

## Tema 2: ANTENAS

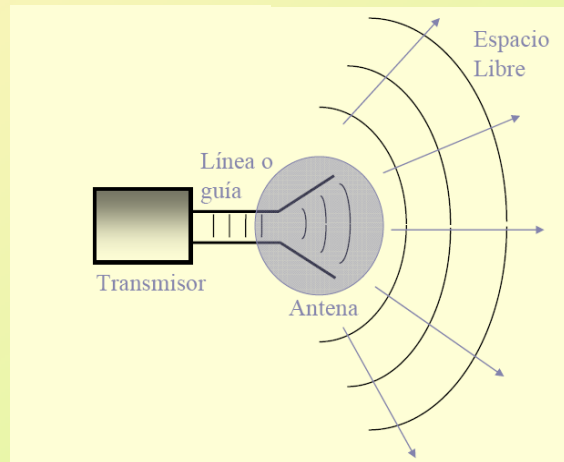


### Antenas: Definiciones

- Una antena transmisora es un conductor que transforma una energía eléctrica en energía de radiación electromagnética, mientras que la receptora transforma la radiación electromagnética en una corriente eléctrica inducida
- Antena es aquella parte del sistema transmisor o receptor, diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas.
- El "Institute of Electrical and Electronics Engineers" (IEEE) define una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE Std. 145-1983).

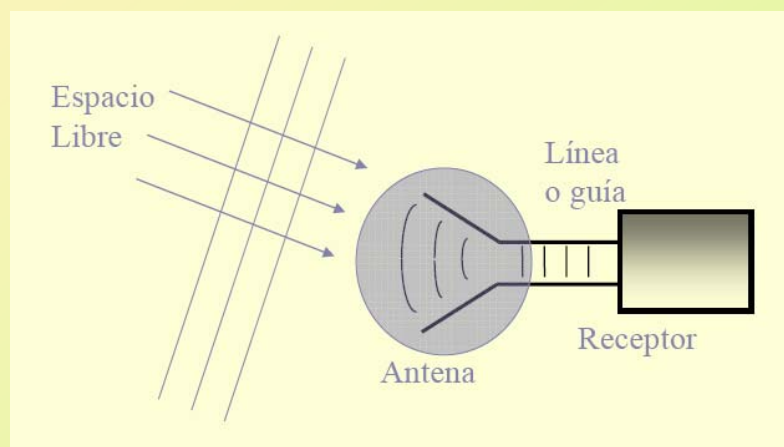
## Antena Transmisora

- Una ANTENA TRANSMISORA es un dispositivo que permite la transición de la energía electromagnética desde un transmisor hacia el espacio libre



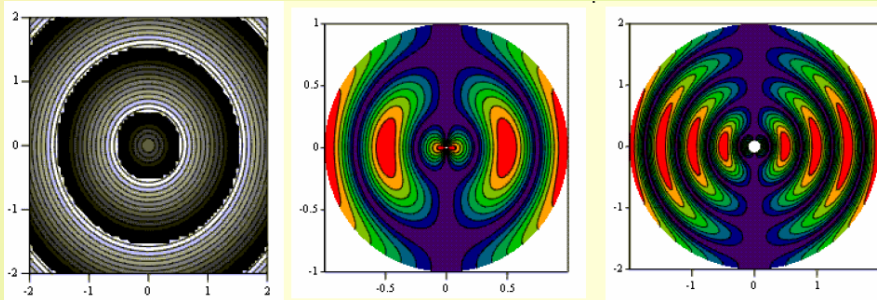
## Antena Receptora

- Una ANTENA RECEPTORA realiza el proceso inverso, permitiendo la transición de la energía electromagnética desde el exterior hacia un receptor

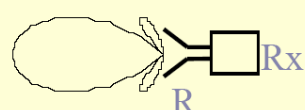
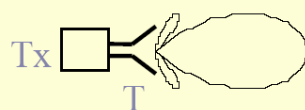
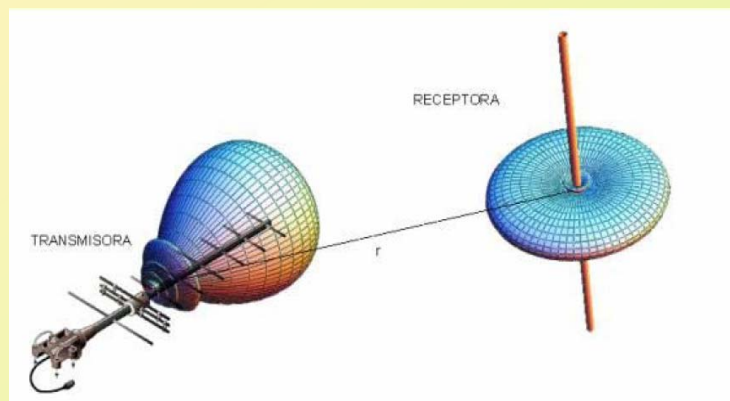


## Radiación de una antena

- Según las leyes de electromagnetismo (ecuaciones de Maxwell), una corriente eléctrica variable con el tiempo produce una onda electromagnética en el espacio que la rodea
- Al alejarse de la fuente, la onda es ESFERICA y se propaga hacia el infinito
- Es una onda NO HOMOGENEA, siendo la propagación de la energía más intensa en unas direcciones que en otras



## Direccionalidad de las antenas transmisora y receptora

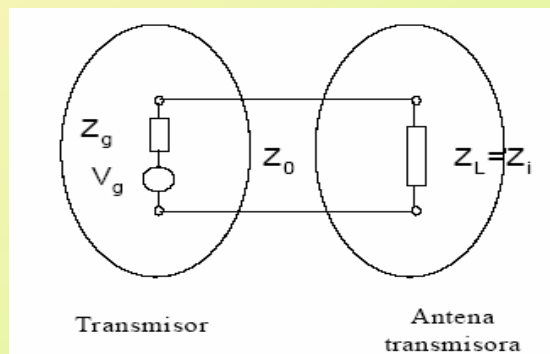


## Tipos de Antenas

- El tipo de antena y sus propiedades más importantes viene definido por la banda de frecuencia en el que se vaya a utilizar
- Los tipos de antenas se dividen según el modo de radiación en los siguientes bloques:
  - *Antenas alámbricas:* Constituidas por hilos conductores que soportan las corrientes que originan los campos radiados
  - *Antenas de onda progresiva:* se suelen construir con hilos conductores eléctricamente largos terminados en cargas adaptadas o con guías dieléctricas.
  - *Antenas de apertura.* La terminación o discontinuidad de una estructura guiada deja una superficie abierta sobre la que se produce una distribución de campo. Esta distribución produce radiación en todo el espacio por el principio de Huygens
  - *Arrays o agrupaciones de antenas:* son un conjunto de antenas iguales donde se controla la amplitud y fase de la alimentación de cada elemento para conseguir unas propiedades de radiación u otras.

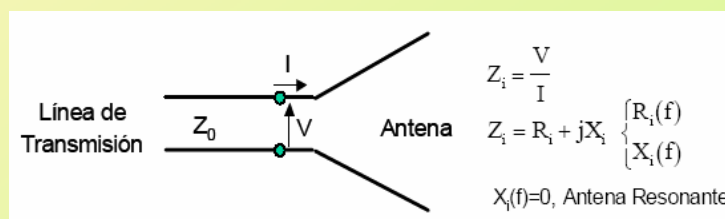
## Parámetros de la antena en transmisión

- Los parámetros de una antena son los que permiten especificar el funcionamiento de las mismas, y por lo tanto son susceptibles de ser medidos.
- Se puede especificar la antena como un conjunto de parámetros conectados con los requisitos de un sistema más amplio de radiocomunicaciones o radiodifusión.

