagrama de Radiación



# Características de las Antenas

El “*front to back ratio* “, o cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero.

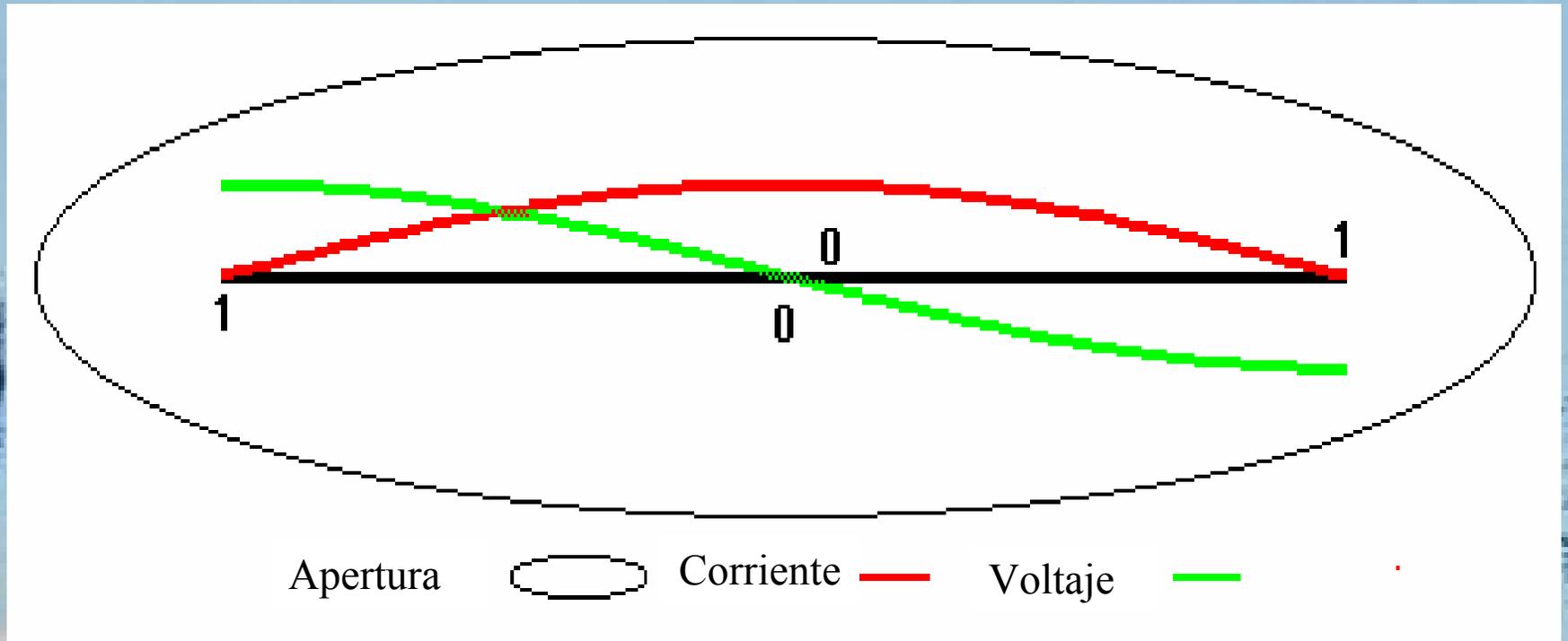
Generalmente se expresa en dB

La eficiencia de la antena es el cociente entre la ganancia y la directividad

La apertura de una antena es la superficie que tendría una antena plana que ofrezca la misma ganancia

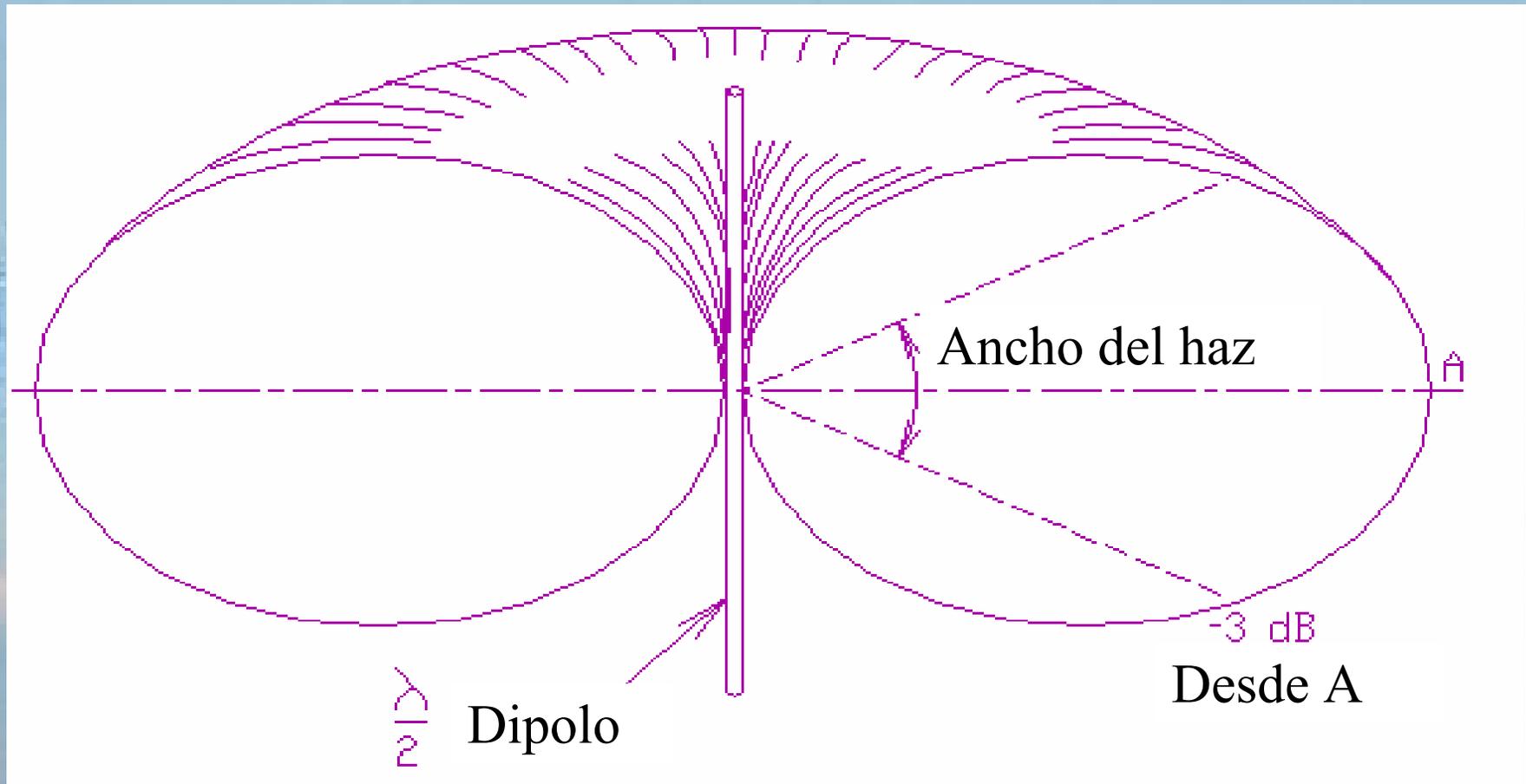
El ancho de banda de una antena es la gama de frecuencias sobre la cual la antena cumple con ciertas prestaciones

## Apertura de un dipolo de media onda, Distribución de corriente y voltaje



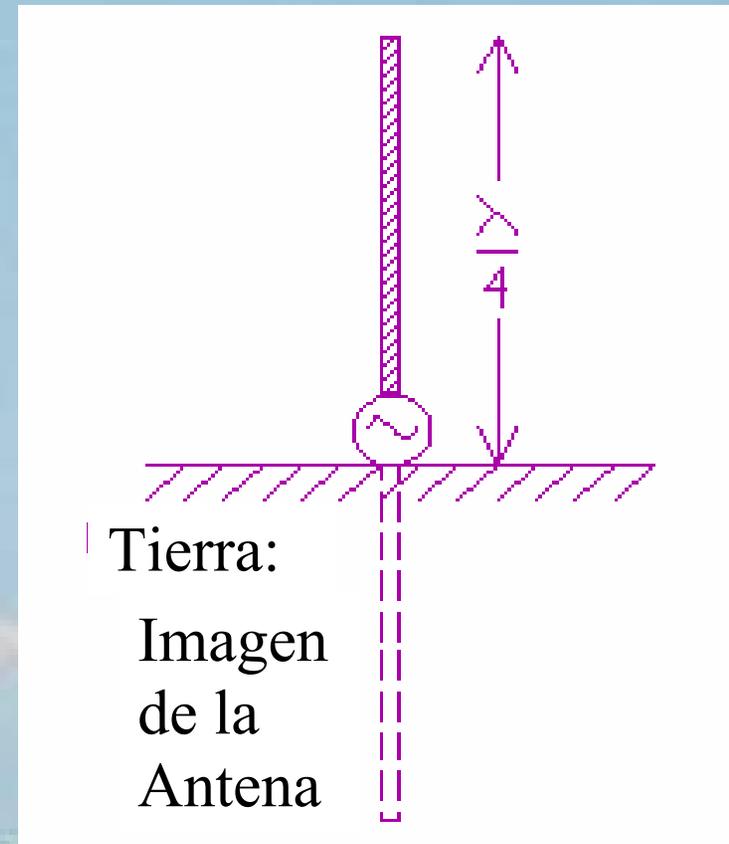
$G = 2,1$  dBi,  $R = 68$  ohmios alimentado en el centro

# Diagrama de radiación 3-D de un dipolo de media onda



# Monopolo o Antena Marconi

- ▶ vertical  $\lambda/4$
- ▶ Se requiere un buen plano de tierra
- ▶ omnidireccional en el plano horizontal
- ▶ La apertura es la mitad de la de un dipolo
- ▶ impedancia:  $\sim 36\Omega$



# Monopolo o Antena Marconi

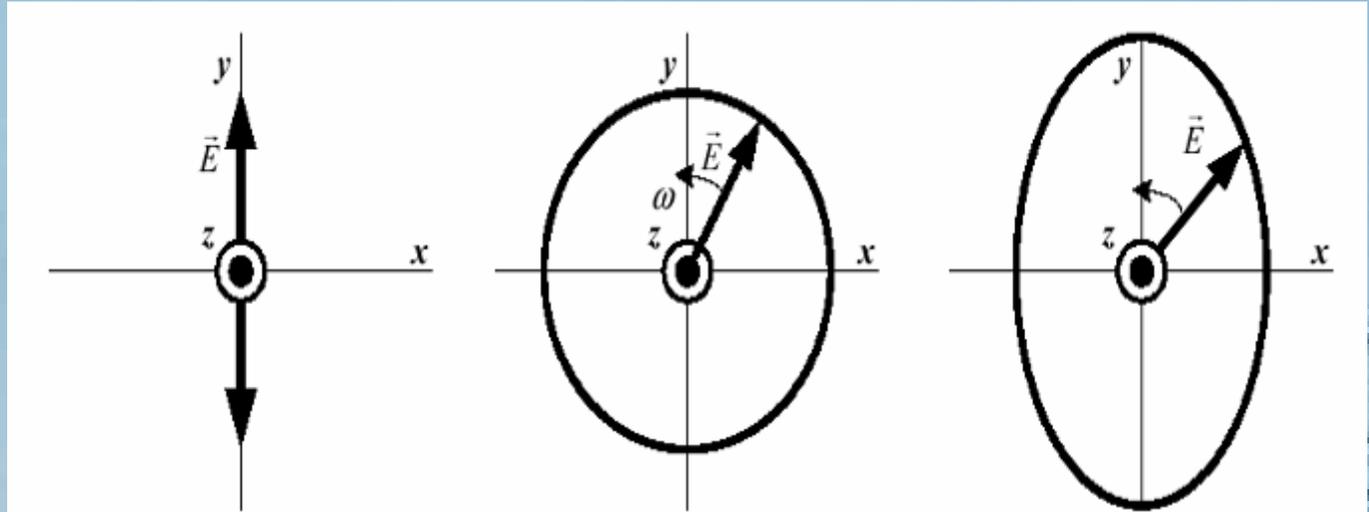
- ▶ Elemento vertical  $\lambda/4$
- ▶ El plano de tierra se puede realizar con 4 radiales, c/u  $\lambda/4$  de largo
- ▶ Los radiales se inclinan hacia abajo para bajar el ángulo de elevación



Polarización: Corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena.