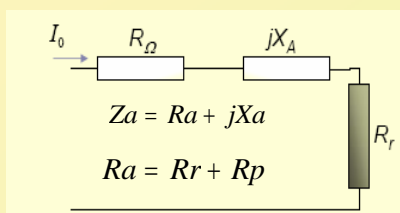


## Impedancia

- Los parámetros más importantes que caracterizan una antena como si de un circuito se tratara son la impedancia de entrada, la resistencia de radiación y el rendimiento.
- La impedancia de entrada de una antena se define como la relación entre la tensión en sus bornes y la intensidad de corriente que la atraviesa. En general es un número complejo que varía con la frecuencia,
- Normalmente, las antenas se diseñan para ser resonantes a la frecuencia central de la banda de utilización, puesto que así se facilita la adaptación de impedancias a la propia de la línea de transmisión que es siempre real.



## Impedancia



Potencia transmitida

$$P_t = R_r \cdot i^2$$

Potencia disipada

$$P_p = R_p \cdot i^2$$

Potencia disponible en el transmisor o potencia suministrada

$$P_d = P_p + P_t = (R_p + R_r) \cdot i^2$$

El rendimiento

$$\eta = \frac{P_t}{P_d} = \frac{R_r}{R_r + R_p}$$

## Impedancia

En altas frecuencias, en lugar de definir la impedancia de entrada, se definen otra serie de parámetros más fácilmente medibles, como son el coeficiente de reflexión

$$\Gamma_T = \frac{Z_a - Z_g^*}{Z_a + Z_g}$$

La relación de onda estacionaria

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma_T|}{1 - |\Gamma_T|}$$

Las pérdidas de retorno, que se definen como el cociente entre la potencia de la onda reflejada y la potencia de la onda incidente, y se suelen expresar en decibelios.

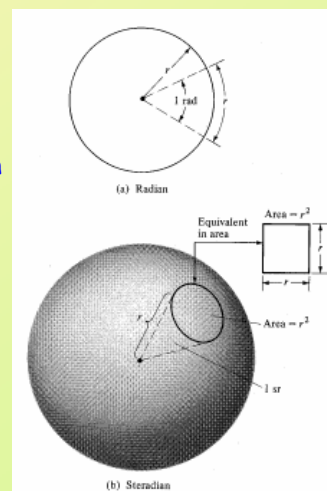
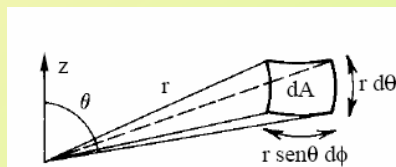
$$PR(dB) = 10 \log \frac{P_{ref}}{P_{inc}} = 20 \log |\Gamma_T|$$

## Intensidad de radiación

- Es la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta.
  - Para un ángulo sólido elemental  $d\Omega$

$$i(\theta, \varphi) = \frac{dp(\theta, \varphi)}{d\Omega}$$

- Angulo Sólido:
  - Zona del espacio abarcada por una sucesión de líneas radiales con vértice en el centro de una esfera.
  - Su unidad es el estereoradián (ángulo sólido que abarca una superficie esférica  $r^2$  con un radio  $r$ ).



## Densidad de flujo de potencia

- Es la potencia que fluye a través de una superficie elemental  $dS$ , dispuesta ortogonalmente

$$\Phi(\theta, \varphi) = \frac{dp(\theta, \varphi)}{dS} = \frac{i(\theta, \varphi)}{d^2} \quad dS = d^2 \cdot d\Omega$$

- Por otro lado, de la teoría de campos electromagnéticos se tiene:

$$\Phi = \frac{|e_R|^2}{Z_0} \quad \text{tal que} \quad Z_0 = \frac{|e_R|}{|h_R|} \quad \text{En el vacío} \quad Z_0 = 120 \cdot \pi$$

- En un punto determinado, se puede expresar la densidad de flujo de potencia como sigue

Si  $e(\theta, \varphi)$  es el valor eficaz del campo

$$\Phi(\theta, \varphi) = \frac{e^2(\theta, \varphi)}{120 \cdot \pi}$$

## Densidad de flujo de potencia

- La densidad de potencia decrece con la distancia de forma inversamente proporcional a la superficie del frente esférico
- Antena ISOTRÓPICA: antena ficticia, no realizable físicamente, que radia con la misma intensidad en todas las direcciones.
- Para una antena ISOTROPICA el flujo es uniforme

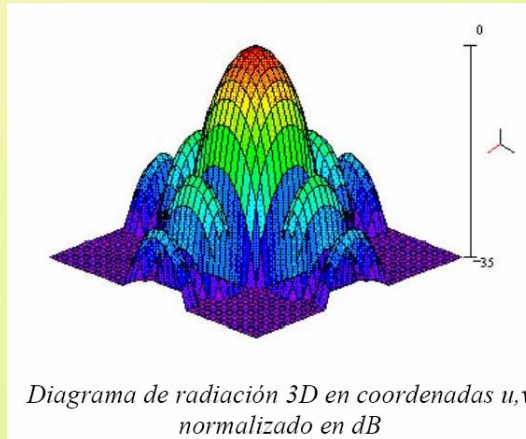
$$i_{iso} = \frac{p_t}{4\pi} \quad \Phi_{iso} = \frac{p_t}{4\pi d^2}$$

- El valor del campo a una distancia "d" para la antena isotrópica será:

$$\frac{p_t}{4\pi d^2} = \frac{e^2}{120\pi} \Rightarrow e_{iso} = \sqrt{\frac{p_t \cdot 120}{4d^2}} = \frac{\sqrt{30 \cdot p_t}}{d}$$

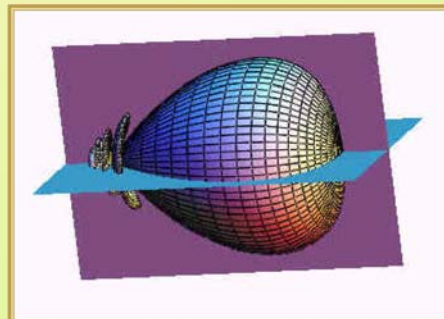
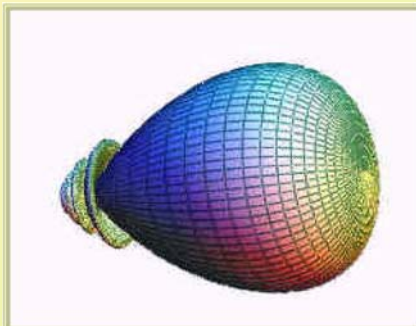
## Diagrama de radiación de una antena

- El diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades direccionales de radiación de una antena en el espacio.
- Una antena no radia del mismo modo en todas las direcciones del espacio.



## Diagrama de radiación de una antena

- En muchos casos es suficiente representar un corte del diagrama. Los cortes pueden hacerse de infinitas formas.
- La información de todos los cortes del diagrama es excesiva, por lo que se representa sólo los planos principales.



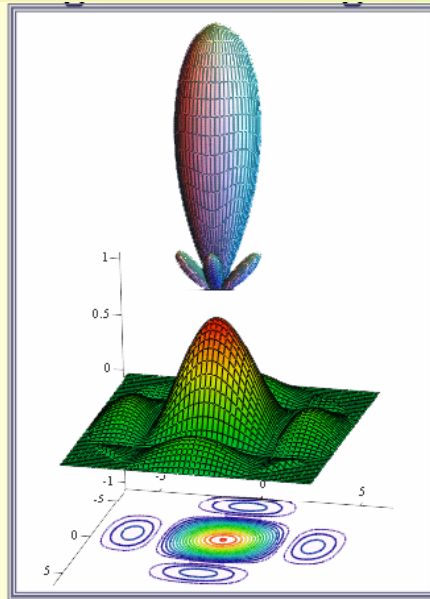


## Diagrama de radiación de una antena

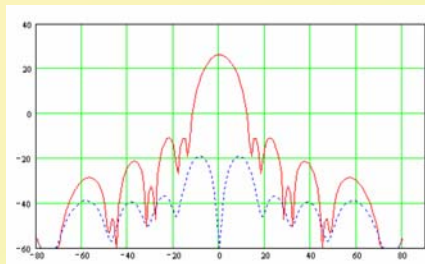
Vista 3-D en esféricas

Vista 3-D en cartesianas

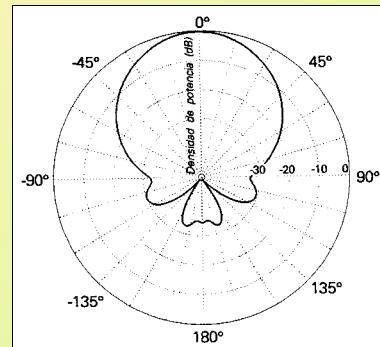
Curvas de nivel



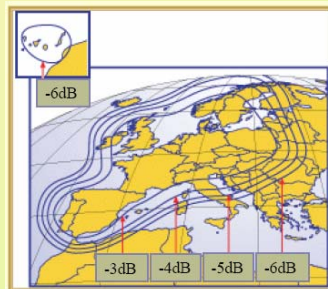
## Diferentes presentaciones de diagramas de radiación bidimensionales



En coordenadas cartesianas



Coordenadas polares



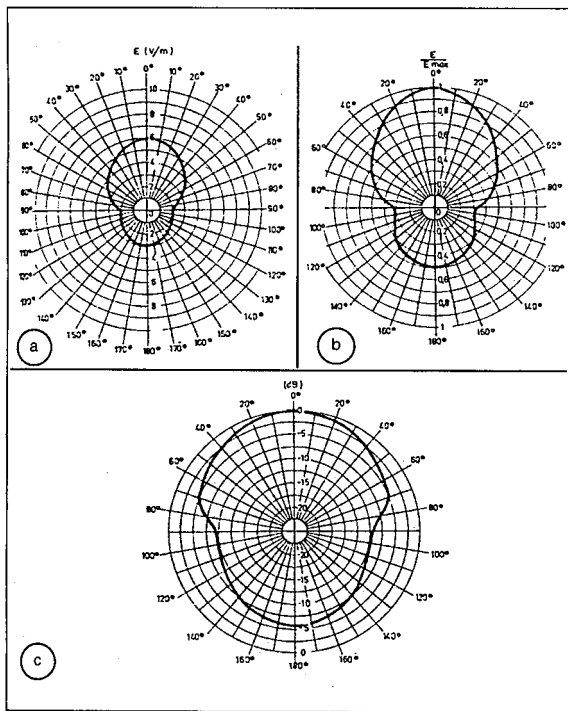
Curvas de nivel sobre mapas

## Diferentes formas de representación de un diagrama de directividad

a) Escala radial  $e$  (V/m).

b) Normalizado: campo recibido en un punto /campo máximo.

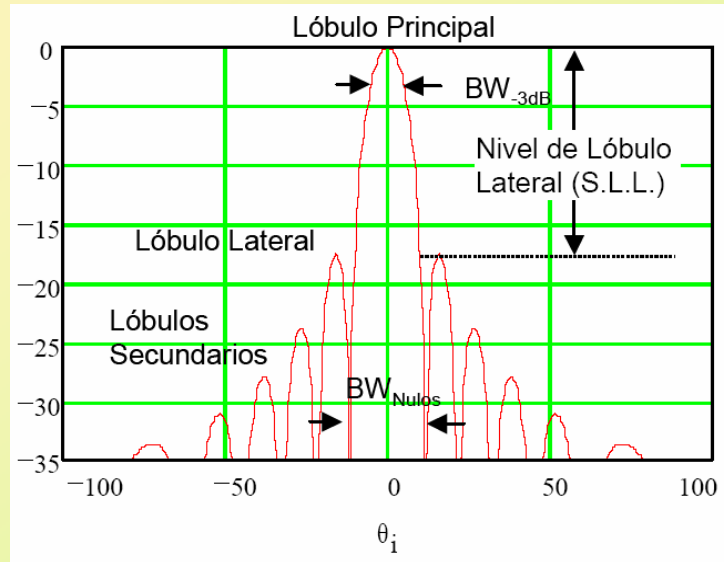
c) En decibelios



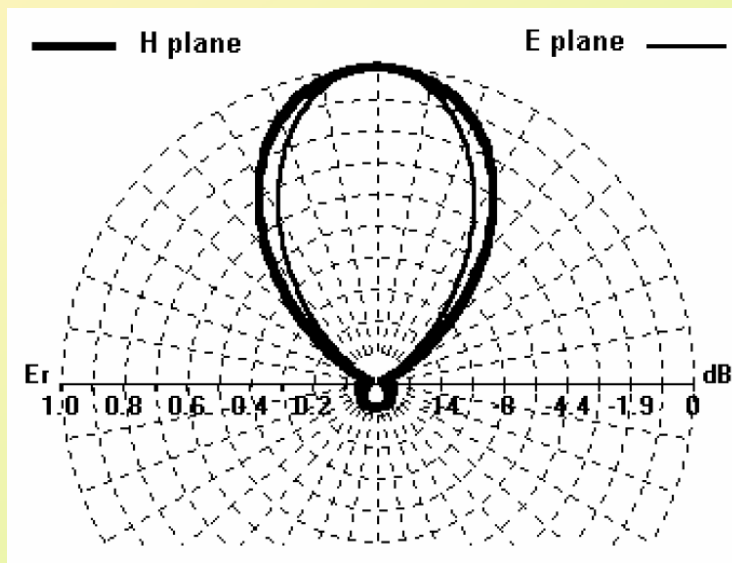
## Parámetros del diagrama de radiación

- Lóbulos de radiación: porción del diagrama delimitada por regiones de menor radiación (nulos). Se suelen definir :
  - Los Lóbulo principal
  - Lóbulos secundarios
  - Lóbulos laterales
  - Lóbulos posteriores
- Parámetros:
  - Nivel de lóbulos secundarios
  - Relación de lóbulo principal a secundario
  - Ancho del haz principal a  $-3$  dB
  - Ancho del haz principal entre nulos
  - Relación delante-atrás

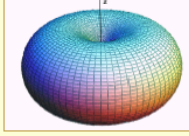
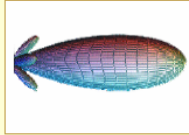

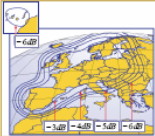

## Parámetros del diagrama de radiación



## Diagrama de radiación de una antena real



## Clasificación de antena por su estructura lobular

- Antena Isotrópica ( $\Omega_H=4\pi$ ) 
- Antena Omnidireccional ( $\Omega_H=2\pi \cdot BW_V$ ) 
- Antena directiva de pincel (pencil beam) ( $\Omega_H=BW_H \cdot BW_V$ ) 
- Haz contorneado 
- Multihaz 

## Directividad

- Relación entre la densidad de potencia radiada o transmitida en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que radiaría a esa misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\phi(\theta, \varphi)}{P_t / (4\pi d^2)}$$

- Si no se especifica la dirección angular, la directividad se refiere a la dirección de máxima radiación

$$D = \frac{\phi \max}{P_t / (4\pi d^2)}$$

- La directividad en función del campo eléctrico producido por esta antena a una distancia  $d$  y el que produciría una antena isotrópica a esa misma distancia  $d$ .

$$D(\theta, \varphi) = \frac{e^2(\theta, \varphi)_{ant}}{e^2_{iso}}$$

## Ganancia de la antena "G"

- Su definición es semejante a la de la directividad, pero la comparación no se establece con la potencia radiada, sino con la entregada a la antena.
- Tiene en cuenta las posibles pérdidas en la antena, ya que entonces, no toda la potencia entregada es radiada al espacio.
- La ganancia y la directividad están relacionadas en consecuencia por la eficiencia de la antena.

$$G(\theta, \varphi) = \eta \cdot D(\theta, \varphi)$$

- Si la antena no posee pérdidas, cosa habitual a altas frecuencias, ambos parámetros son equivalentes.