Puede ser:

- Vertical
- Horizontal
- Elíptica
  - (RH o LH)
  - Circular



La desadaptación de polarización puede introducir una pérdida mayor de 20 dB

# La antena helicoidal, ejemplo de polarización circular

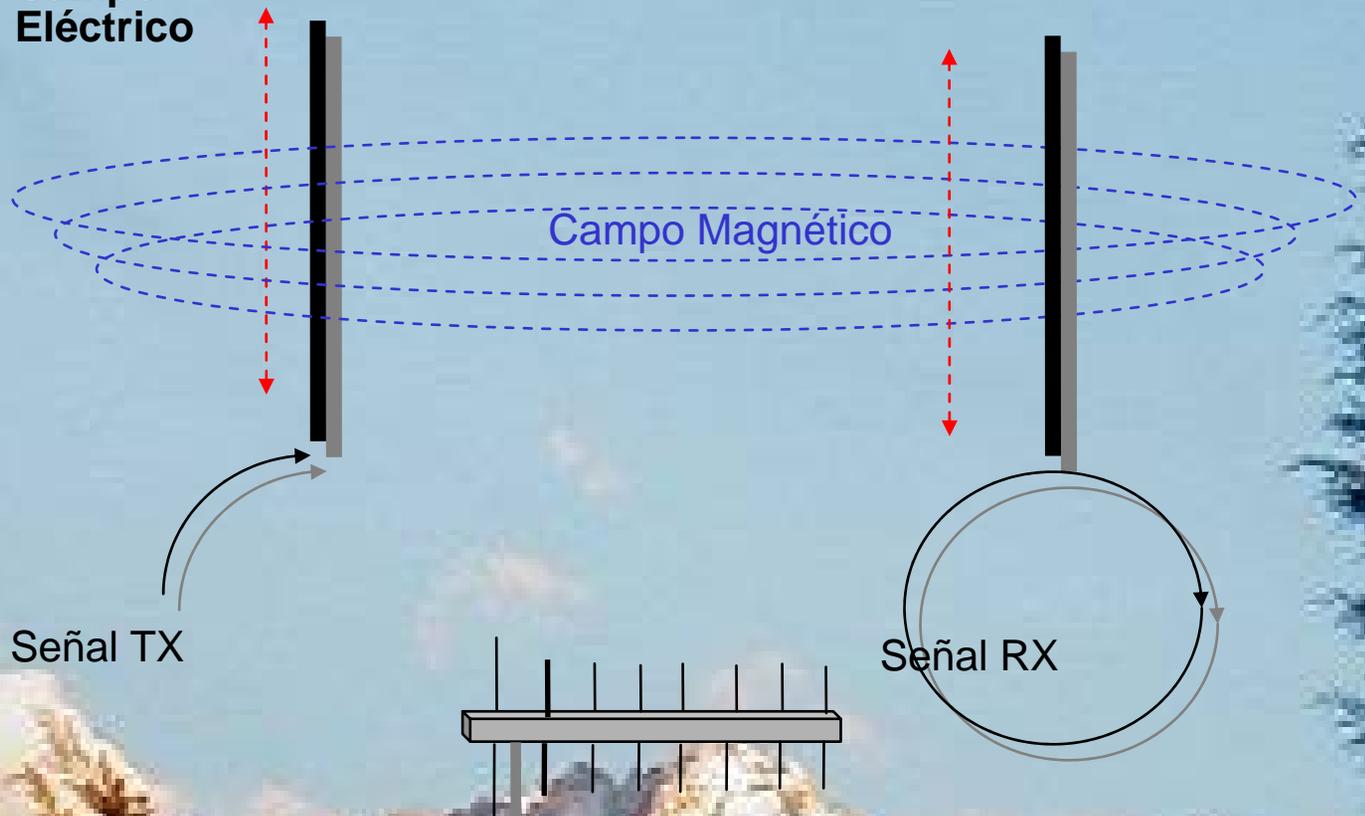


# Características de las Antenas

Polarización: Corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena.

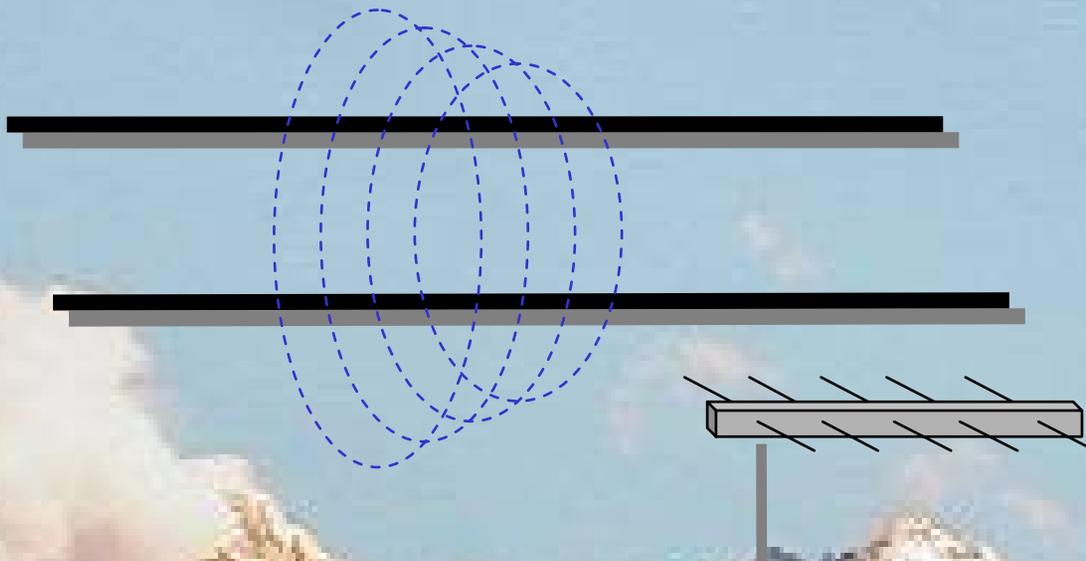
Vertical:

Campo Eléctrico



# Características de las Antenas

Polarización: Horizontal

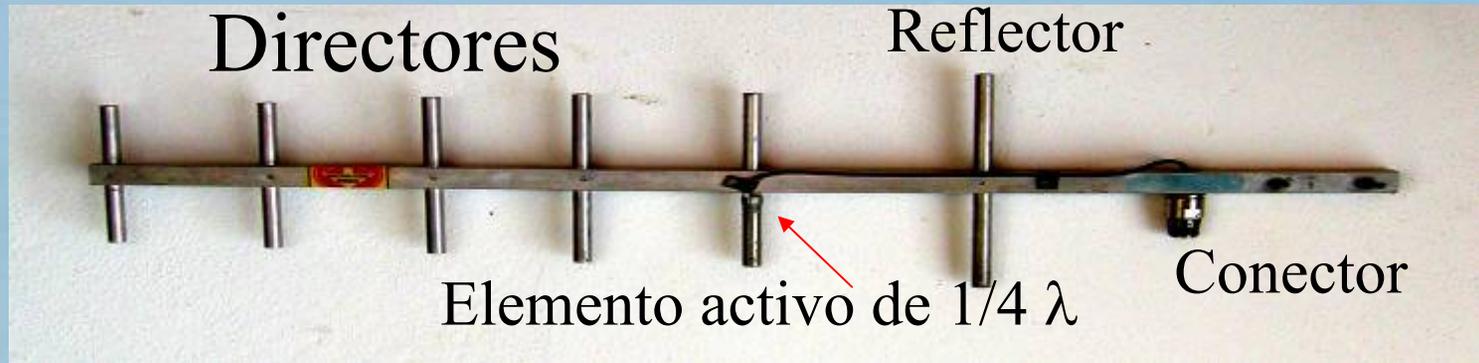


Cuando las antenas transmisora y receptora están polarizadas linealmente, una desalineación física entre ellas resulta en una pérdida por **desadaptación** de polarización, que puede ser determinada utilizando la siguiente fórmula:

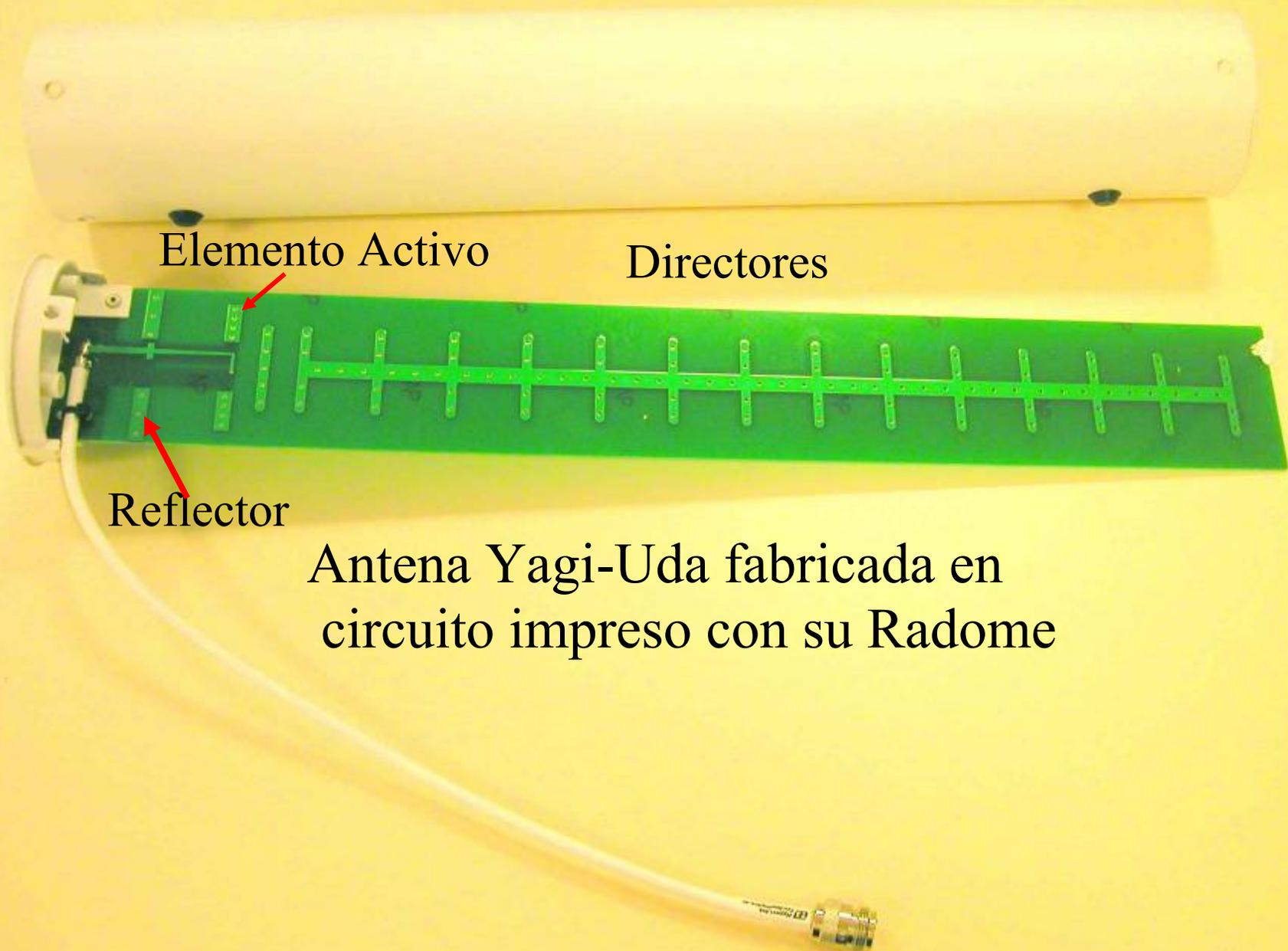
$$\text{Pérdida (dB)} = 20 \log_{10} (\cos \theta)$$

donde  $\theta$  es la diferencia en el ángulo de alineación entre las dos antenas. Para  $15^\circ$  la pérdida es de aproximadamente 0.3dB, para  $30^\circ$  perdemos 1.25dB, para  $45^\circ$  perdemos 3 dB y para  $90^\circ$  tenemos una pérdida infinita.

# Antena Yagi-Uda



- 1 Reflector
- Directores
- 1 director = 8dBi
- 15 directores = 14 dBi
- A veces se encierra en un “Radome”



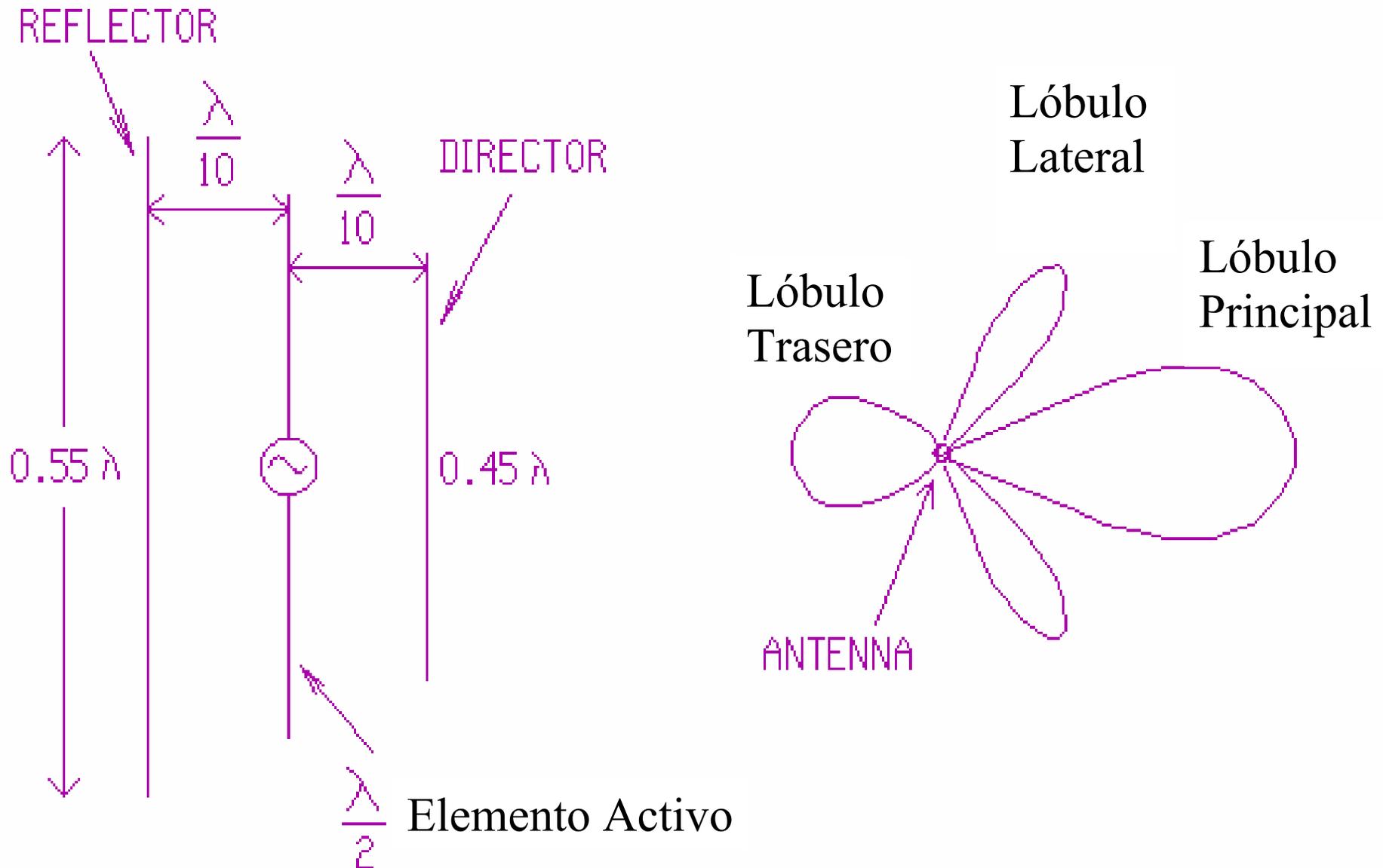
Elemento Activo

Directores

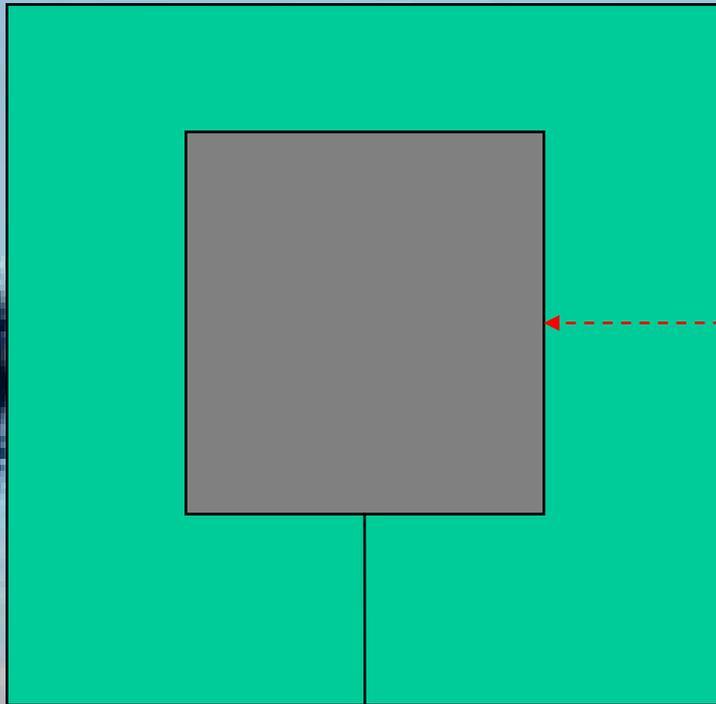
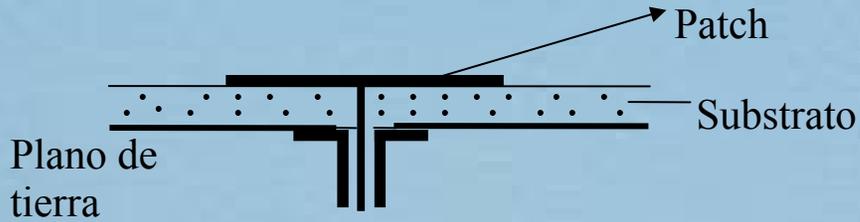
Reflector

Antena Yagi-Uda fabricada en  
circuito impreso con su Radome

# Yagi-Uda: Diagrama de radiación



# Antena de "Patch" o plana



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

## Patch

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



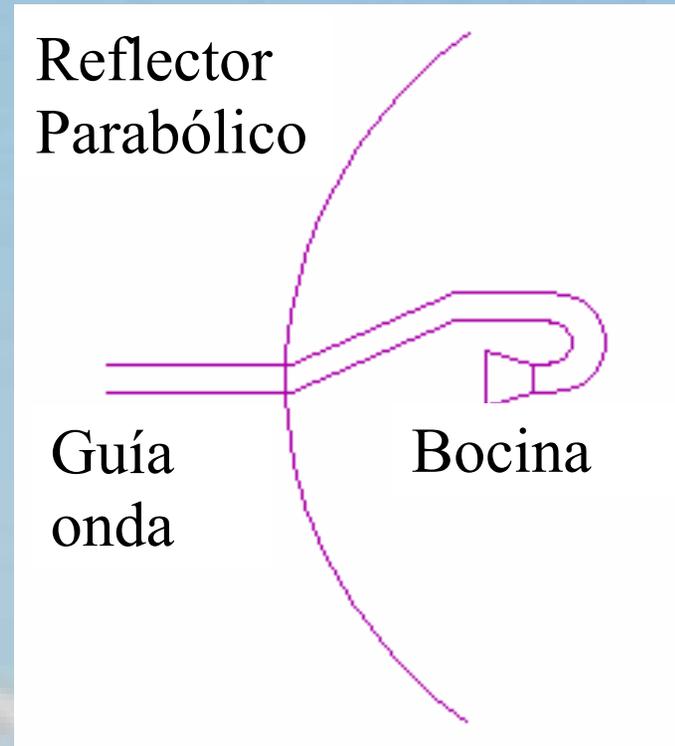
# Reflector Parabólico

- ▶ Bocina en el foco del reflector
- ▶ Ancho del haz,  $\theta$ , y ganancia,  $G$ , dados por:

$$\theta = \frac{70\lambda}{D}; G = \frac{\eta\pi^2 D^2}{\lambda^2}$$

$\lambda$  = longitud de onda m,  $D$  = diámetro del R. en m

$\eta$  = eficiencia de la antena



# Ejemplo de reciclaje de reflector

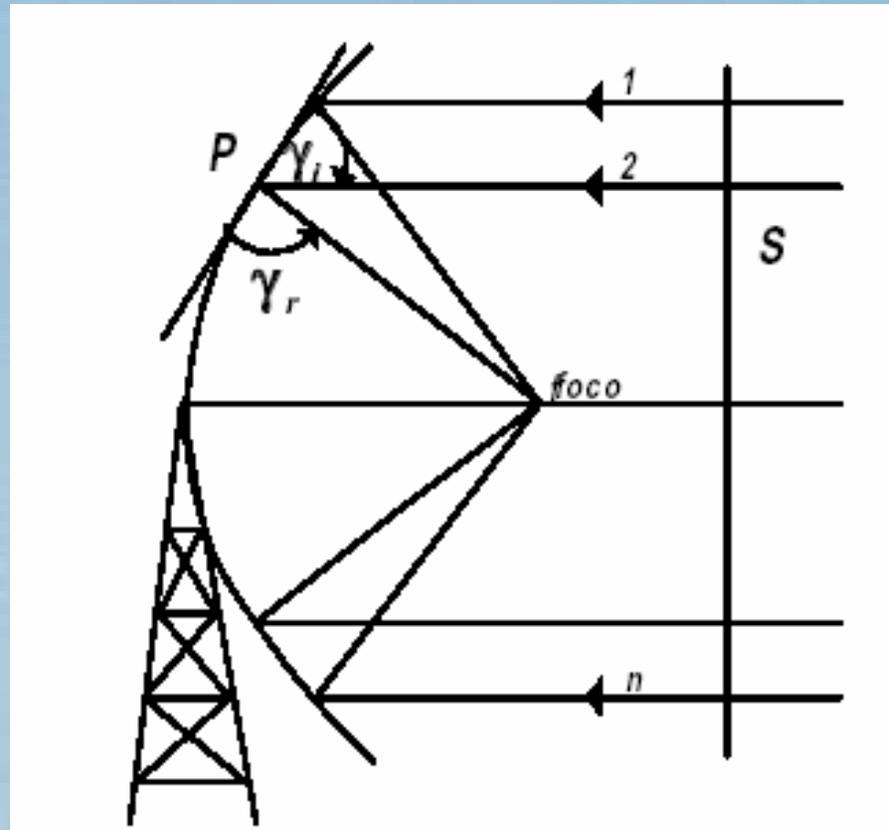
- Transceptor colocado en el foco de la parábola
  - Alcance de 10 km
  - Económico y fácil de construir
- Puede ser utilizado en el interior



Soporte ajustable  
Con tres grados de  
libertad



La propiedad del paraboloide es que los caminos que parten del foco  $f$  y se reflejan en el paraboloide, llegan a una superficie  $S$  con recorridos de igual longitud.