## PIRE

- Campo producido por la antena isotrópica y el producido por una antena directiva:

$$e_{iso} = \frac{\sqrt{30Pt}}{d} \quad e_{ant}(\theta, \varphi) = \frac{\sqrt{30 \cdot Pt \cdot D(\theta, \varphi)}}{d}$$

- La potencia isotrópica radiada equivalente (*PIRE*) de una estación transmisora es el producto de la potencia suministrada a la antena por la ganancia de ésta.

$$pire(\theta, \varphi) = Pt \cdot G(\theta, \varphi)$$

- Si expresamos el campo en función del *pire*:

$$e(\theta, \varphi) = \frac{\sqrt{30 \cdot pire(\theta, \varphi)}}{d}$$

## PIRE

- Si no se indica la dirección, se sobreentiende que se trata de su valor máximo ( el correspondiente a la ganancia máxima de potencia de la antena).
- El campo producido por una antena a una distancia  $d$  en estas condiciones será:

$$e = \frac{\sqrt{30 \cdot \text{pire}}}{d}$$

- Las magnitudes habituales de trabajo son:

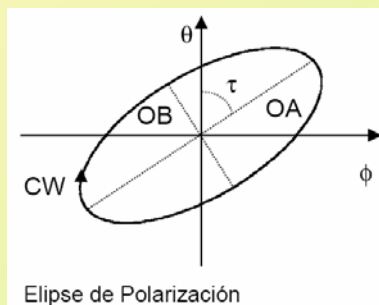
$$e(\text{mV} / \text{m}) = 173,2 \cdot \frac{\sqrt{\text{pire}(\text{kw})}}{d(\text{Km})}$$

- Si trabajamos con magnitudes logarítmicas, el campo se expresa en  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

$$E(\text{dB}\mu\text{V} / \text{m}) = 104,8 + \text{PIRE}(\text{dB} / \text{Kw}) - 20\log d(\text{km})$$

## Polarización de una antena

- Es la "figura que traza en función del tiempo, para una dirección determinada, el extremo del vector de campo radiado y su sentido de giro, visto por un observador situado sobre la antena"
- El concepto de polarización es importante en los sistemas de radiocomunicaciones, porque la antena receptora sólo es capaz de captar la potencia contenida en la polarización del campo coincidente con la suya propia



$$\vec{E} = E_{\theta}\hat{\theta} + E_{\phi}\hat{\phi}$$

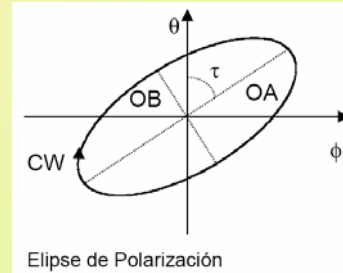
$$\begin{cases} E_{\theta} = |E_{\theta}|e^{j\delta\theta} \\ E_{\phi} = |E_{\phi}|e^{j\delta\phi} \end{cases}$$

## Tipos de polarización

### Características de la Elipse

- Angulo del Eje Mayor con  $\theta$
- Relación Axial

$$AR = \frac{OA}{OB}$$

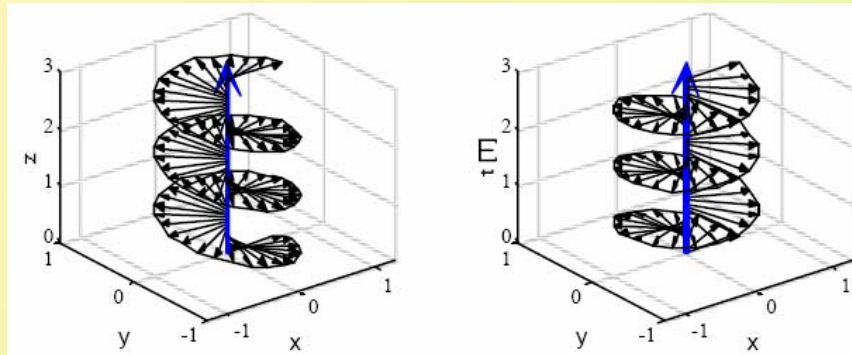


Elipse de Polarización

- Sentido de Giro de Polarización (Circular o Elíptica)
  - A derechas (CW, RHC):  $\delta < 0$
  - A izquierdas (CCW, LHC):  $\delta > 0$
- Tipos de Polarización ideales:
  - Lineal: El campo se mueve sobre una recta ( $AR = \infty$ ).
    - a)  $\delta = 0$  b)  $E_{\theta} = 0$  c)  $E_{\phi} = 0$
  - Circular: El extremo del campo se mueve sobre una circunferencia ( $AR = 1$ )

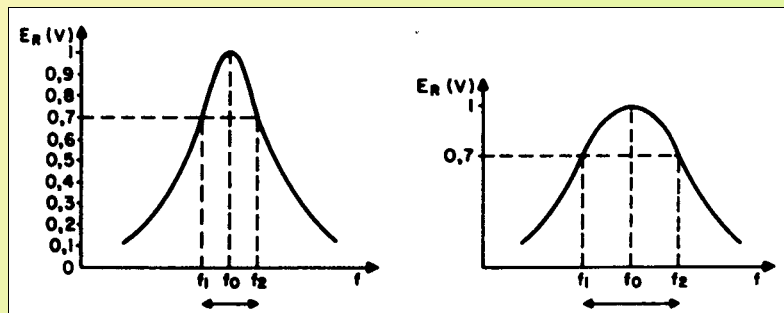
$$|E_{\theta}| = |E_{\phi}| \quad y \quad \delta = 90^{\circ} (LHC) \quad o \quad \delta = -90^{\circ} (RHC)$$

## Ejemplos de polarizaciones circulares



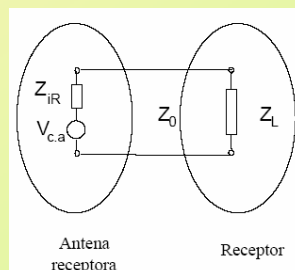
## Ancho de banda

- Margen de frecuencias dentro del cual los parámetros característicos considerados (impedancia, anchura de haz, nivel de lóbulos ...), cumplen unas especificaciones prefijadas.
- Margen de frecuencia dentro del cual opera satisfactoriamente



## Parámetros de antenas en recepción

- Una antena capta de una onda incidente sobre ella parte de la potencia que transporta y la transfiere al receptor.
- **Adaptación**
  - Desde los terminales de la antena, el receptor se ve como una impedancia de carga  $Z_L = R_L + jX_L$ , mientras que el receptor ve a la antena como un generador ideal de tensión,  $V$  e impedancia  $Z_a = R_a + jX_a$ . La transferencia de potencia será máxima cuando haya adaptación conjugada ( $Z_L = (Z_a)^*$ ).



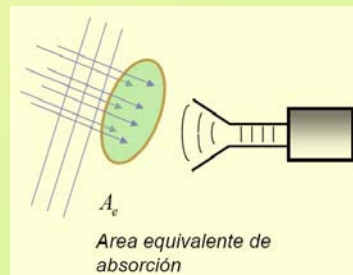


## Parámetros de antenas en recepción

- **Superficie equivalente o Área efectiva de una antena**
  - La antena extrae potencia del frente de onda incidente, por lo que presenta una cierta área de captación o área efectiva  $A_{ef}$ ,
  - Se define como la relación entre la potencia que entrega la antena a su carga (supuesta para esta definición sin pérdidas y adaptada a la carga) y la densidad de potencia de la onda incidente.

$$S_{eq} = A_{ef} = \frac{P_r}{\phi} (m^2)$$

- Representa físicamente la porción del frente de onda que la antena ha de interceptar y extraer de él toda la potencia contenida hacia la carga.