# Alimentando un reflector parabólico con dispositivo USB



## *Teoría de los Reflectores*

La propiedad básica de un reflector parabólico perfecto es que convierte una onda esférica irradiada desde un punto ubicado en el foco, en una onda plana. Recíprocamente, toda la energía recibida en el plato desde una fuente distante se refleja en un punto único en el foco del plato. La posición del foco, o distancia focal, está dada por:

$$f = D^2 / (16 \times c)$$

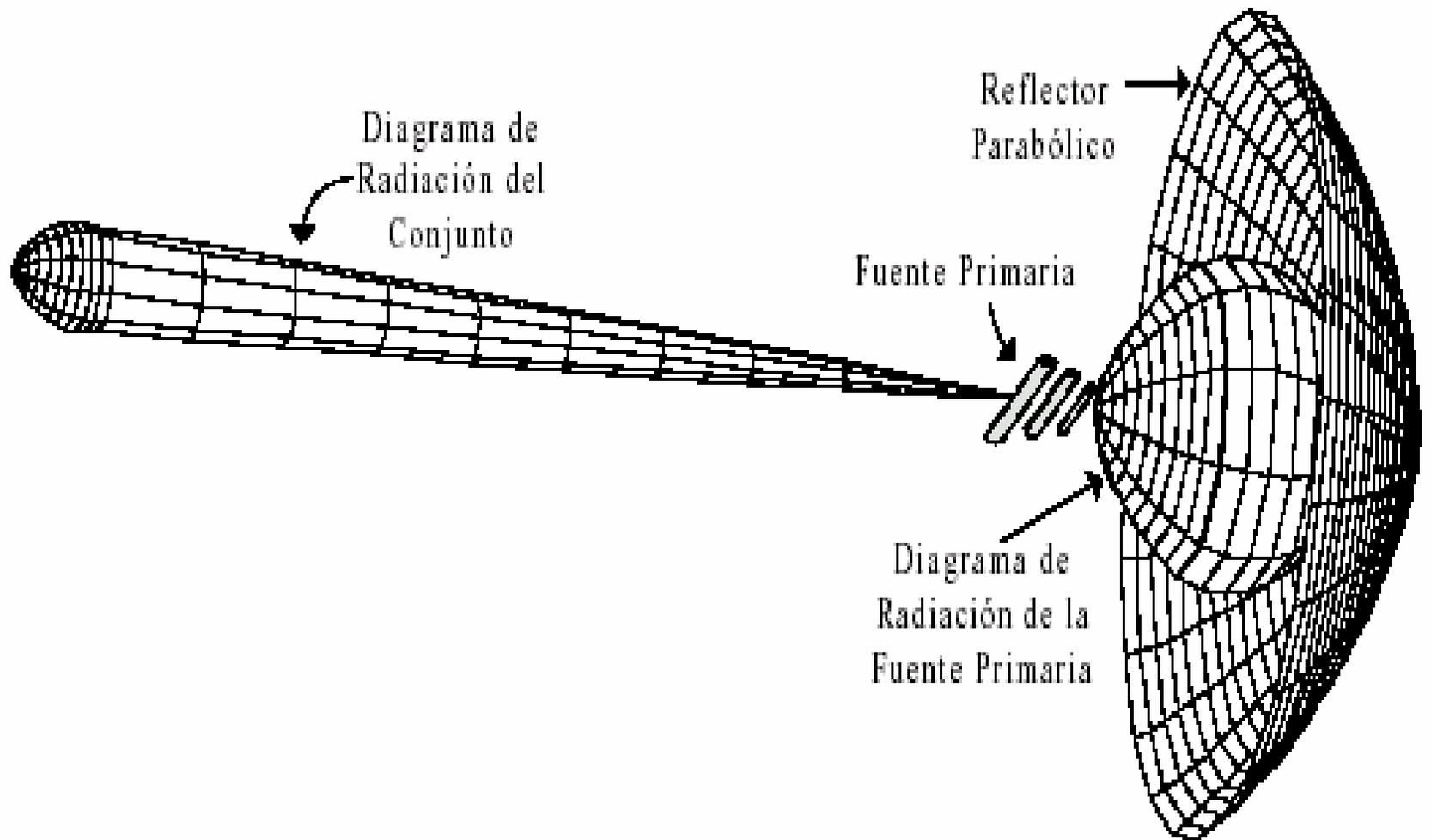
donde D es el diámetro del plato y c es la profundidad de la parábola en su centro.

$$\text{Ganancia} = \eta (\pi \times D / \lambda)^2$$

donde  $\eta$  es la eficiencia, típicamente  $> 0,5$  y  $D$  es el diámetro

$$\text{Ancho del haz} = 70 \lambda / D$$

El coeficiente  $f / D$  (longitud focal/diámetro del plato) es el factor fundamental que define el diseño del alimentador para un plato. El coeficiente está directamente relacionado al ancho del haz del alimentador necesario para iluminar el plato de forma efectiva. Dos platos del mismo diámetro pero con diferentes longitudes focales requieren diferentes diseños del alimentador si ambos van a ser iluminados eficientemente. El valor de 0,25 corresponde al plato común de plano focal en el cual el foco está en el mismo plano que el aro del plato.



## *Relación entre el Foco y el Diámetro del Paraboloide $f/d$*

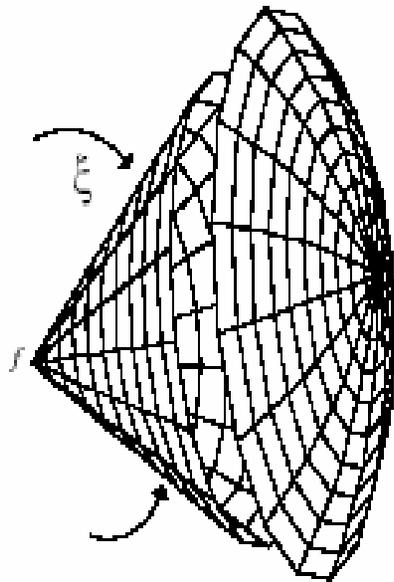


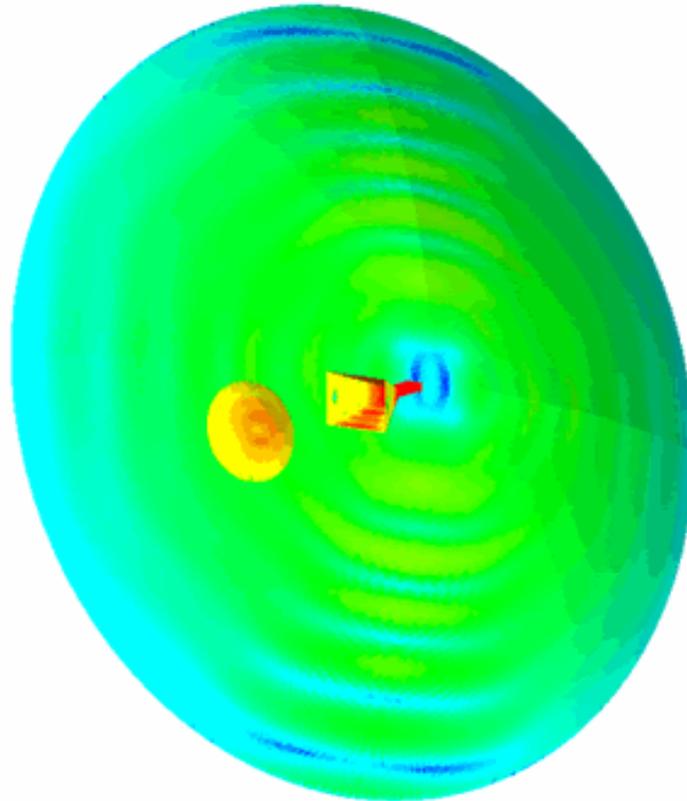
fig.9

En la fig. 9, se ve que uniendo la boca del paraboloide con el foco, se forma un ángulo sólido  $\xi$ . Este ángulo depende de la distancia focal  $f$  para un diámetro  $D$  constante.  $\xi$  es mayor, en la medida que  $f$  se aproxime al vértice del paraboloide, y menor, si  $f$  se aleja.

En la fig. 10 se muestra una fuente primaria que ilumina reflectores con igual diámetro, pero, con diferentes distancias focales.

Para iluminar adecuadamente el reflector, la fuente primaria debe tener un diagrama de radiación con un ángulo sólido similar a  $\xi$ .

# Distribución de corriente en un reflector parabólico



<http://www.feko.co.za/feko/antennadesign.html>

Las antenas de grandes dimensiones y altas ganancias, suelen tener ángulos sólidos tales que los valores de  $\theta$  y  $\phi$  son muy pequeños:  $0,3^\circ$  y menos aún.

La estructura y su resistencia al viento debe ser tal que no permita alteraciones en la posición de la antena y por consiguiente del diagrama de radiación.

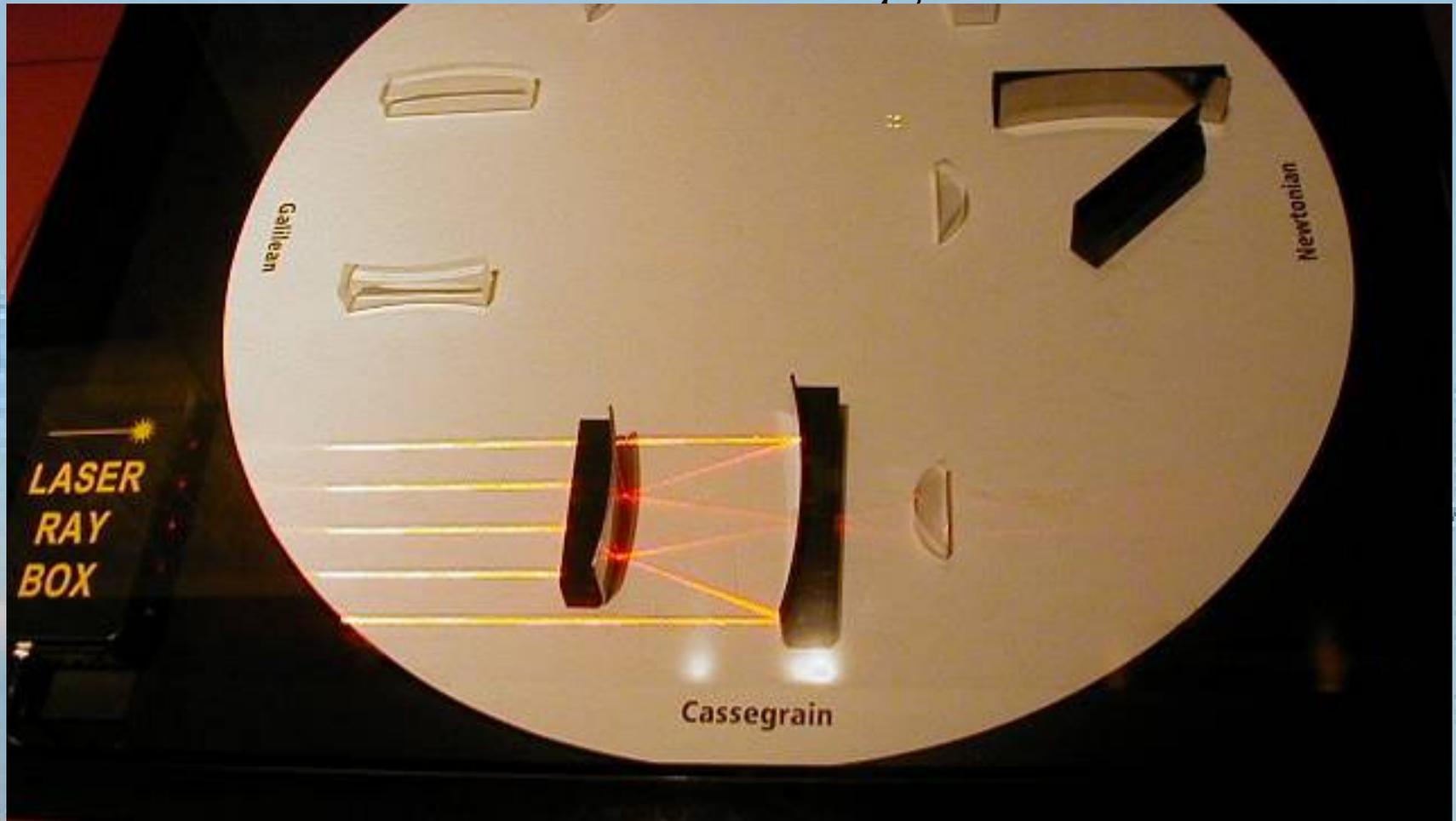
Algunas antenas son construidas con la pantalla reflectora perforada, a fin de disminuir su resistencia al viento.

Las perforaciones deben tener un diámetro no mayor que  $1/10$  a  $1/20$  de la longitud de onda  $\lambda$ , a fin de evitar pérdidas y no afectar su rendimiento.

De igual manera, los errores de construcción del reflector están vinculados con  $\lambda$ . La

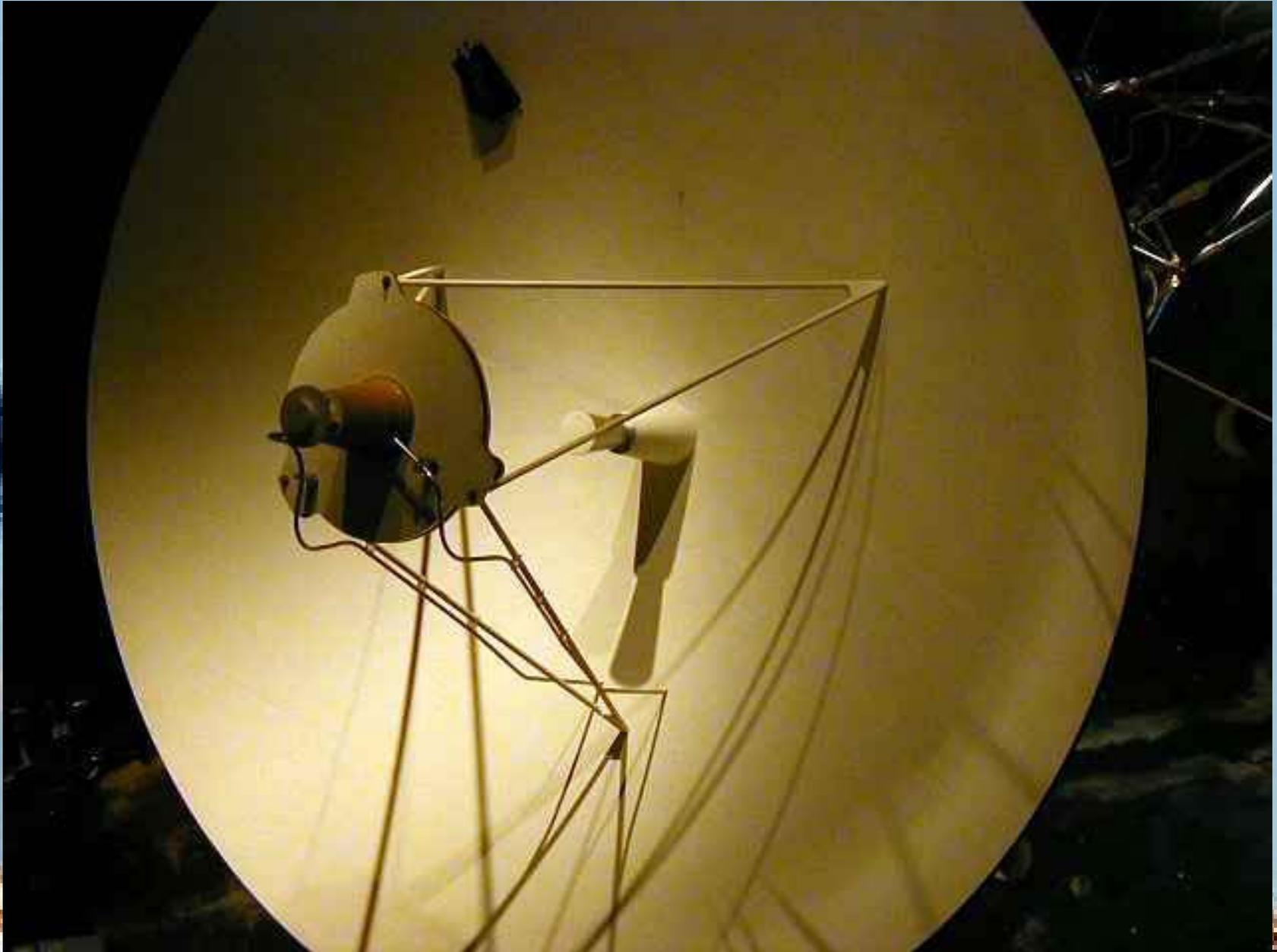
diferencia entre el reflector parabólico ideal y el real debe ser tal que el error  $e$  sea:  $e \leq \lambda / 10$

# Trayectoria de los rayos en una antena Cassegrain



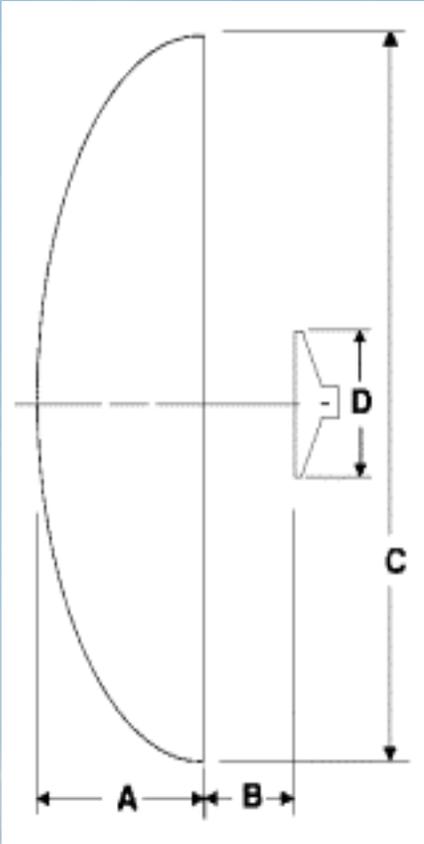
# Geometría de Antenas

## CASSEGRAIN



# Geometría de Antenas

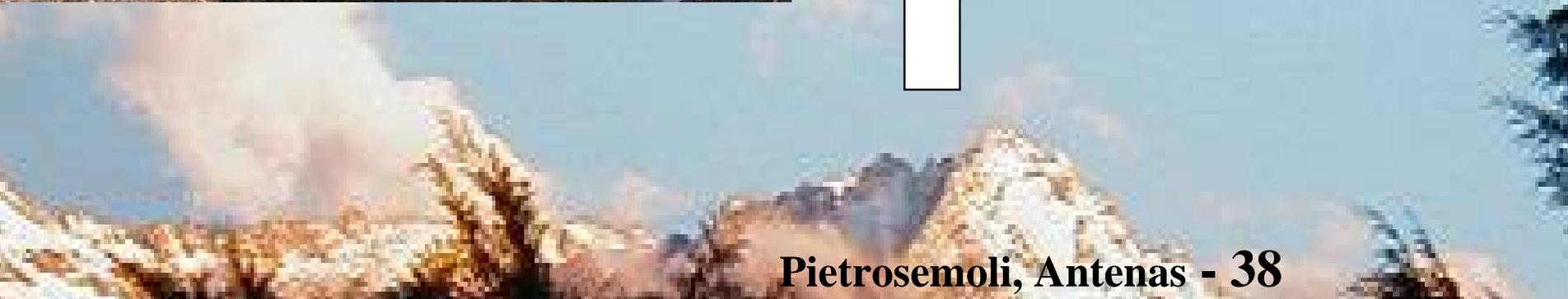
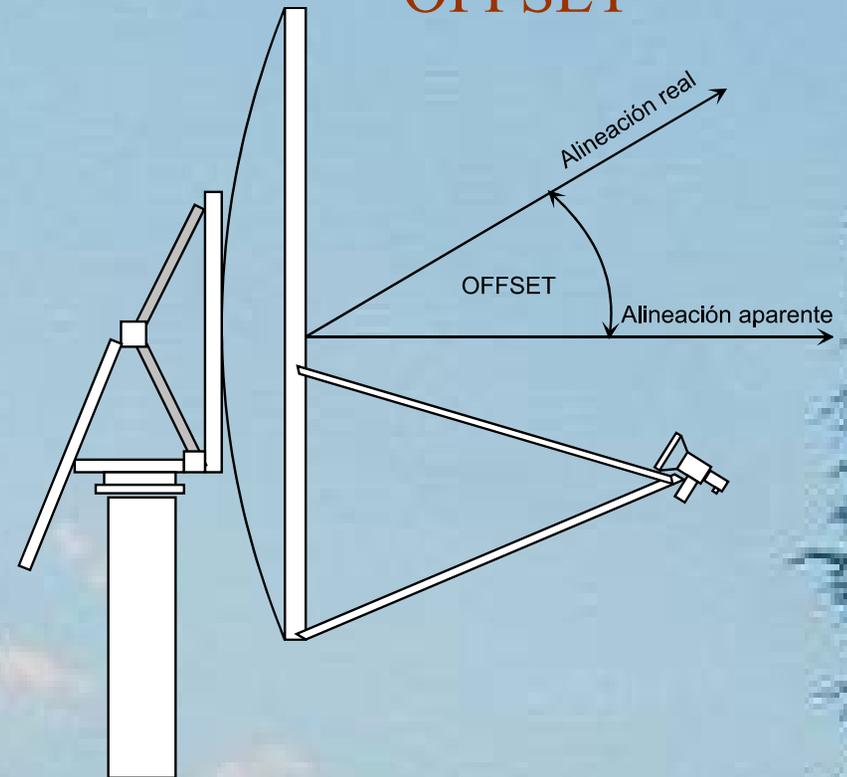
## Foco Central





# Geometría de Antenas

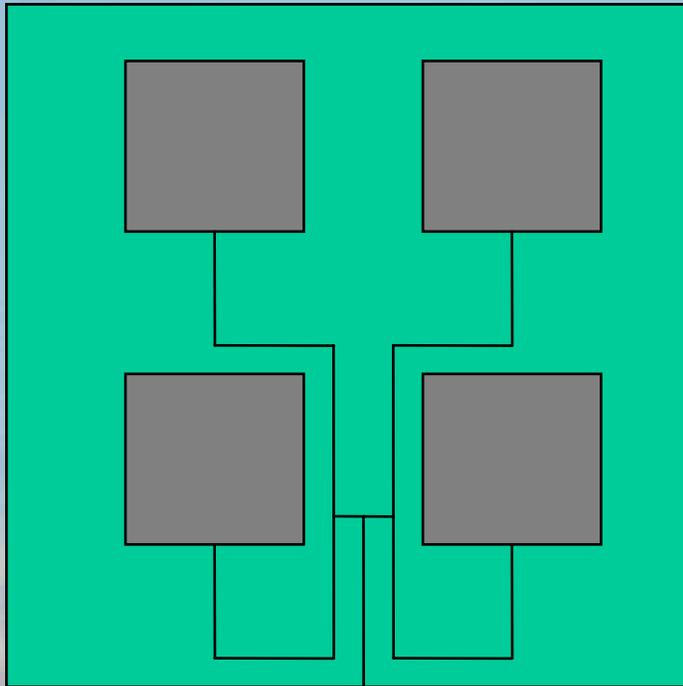
## OFFSET



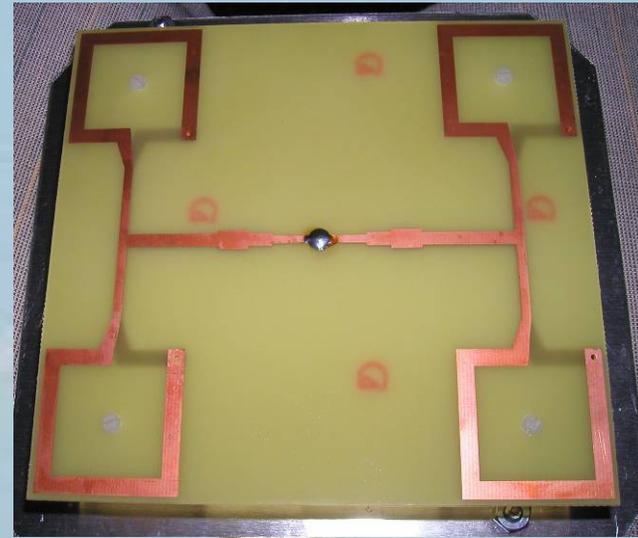
# Angulo de Elevación



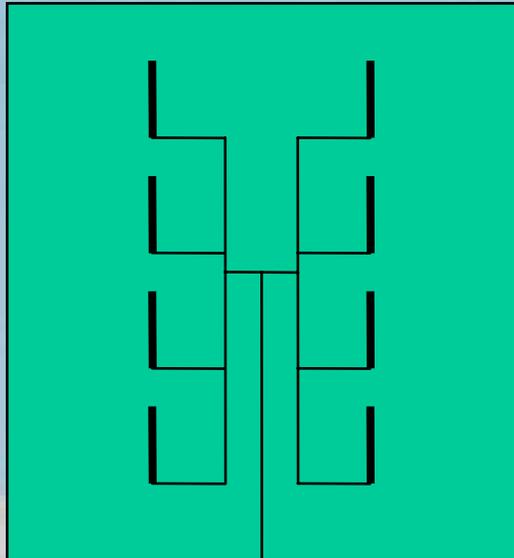
# Patch Panel de elementos múltiples



- 4 elementos - 12 dBi
- 12 elementos - 17 dB



# Antena Sectorial de Arreglo de Dipolos

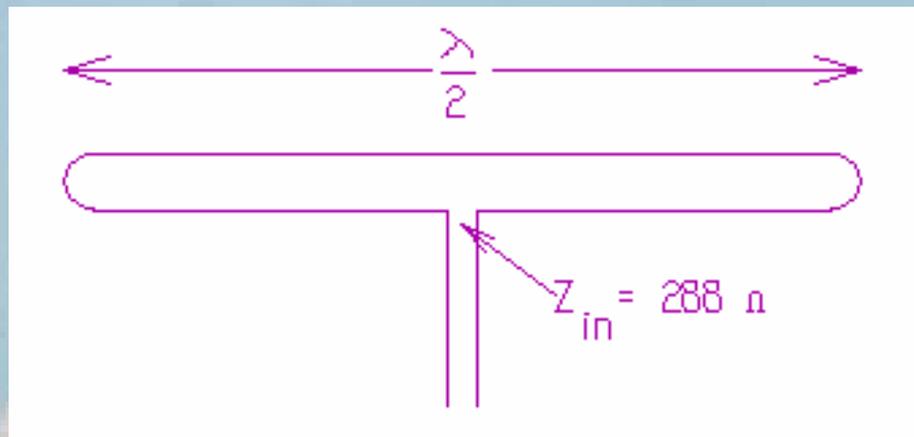


**Elementos activos: Múltiples  
dipolos de  $1/4 \lambda$**

- Múltiples dipolos conectados para lograr una gran cobertura horizontal
- 12 dBi -  $120^\circ$
- 16 dBi -  $90^\circ$