## Parámetros de antenas en recepción

- **Superficie equivalente o Área efectiva de una antena**

- Para una antena isotrópica tenemos:

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

- Para una antena de ganancia  $g_r$

$$S_{eq} = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot g_r$$

- En función de la eficiencia

$$S_{eq} = A_{ef} = \eta \cdot A_f$$

- Entonces:

$$g_r = \frac{A_{ef} \cdot 4 \cdot \pi}{\lambda^2} = \frac{4 \cdot \pi}{\lambda^2} \cdot A_{ef} \cdot \eta$$

- Si la antena es parabólica :

$$A_f = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

## Potencia recibida

- La potencia recibida en un enlace de radiocomunicación es el flujo de potencia captado por la superficie de la antena.
- Para una antena receptora de superficie equivalente de recepción " $S_{eq}$ " y situada en un punto en el que la intensidad de campo eléctrico es " $e$ " y la densidad de flujo de potencia " $\Phi$ ", la potencia recibida es:

$$Pr = \phi \cdot Seq$$

- Si expresamos el valor de " $\Phi$ " en función de " $e$ " :

$$Pr = \frac{e^2}{120 \cdot \pi} \cdot Seq$$

- Para una antena isotrópica:

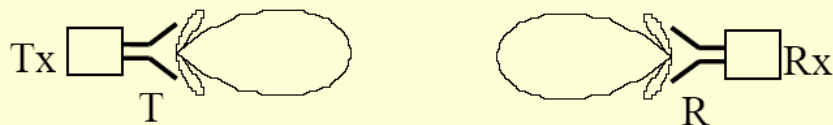
$$Pr = \phi \cdot \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} = \frac{e^2}{120 \cdot \pi} \cdot \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi}$$

- Para una antena de ganancia " $gr$ "

$$Pr = \phi \cdot \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot gr = \frac{e^2}{120 \cdot \pi} \cdot \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot gr$$

## Ecuación de transmisión, fórmula de Friis para el enlace

- En un sistema de comunicaciones ha de establecerse el balance de potencia entre el transmisor y el receptor, ya que el mínimo nivel de señal detectable en este último fija la potencia mínima que ha de suministrar el primero.
- La **Fórmula de Friis** permite calcular las **pérdidas de inserción de un radioenlace** en función de parámetros de transmisión de ambas antenas, asociados a las direcciones en que cada una de ellas ve a la otra. **Estas pérdidas de inserción se definen como el cociente entre la potencia entregada al receptor ( $PR$ ) y la potencia disponible en el transmisor ( $PT$ ).**



## Fórmula de Friis para el enlace

- Densidad de potencia producida por la antena Tx en el lugar que ocupa la Rx:

$$\phi = \frac{P_t}{4\pi d^2}$$

- Potencia disponible en bornas de la antena Rx con acoplo ideal de polarización:

$$P_r = \phi \cdot S_{eq} = \phi \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

- La pérdida básica de propagación en espacio libre, o pérdidas de inserción serán:

$$l_b = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

- Si las antenas Tx y Rx son directivas, con ganancias  $g_t$  y  $g_r$

$$l_b = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \cdot g_t \cdot g_r$$

## Fórmula de Friis para el enlace

- La relación entre potencias disponibles y entregadas a la antena vienen dados por los coeficientes de reflexión:

$$P_r = P_{dR} \cdot (1 - |\Gamma_r|^2) \quad P_t = P_{dT} \cdot (1 - |\Gamma_t|^2)$$

- Fórmula con el término de acoplo de polarización:

$$l_b = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \cdot g_t \cdot g_r \cdot (1 - |\Gamma_t|^2) \cdot (1 - |\Gamma_r|^2)$$

- La potencia captada dependerá de la densidad de potencia incidente y de la polarización de la onda, por lo que habrá que incluir el coeficiente de polarización.

$$|\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2$$

- Fórmula final con el término e acoplo de polarización:

$$l_b = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \cdot g_t \cdot g_r \cdot (1 - |\Gamma_t|^2) \cdot (1 - |\Gamma_r|^2) \cdot |\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2$$

## Fórmula de Friis para el enlace

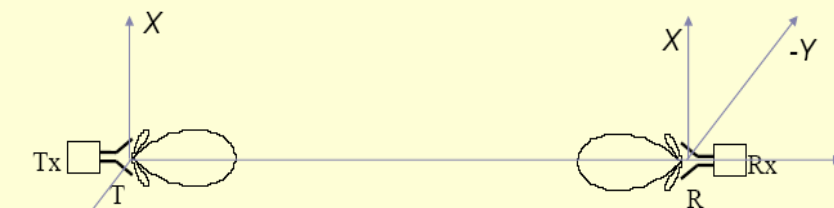
- Además de los factores tenidos en cuenta hasta ahora, han de tenerse en cuenta las pérdidas o atenuación por exceso introducidas por el medio por el que discurre en enlace radioeléctrico y por los fenómenos atmosféricos, las cuales se han de añadir a las pérdidas calculadas anteriormente mediante un factor "ae" (atenuación por exceso)
- Así la ecuación general de transmisión de Friis queda como sigue:

$$l_b = \frac{P_r}{P_t} = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \cdot g_t \cdot g_r \cdot (1 - |\Gamma_t|^2) \cdot (1 - |\Gamma_r|^2) \cdot |\hat{e}_t \cdot \hat{e}_r|^2 \cdot a_e$$

- Por mayor facilidad en el cálculo y trabajar con cantidades más pequeñas, se trabaja con expresiones logarítmicas,

$$l_b(\text{dB}) = P_r - P_t = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 + G_T + G_R + (1 - |\Gamma_t|^2) + (1 - |\Gamma_r|^2) + |\hat{e}_t \cdot \hat{e}_r|^2 + A_E$$

## Término de acoplo de polarización



$$\hat{e}_T = \cos \gamma_T \hat{x} + e^{j\delta_T} \sin \gamma_T \hat{y}$$

$$\text{Propagación } +\hat{z} = \hat{x} \times \hat{y}$$

$$\hat{e}_R = \cos \gamma_R \hat{x} + e^{j\delta_R} \sin \gamma_R (-\hat{y})$$

$$\text{Propagación } -\hat{z} = \hat{x} \times (-\hat{y})$$

$$\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = \cos \gamma_T \cos \gamma_R - \sin \gamma_T \sin \gamma_R e^{j(\delta_T + \delta_R)}$$

## Casos de acoplo de polarización

$$\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = \cos \gamma_T \cos \gamma_R - \sin \gamma_T \sin \gamma_R e^{j(\delta_T + \delta_R)}$$

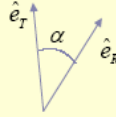
### Lineal con lineal

$$\delta_T = \delta_R = 0 \Rightarrow \hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = \cos(\gamma_T + \gamma_R)$$

Paralelas  $|\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2 = 1$

Ortogonales  $|\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2 = 0$

En general  $|\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2 = \cos^2 \alpha$



### Lineal con circular

$$\delta_T = 0 \quad \delta_R = \pm \frac{\pi}{2} \quad \gamma_R = \frac{\pi}{4}$$

$$\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = \frac{\cos \gamma_T}{\sqrt{2}} \pm j \frac{\sin \gamma_T}{\sqrt{2}}$$

$$|\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R|^2 = \frac{1}{2}$$

### Circular con circular

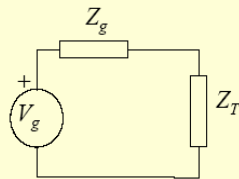
$$\delta_T = \pm \frac{\pi}{2} \quad \delta_R = \pm \frac{\pi}{2} \quad \gamma_T = \gamma_R = \frac{\pi}{4}$$

$$\hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} e^{j(\delta_T + \delta_R)}$$

Iguales  $\delta_T = \delta_R \Rightarrow \hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = 1$