# Dipolo Doblado

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

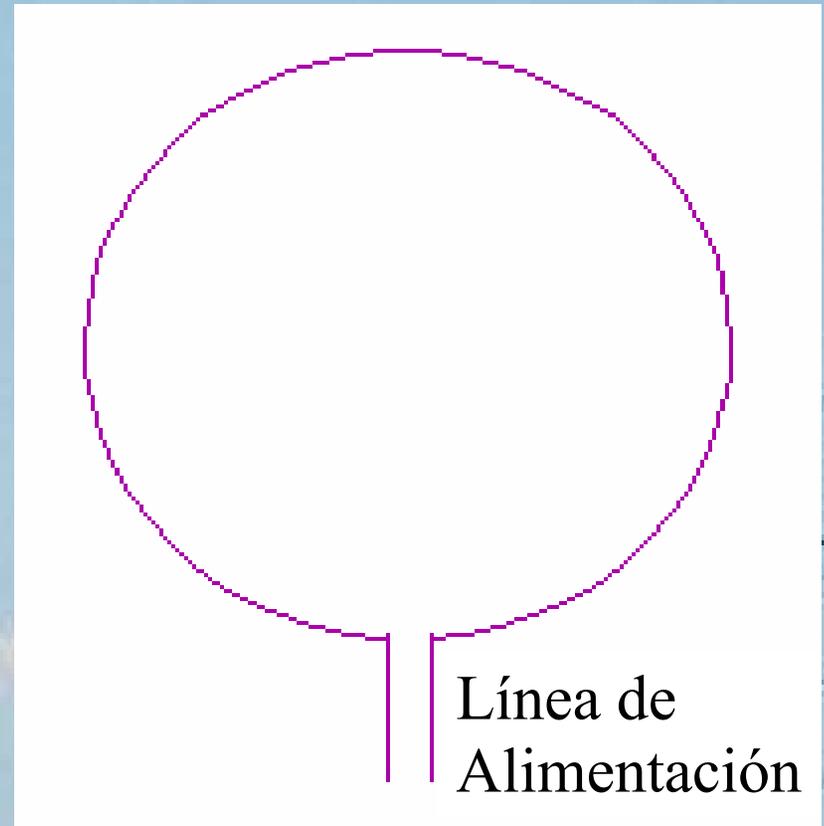


# Antena “loop”o de lazo

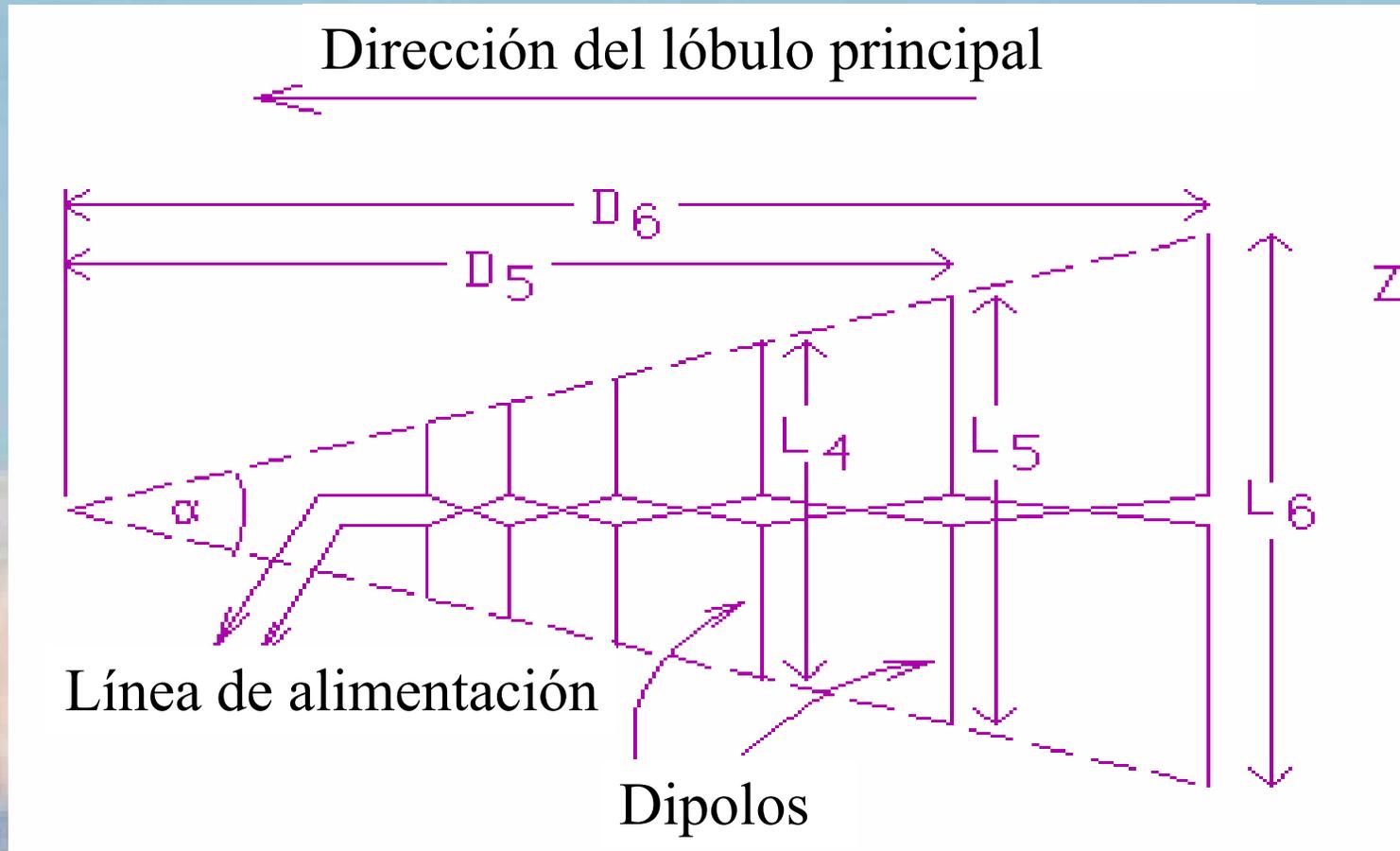
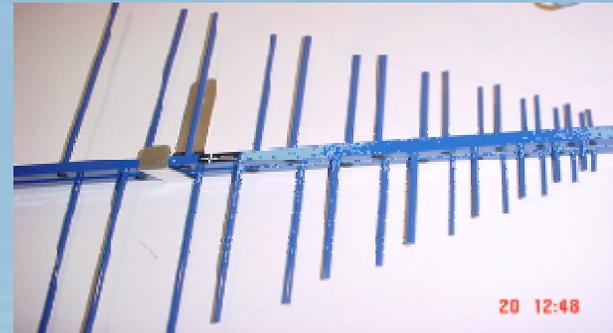
Pequeñas dimensiones

- ▶ Mayor radiación en el plano del lazo
- ▶ Gran ancho de banda
- ▶ Eficiente como antena

RX



# 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:  $\tau = L_1/L_2 = D_1/D_2 = L_2/L_3 = \dots$

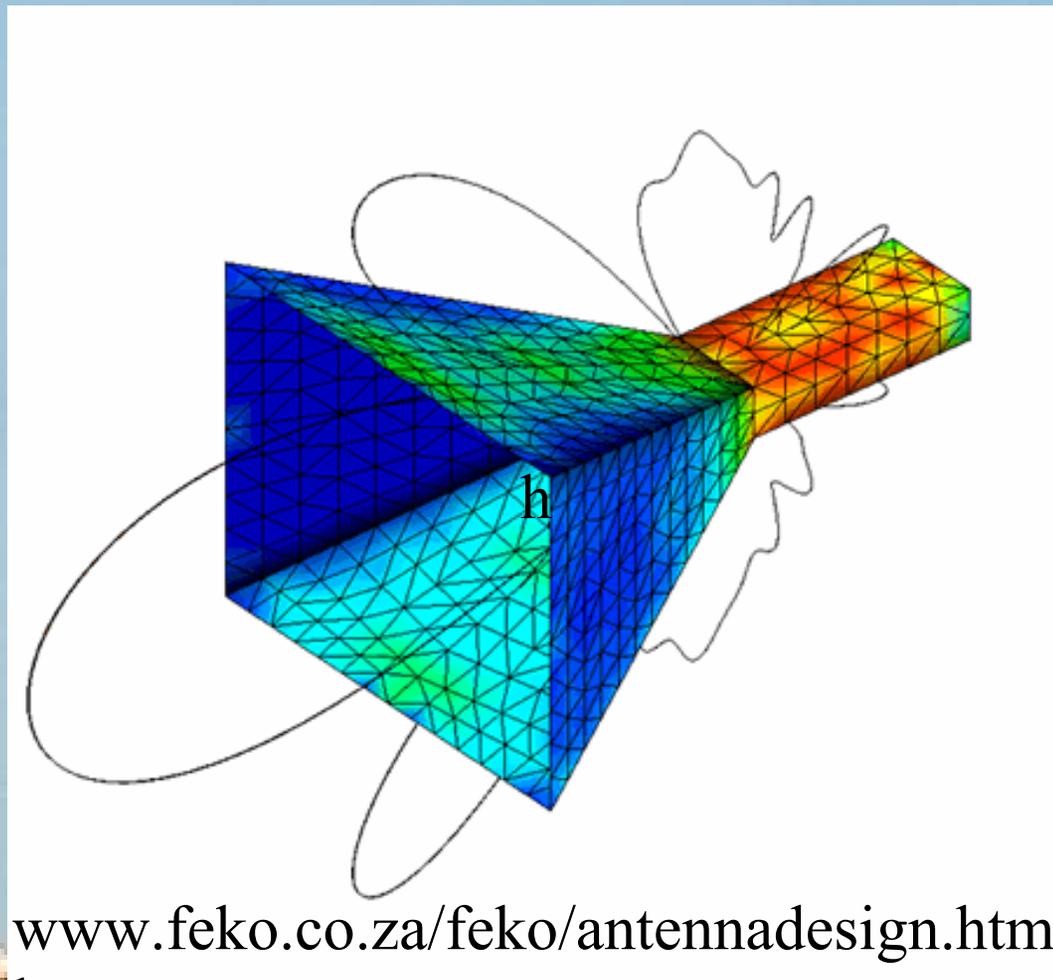
# Reflectores planos y de esquina

- Funcionan como reflectores y se ubican a  $\lambda/4$  de la antena
- No requiere que sea sólido. Pueden ser varillas o tubos.
- Los reflectores de esquina producen un diagrama más agudo. Amenudos se combinan con Yagis en UHF

# Yagi con reflector de esquina

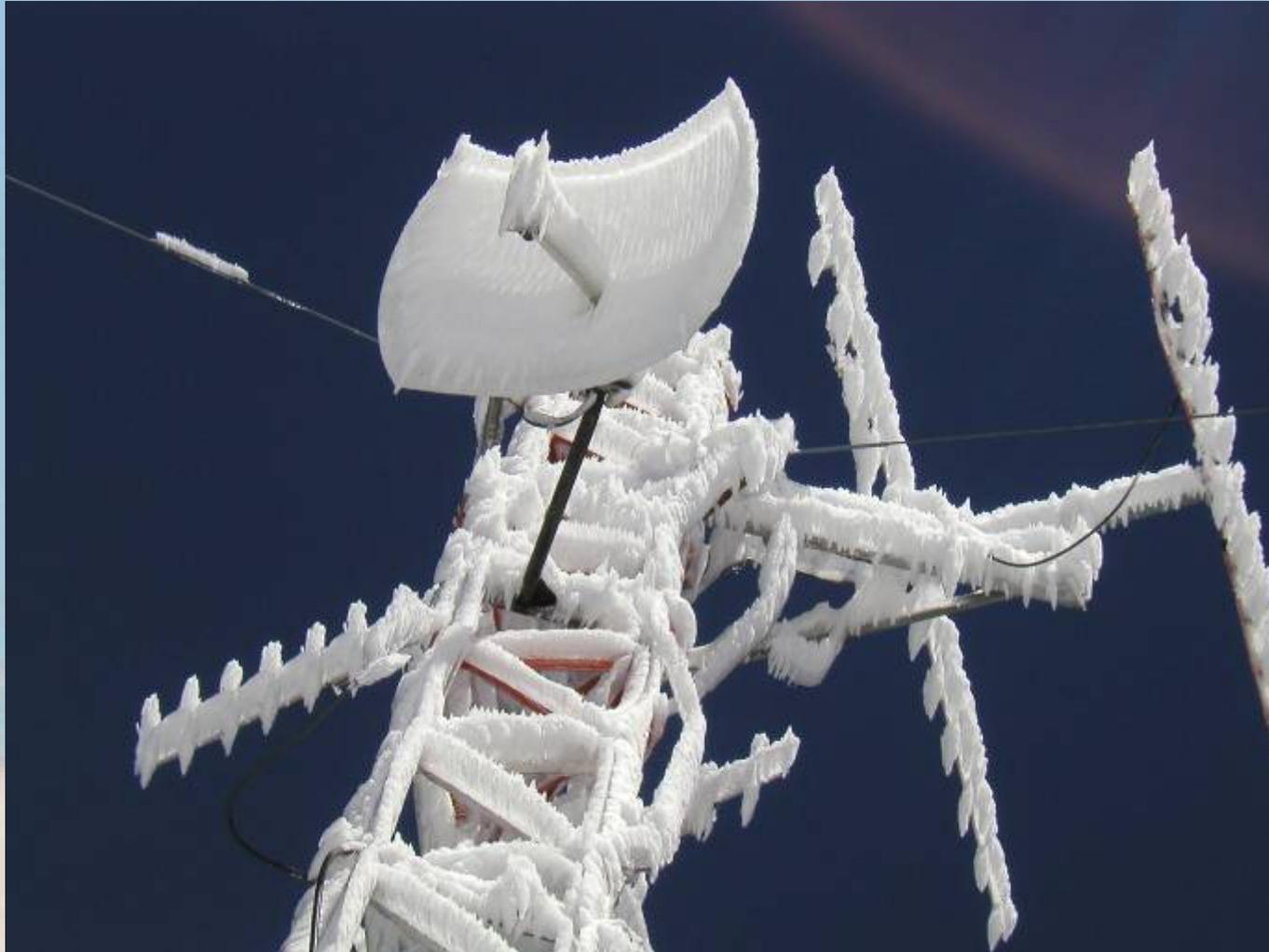


# Diagrama de Radiación y distribución de corrientes en una Antena de bocina



1

# Antena colapsada por efecto del hielo



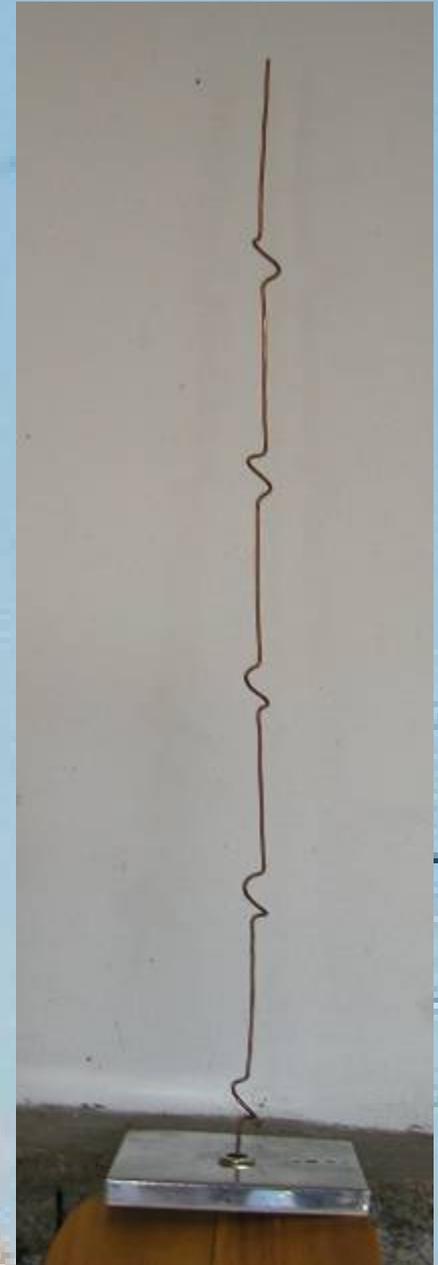
# Antenas de reflectores parabólicos grillados



# Antena con segmentos de cable coaxial



Antena Colineal  
De 6 elementos  
Omnidireccional  
Ganancia 8 dBi  
Recubierta con  
Tubo de PVC



# Antena de ranuras

- Las ranuras son de  $\frac{1}{4}$   $\lambda$
- Con ranuras de un sólo lado el

Patrón de radiación es de 180 grados

- Con ranuras en ambos lados es una omni
- Difundida por Trevor Marshall



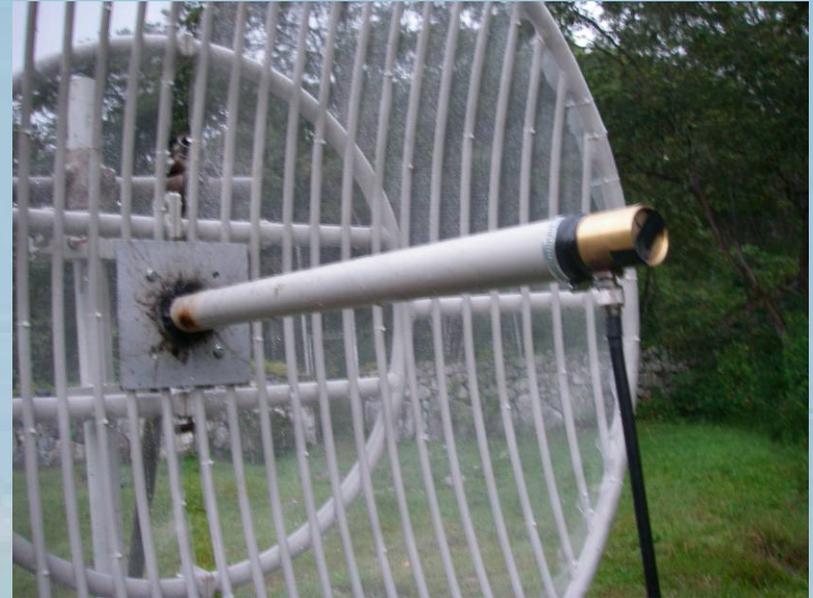
# Antena parabólica grillada

- 30 dBi de ganancia con 1,5m de diámetro para 2,4 GHz.
- Para funcionar a 5,8 GHz hay que cambiar el alimentador y reducir los vacíos en el reflector



# Antena parabólica grillada

- Se muestran los cambios indicados
- El alimentador es una antena de guía-onda diseñada para la frecuencia de 5,8 GHz





Antena de bocina en cámara anecoica

Antena de guía-onda cilíndrica,  
Long. 58 cm, Diámetro 12 cm  
Conexión a 10 km

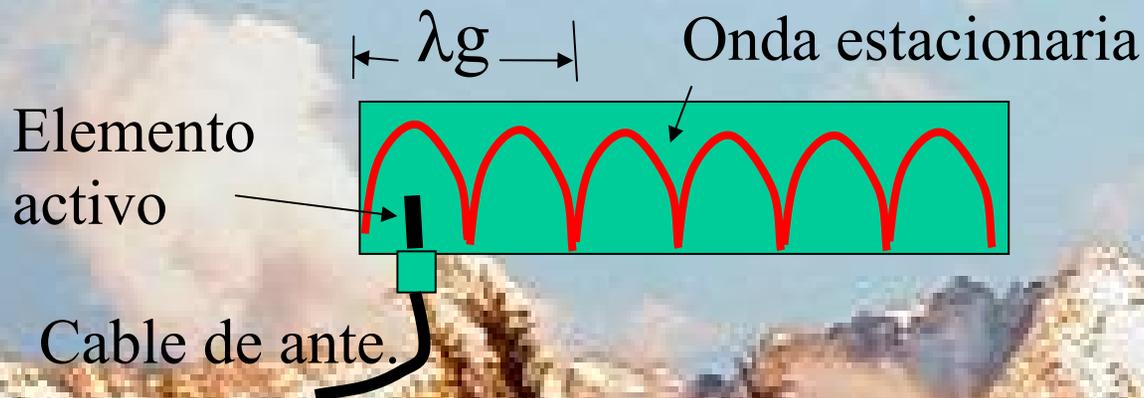


# La Antena guía-onda o “cantenna”

- Tubo metálico tapado en un extremo dotado de un elemento activo de  $\frac{1}{4} \lambda$  ( $\lambda = 12 \text{ cm @ } 2,4 \text{ GHz}$ )
- El diámetro debe ser tal que se pueda propagar el modo fundamental pero se atenúen los modos superiores
- En 2,4 GHz esto significa que el diámetro debe ser mayor que 73 mm y preferiblemente menor que 95 mm. La longitud no es crítica, idealmente  $> 2 \lambda$

# La Antena guía-onda o “cantenna”

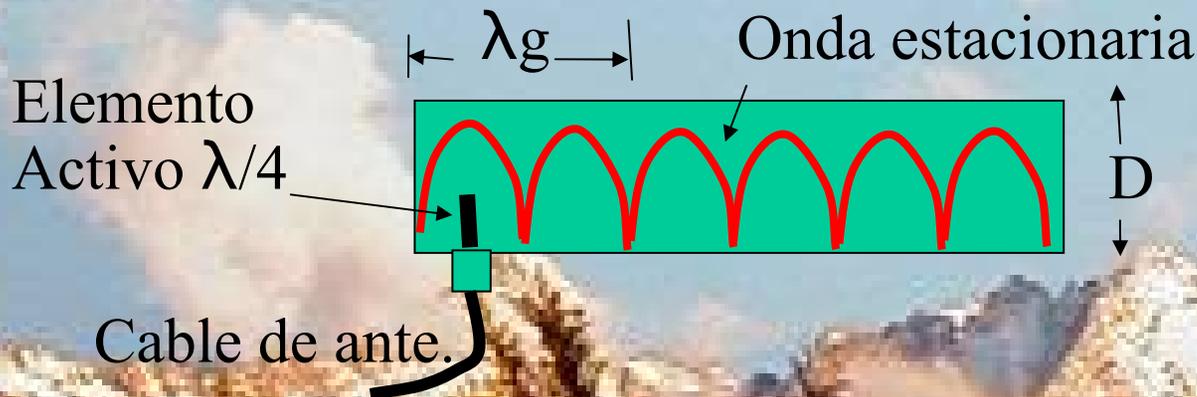
- Dentro de la guía se forma una onda estacionaria, que tiene un nulo en el fondo del tubo
- El elemento activo debe posicionarse en un máximo de la onda estacionaria, el cual ocurre a  $\frac{1}{4} \lambda_g$ , donde  $\lambda_g$  es la longitud de onda de la onda estacionaria dentro de la guía.