Contrarias  $\delta_T = -\delta_R \Rightarrow \hat{e}_T \cdot \hat{e}_R = 0$

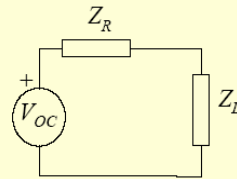
## Término de acoplo de impedancias



$$\Gamma_T = \frac{Z_T - Z_g^*}{Z_T + Z_g} \quad 1 - |\Gamma_T|^2 = \frac{4R_g R_T}{|Z_g + Z_T|^2}$$

$$P_{dT} = \frac{V_g^2}{8R_g R_T} \quad P_T = \frac{1}{2} \frac{V_g R_T}{|Z_g + Z_T|^2}$$

$$P_T = (1 - |\Gamma_T|^2) P_{dT}$$



$$\Gamma_R = \frac{Z_L - Z_R^*}{Z_L + Z_R} \quad 1 - |\Gamma_R|^2 = \frac{4R_R R_L}{|Z_L + Z_R|^2}$$

$$P_{dR} = \frac{V_{OC}^2}{8R_L R_R} \quad P_R = \frac{1}{2} \frac{V_{OC}^2 R_L}{|Z_R + Z_L|^2}$$

$$P_R = (1 - |\Gamma_R|^2) P_{dR}$$

## Antenas lineales

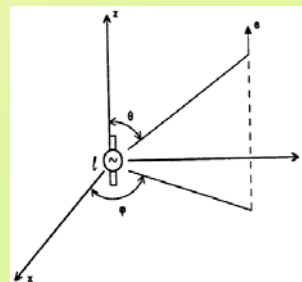
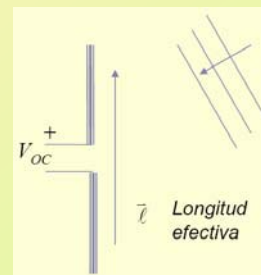
- Radiador constituido por una línea de transmisión abierta excitada simétricamente en un extremo. Produce campos con polarización lineal, horizontal ( $H$ ) o vertical ( $V$ ) dependiendo de la posición de la antena.
- Existe una gama muy amplia de antenas lineales entre las que cabe destacar dipolos, antenas yaqi, paneles, etc. muy utilizados en aplicaciones de radiodifusión, televisión y comunicaciones móviles.



## Dipolo elemental

- El dipolo elemental o dipolo de Hertz, es la antena con polarización lineal más simple.
- Está formado por dos conductores con excitación central simétrica, siendo su longitud total " $l$ " muy pequeña en comparación con la longitud de onda " $\lambda$ " de la radiación.
- Si por la antena circula una corriente de valor eficaz " $i$ " constante, el campo producido por esta antena a la distancia " $d$ " y en una dirección determinada es:

$$e = 60 \cdot \pi \cdot \frac{l \cdot i}{\lambda \cdot d} \cdot \text{sen} \theta$$



## Dipolo elemental

- Al producto " $l \cdot i$ " se llama momento eléctrico del dipolo.
- El campo es máximo en el plano ortogonal al dipolo ( $\theta = 90^\circ$ ) y su valor es:

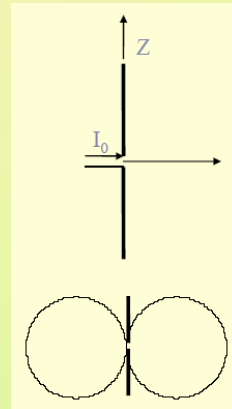
$$e_0 = 60 \cdot \pi \cdot \frac{l \cdot i}{\lambda \cdot d}$$

- La densidad de flujo de potencia será:

$$\phi = \frac{e^2}{120\pi}$$

- Integrando esta densidad sobre una superficie esférica de radio " $d$ ", se obtiene la potencia total radiada.
- Igualando esta potencia a " $R_r \cdot I^2$ ", se obtiene el valor de la resistencia de radiación:

$$R_r = 80\pi^2 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^2$$



## Dipolo elemental

- Si se expresa el valor del campo en función de la potencia total radiada, en vez de en función de la corriente " $i$ ":

$$P_t = i^2 \cdot R_r \Rightarrow i = \sqrt{\frac{P_t}{R_r}}$$

- Entonces el valor del campo

$$e = 60\pi \frac{l \cdot i}{\lambda \cdot d} = 60 \frac{\pi \cdot l}{\lambda \cdot d} \sqrt{\frac{P_t}{80\pi^2 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^2}} = 6,7 \frac{\sqrt{P_t}}{d} = \sqrt{30} \cdot \frac{\sqrt{P_t \cdot 3/2}}{d}$$

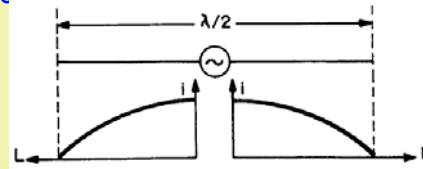
- Si recordamos el valor del campo producido por la antena isótropa

$$e_{iso} = \sqrt{30} \cdot \frac{\sqrt{P_t}}{d}$$

- Se puede observar que la ganancia del dipolo elemental es igual a  $3/2$ , expresado en dB, **1,76 dB**

## Dipolo en $\lambda/2$

- El dipolo  $\lambda/2$ , es una antena lineal sintonizada cuya longitud teórica es igual a una semilongitud de onda
- El valor de la corriente es máximo en el centro de la antena y nulo en los extremos al no encontrar camino de salida,
- La tensión es máxima en los extremos y nula en el centro.



- El campo producido por esta antena en cualquier punto  $(\theta, \varphi, d)$

$$e = \frac{60 \cdot i}{d} \cdot \frac{\cos[(\pi/2) \cos\theta]}{\sin\theta}$$

- siendo "i" el valor eficaz de la corriente en el punto de conexión del generador, donde es máxima la corriente.

## Dipolo en $\lambda/2$

- El valor máximo del campo se produce en el plano ortogonal a la antena ( $\theta = \pi/2$ ) y su valor es:

$$e = \frac{60 \cdot i}{d}$$

- La resistencia de radiación de esta antena es aprox.  $73,2 \Omega$ ,

- La potencia radiada será:  $P_t = i^2 \cdot 73,2$

- El valor del campo en función de la potencia radiada será:

$$e = \frac{60}{d} \cdot \sqrt{\frac{P_t}{73,2}} = 7,013 \frac{\sqrt{P_t}}{d}$$

- Se observa que la ganancia del dipolo  $\lambda/2$  respecto a la antena isótropa es:

$$g = 1,64 \text{ o bien } G = 2,15 \text{ dB}$$

- El campo producido por la isótropa es:  $e_{iso} = \sqrt{30} \cdot \frac{\sqrt{P_t}}{d}$



## Concepto de PRA

- Para aplicaciones de radiodifusión y televisión se utilizan antenas derivadas del dipolo  $\lambda/2$ , tales como paneles, antenas yagi, etc.
- Si utilizamos una antena con una determinada ganancia  $g_d(\theta, \varphi)$  respecto al dipolo  $\lambda/2$ , el campo producido por ésta en un punto  $(\theta, \varphi, d)$  valdrá:

$$e(\theta, \varphi) = 7,013 \frac{\sqrt{P_t \cdot g_d(\theta, \varphi)}}{d}$$

- Al producto de la potencia entregada a una antena por su ganancia respecto al dipolo  $\lambda/2$ , " $P_t \cdot g_d$ ", se le llama **potencia radiada aparente (pra)** de un transmisor.

$$pra(\theta, \varphi) = P_t \cdot g_d(\theta, \varphi)$$

- Para la dirección en que  $g_d(\theta, \varphi)$  sea máxima, también lo será la pra  $(\theta, \varphi)$

$$pra = P_t \cdot g_d$$

## Concepto de PRA

- Los valores máximos del campo en unidades absolutas y en dB serán

$$e(mV/m) = 7,013 \frac{\sqrt{pra(w)}}{d(m)} = 222 \frac{\sqrt{pra(kw)}}{d(km)}$$

$$E(dB\mu) = 106,9 + PRA(dB/kW) - 20 \log d(km)$$

- Como el dipolo tiene una ganancia de 2,15 dB respecto a la antena isótropa, la relación entre la ganancia isótropa  $G$  (dB) de una antena y su ganancia respecto al dipolo  $G_d$  (dB) será

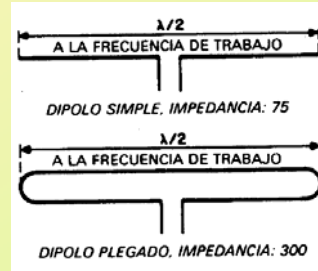
$$G = G_d + 2,15$$

- De donde se desprende la relación equivalente entre la PIRE y la PRA

$$PIRE = PRA + 2,15$$

## Dipolo plegado

- Está formado por un dipolo resonante de media onda al que se le añade una varilla de idéntica longitud a poca distancia del mismo con sus extremos conectados eléctricamente a los del dipolo.