## La Antena guía-onda o “cantenna”

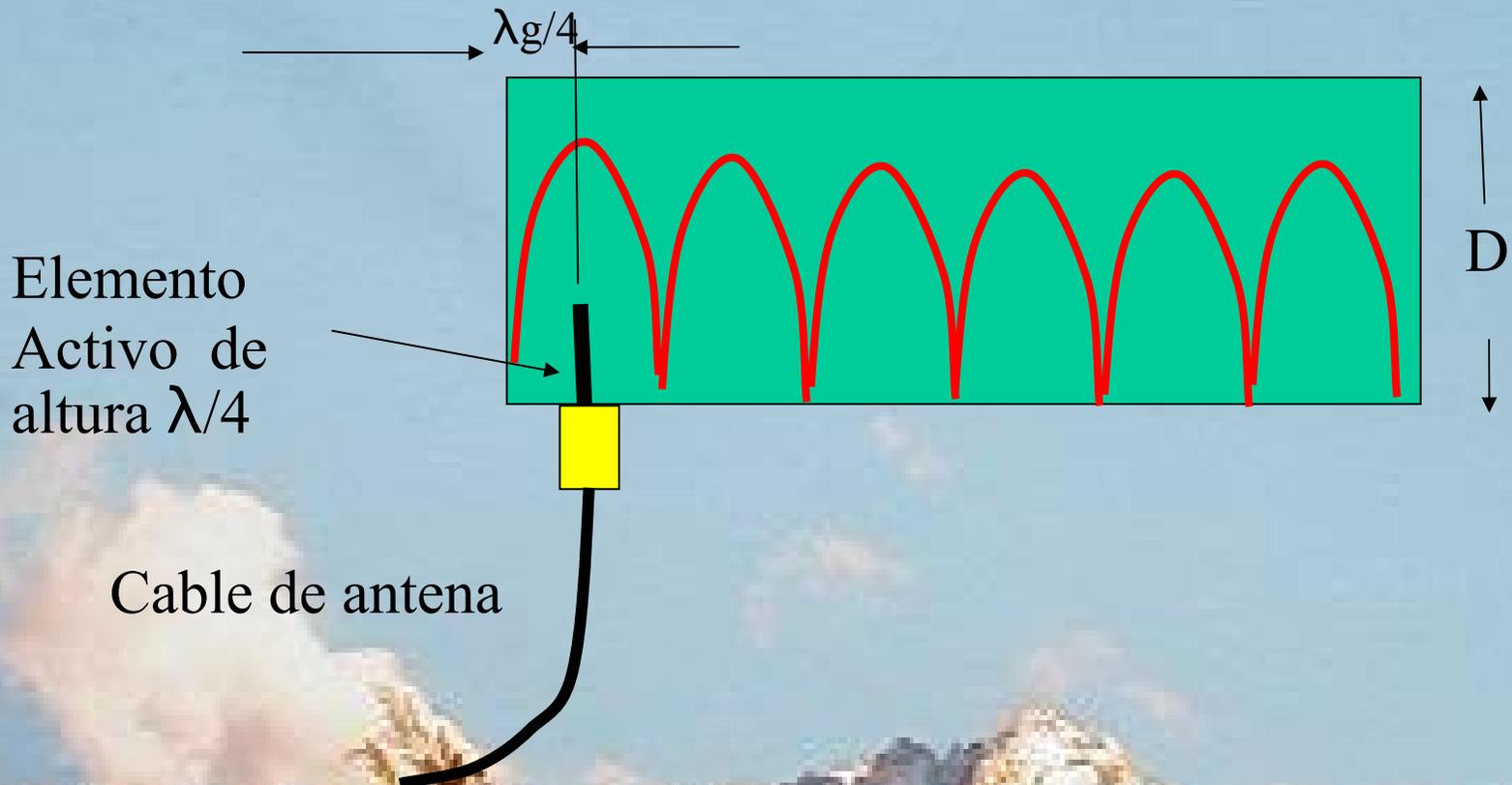
- La longitud de onda de corte depende del diámetro de la guía:  $\lambda_c = 1,706 D$
- La longitud de onda en el vacío es  $\lambda = c/f$ , con  $c = 300.000 \text{ km/s}$
- $(1/\lambda)^2 = (1/\lambda_c)^2 + (1/\lambda_g)^2$ .

De donde:  $\lambda_g = ( (1/\lambda)^2 - (1/\lambda_c)^2 )^{-2}$

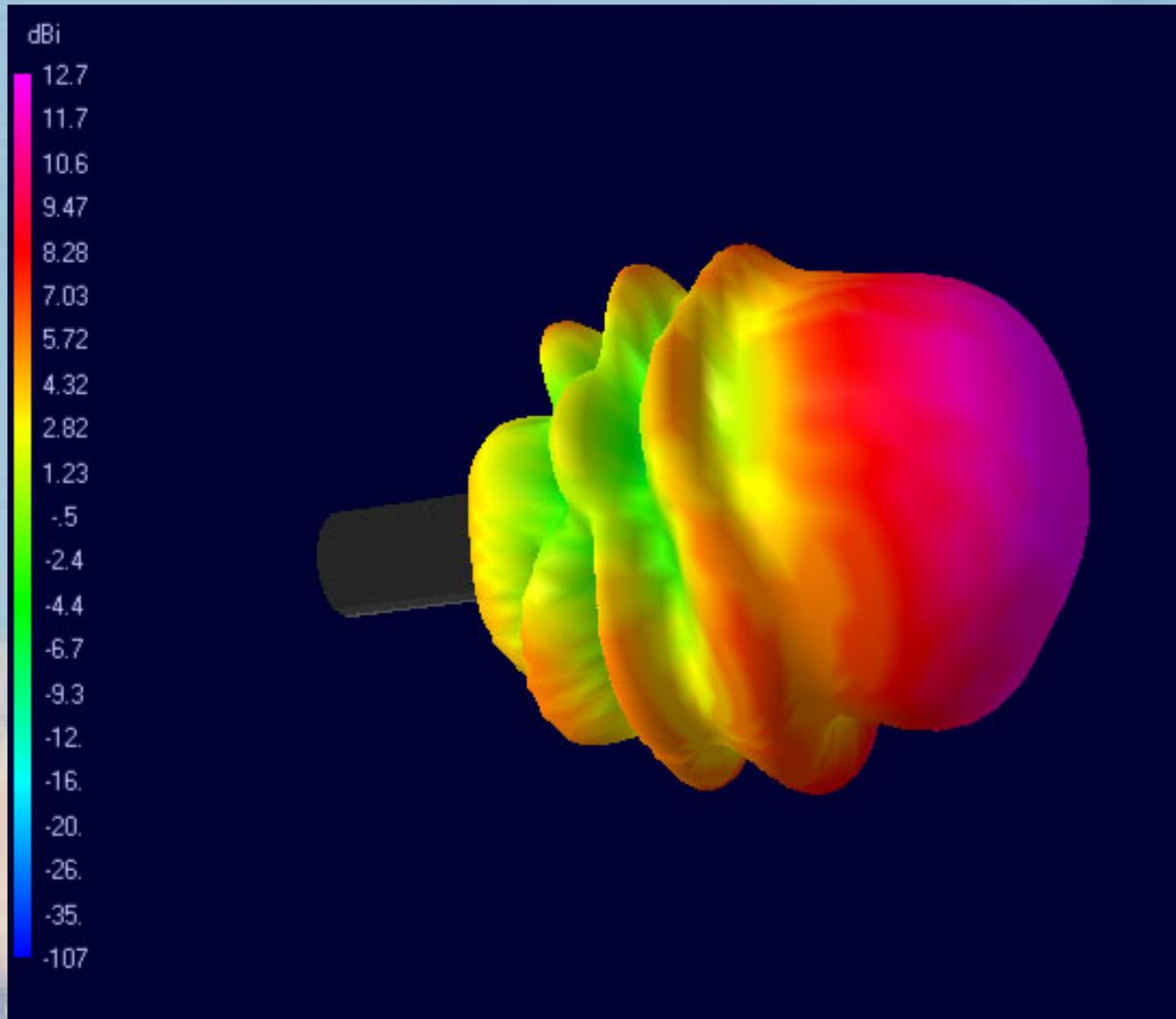


# La Antena guía-onda o “cantenna”

Para la frecuencia de 2,4 GHz,  $\lambda/4 = 31$  mm



# Diagrama de radiación de la antena guía-onda o de lata



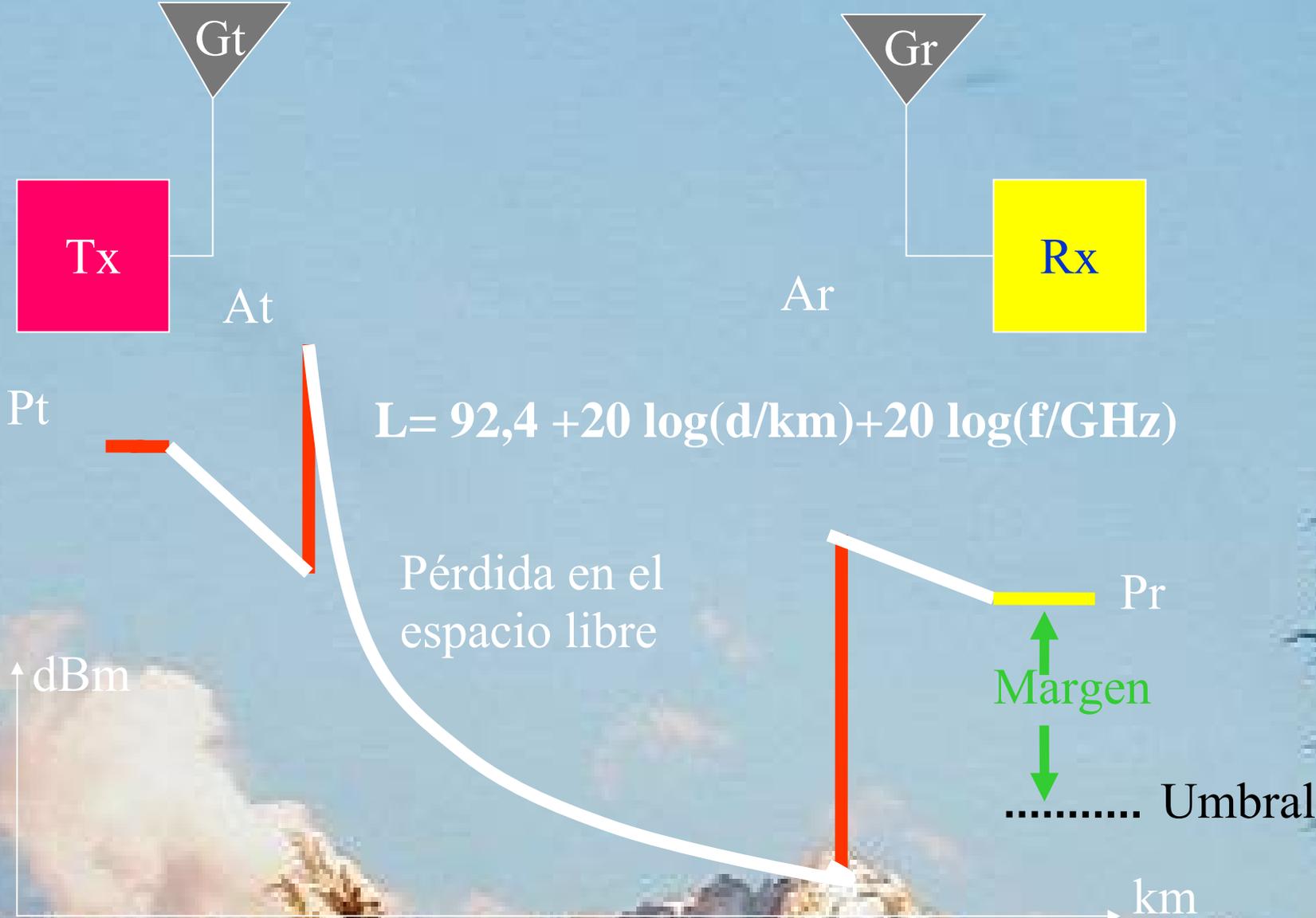
# Ejemplo de cálculo de radioenlace

Ermanno Pietrosemoli

(Fundación EsLaRed) – ULA

Mérida Venezuela      [www.eslared.org.ve](http://www.eslared.org.ve)

# Potencia Vs Distancia



# Ejercicio

a) Calcule la intensidad de la señal recibida a 10 grados del eje de una antena Hyperlink HG2424 de 24 dBi, alimentada por un Linksys WRT54 a través de 12 m de cable LMR400

.

La antena receptora es omnidireccional, ubicada a 13 km de distancia y con una ganancia de 8dBi a la frecuencia de operación de 2,4 GHz. Está unida al radio mediante 7 m de cable LMR200. Ambos extremos del enlace están protegidos por desviadores de rayos (Lightning Arrestor) que introducen 0,5 dB de pérdida c/u.

b) Construya un diagrama de Potencia Vs distancia para este enlace

c) determine la velocidad nominal máxima de operación del enlace si ambos extremos utilizan Linksys WRT54G

# Precauciones

- ANSI  $10\text{mW}/\text{cm}^2$   
6min
- USSR
  - $0.01\text{mW}/\text{cm}^2$  24 hrs
  - $0.1\text{mW}/\text{cm}^2$  2 hrs
  - $1.0\text{mW}/\text{cm}^2$  20 min
- **Nunca mire hacia una antena o guía de onda activa**
- $P_t * G_t * (\lambda/4 * \pi * R)^2$
- $0.011\text{mW}/\text{cm}^2 = 20G_t$   
 $20P_t @ 9\text{ft}$