- La distribución de corriente en un dipolo plegado es tal que las corrientes de cada varilla están en fase y por tanto se suman sus efectos.
- Alimentando el dipolo plegado con la mitad de la corriente que al dipolo simple se obtiene el mismo efecto, es decir, un diagrama de radiación idéntico.
- Su resistencia de radiación  $R'$ :

$$P = R \cdot I^2 = R' \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2$$

$$R' = 4R$$

## Dipolo plegado

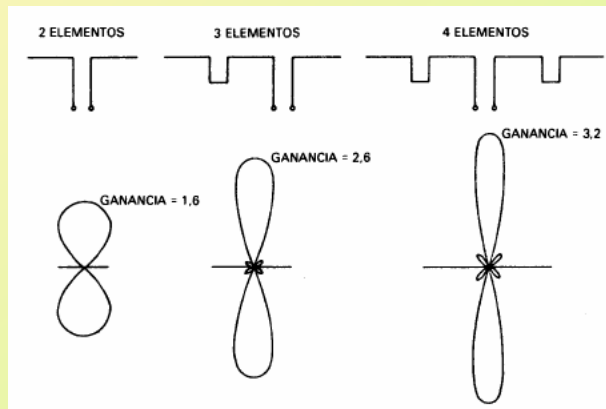
- La resistencia de radiación de un dipolo plegado  $R' = 4 \times 73 = 292 \Omega$ , aproximadamente  $300 \Omega$ ,
- Habrá que adaptarla a impedancia de entrada del receptor.
- Las principales características de un dipolo plegado son las siguientes:
  - Su resistencia oscila alrededor de los  $300 \Omega$
  - Tiene un diagrama de radiación igual al del dipolo simple
  - Su banda de paso es en general mucho mayor. Esta propiedad es utilizada en las antenas de televisión debido, al elevado ancho de banda con el que se trabaja.
  - La altura efectiva del dipolo plegado es el doble de la del dipolo simple. Se induce en ella una tensión  $V'$  doble con la misma potencia recibida, que en el dipolo simple.

$$P = \frac{V'^2}{R'} = \frac{(2V)^2}{4R} = \frac{V^2}{R}$$

- $V$  es la tensión inducida y  $R$  la resistencia del dipolo simple,
- $V'$  y  $R'$  las del dipolo plegado.
- La modificación del diámetro de la varilla paralela con respecto al diámetro del dipolo principal conlleva una variación en la resistencia de la antena.
- Desde el punto de vista mecánico, el dipolo plegado es más robusto que el simple

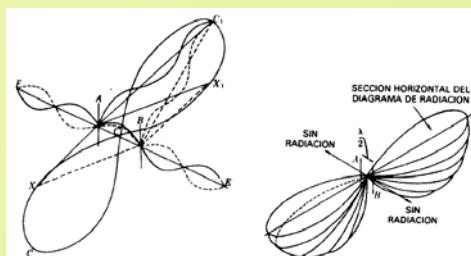
## antena colineal

- Está constituida por dos o mas antenas de media longitud de onda colocadas una tras otra y alimentadas en fase. Con ellas se obtiene un diagrama de radiación comparable al de un dipolo, pero más directivo.
- La directividad aumenta con el número de dipolos de media onda que se asocian.
- el diagrama de radiación es siempre bidireccional.



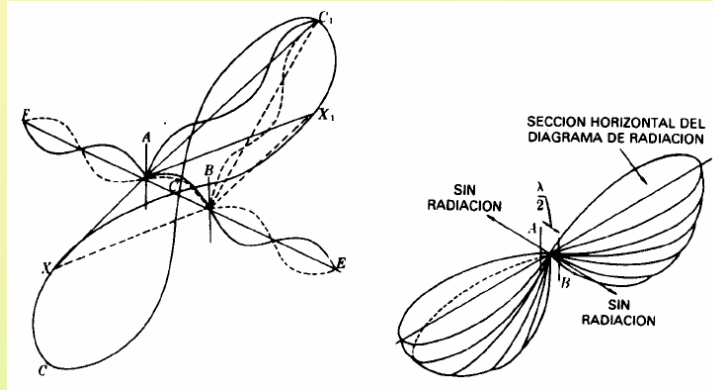
## Agrupamiento de antenas en paralelo

- El agrupamiento de antenas en paralelo separadas entre si una o dos semilongitudes de onda, permite obtener unas ganancias directivas apreciables.
- El acercamiento de una antena emisora a otra origina una influencia mutua: la primera se encuentra en el campo de la segunda induciéndose una corriente que se superpone a la corriente primitiva, dando lugar a una corriente resultante cuyo valor dependerá de la fase respectiva de ambas componentes.
- La primera antena actuará de igual modo sobre la segunda. La ganancia, directividad y la resistencia de radiación dependerán de la separación entre ambas antenas.



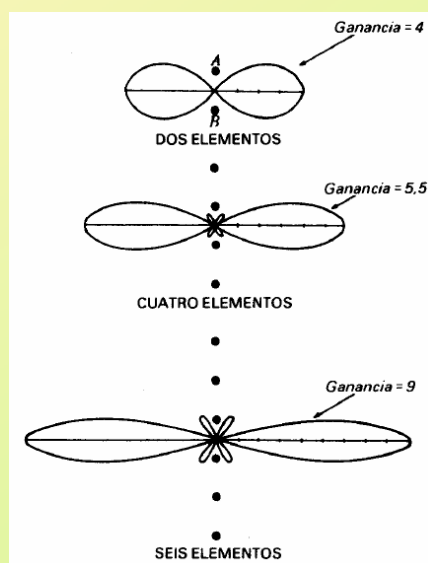
## Agrupamiento de antenas en paralelo

- En el plano formado por las antenas la radiación es nula debido a que las ondas emitidas están en oposición de fase y por tanto se anulan
- En el plano perpendicular a las antenas las ondas se suman.
- Las agrupaciones de antenas en paralelo se pueden efectuar de diversos modos:
- horizontalmente, verticalmente o una combinación de ambos.



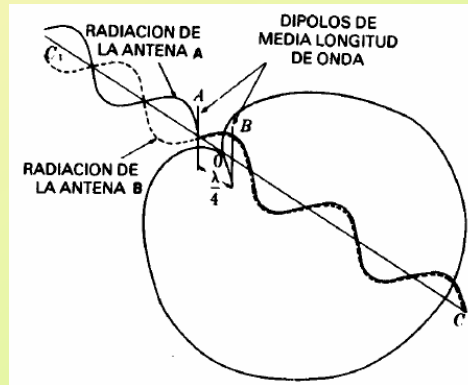
## Agrupamiento de antenas en paralelo

- Diagrama de radiación y las ganancias de directividad obtenidas con agrupamientos de 2, 4 y 6 elementos.
- A veces interesa conseguir una radiación unidireccional, en este caso para lograrlo se coloca una pantalla reflectora a una distancia de  $\lambda/4$  de las antenas paralelas. La pantalla no deja pasar ninguna onda y refleja las que inciden sobre ella, reforzando así la directividad del conjunto.



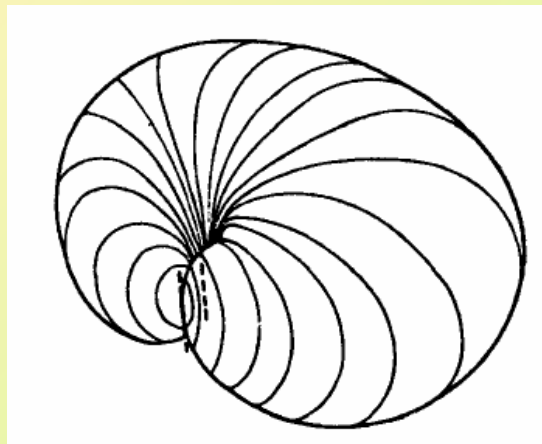
## Agrupamiento de antenas alineadas en cuadratura

- Cuando dos antenas de media longitud de onda separadas  $\lambda/4$  se montan verticalmente y se alimentan por dos corrientes iguales, pero desfasadas  $90^\circ$ , se obtiene un diagrama de radiación unidireccional
- La emisión de la antena A refuerza la de la B en la dirección A B a causa de la diferencia de fase de  $\lambda/2$  existentes entre las alimentaciones respectivas.
- Sus emisiones, por el contrario se anulan en la dirección BA,



## Agrupamiento de antenas alineadas en cuadratura

- El diagrama de radiación que genera estas antenas:



## Antenas utilizadas en Televisión

UHF  
RADIO & TV  
LINKS

# ALP.15.07.720

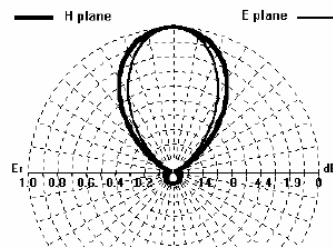


Particolare dell'interno dell'antenna.  
Particular of the inside of the antenna.

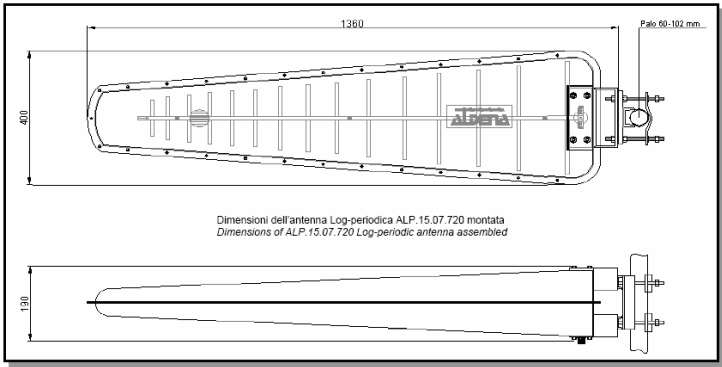


Antenna log-periodica a 15 elementi con radome di protezione - Adatta per collegamenti in banda UHF o per ricezione - Connettore N femmina

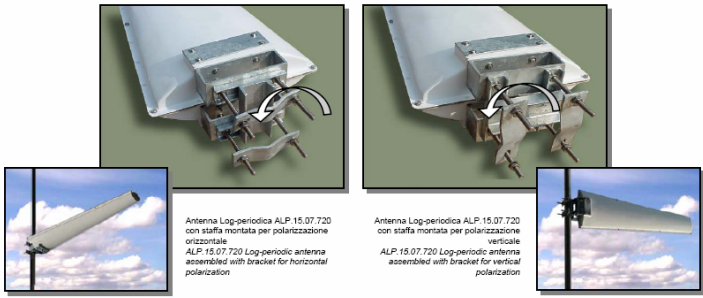
Log-periodic antenna 15 elements with protection radome - Suitable for UHF links or reception N female connector



| CARATTERISTICHE  | FEATURES   |
|--|--|
| <b>Guadagno medio:</b> 8.5 dBd (10.7 dBi)  | <b>Average gain:</b> 8.5 dBd (10.7 dBi)  |
| <b>Ampiezza orizzontale:</b> 49° a -3 dB (Piano E)   | <b>Horizontal amplitude:</b> 49° at -3 dB (E Plane)  |
| <b>Ampiezza verticale:</b> 61° a -3 dB (Piano H)   | <b>Vertical amplitude:</b> 61° at -3 dB (H Plane)  |
| <b>Rapporto Onde Stazionarie:</b> ≤ 1.23:1   | <b>V.S.W.R.:</b> ≤ 1.23:1  |
| <b>Larghezza di banda:</b> 470 - 860 MHz   | <b>Bandwidth:</b> 470 - 860 MHz  |
| <b>Polarizzazione:</b> Orizzontale o verticale   | <b>Polarization:</b> Horizontal or vertical  |
| <b>Impedenza:</b> 50 ohm   | <b>Impedance:</b> 50 ohm   |
| <b>Connettore:</b> N femmina   | <b>Connector:</b> N female   |
| <b>Potenza massima:</b> 100 W  | <b>Max power:</b> 100 W  |
| <b>Dimensioni:</b> 1360 x 400 x 190 mm senza staffa  | <b>Dimensions:</b> 1360 x 400 x 190 mm without bracket   |
| <b>Imballaggio:</b> 1700 x 500 x 250 mm (18 Kg lordi)  | <b>Packing:</b> 1700 x 500 x 250 mm (18 Kg gross weight)   |
| <b>Peso:</b> 15 Kg netti con staffa  | <b>Weight:</b> 15 Kg net with bracket  |
| <b>Resistenza al vento (160 Km/h):</b> 79 Kg   | <b>Wind load (160 Km/h):</b> 79 Kg   |
| <b>Protezione da ghiaccio:</b> Radome in vetroresina (bianco)  | <b>Icing protection:</b> Fiberglass radome (white)   |
| <b>Protezione da scariche:</b> Dipoli a massa  | <b>Lightning protection:</b> DC grounded dipoles   |
| <b>Montaggio:</b> Staffa per pali da φ 60 a φ 102 mm   | <b>Mounting:</b> Bracket for poles φ 60 to φ 102 mm  |
| <b>Materiali:</b> Radome in vetroresina - Bulloneria in acciaio inox - Linee in ottone argentato - Dipoli in alluminio - Isolatori in teflon - O-Ring al silicone - Staffa e supporti in acciaio zincato | <b>Materials:</b> Fiberglass radome - St. steel bolts - Lines in silver plated brass - Aluminum dipoles - Teflon insulators - Silicon O-Rings - Bracket and supports in galvanized steel |
| <b>Trattamenti:</b> Argentatura - Zincatura a caldo  | <b>Treatments:</b> Silver-plating - Hot galvanization  |

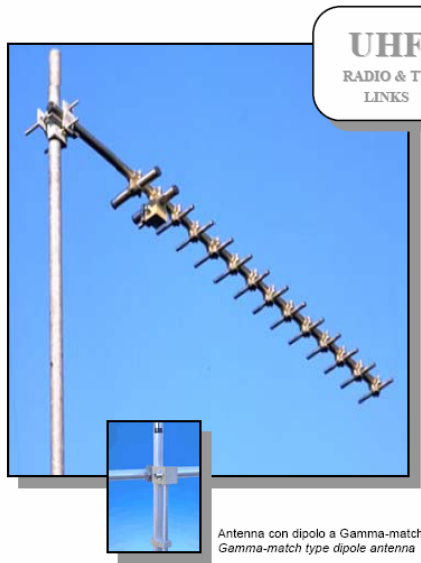


Dimensioni dell'antenna Log-periodica ALP.15.07.720 montata  
 Dimensions of ALP.15.07.720 Log-periodic antenna assembled



Antenna Log-periodica ALP.15.07.720 con staffa montata per polarizzazione orizzontale  
 ALP.15.07.720 Log-periodic antenna assembled with bracket for horizontal polarization

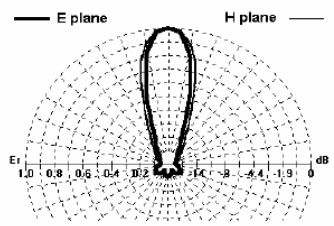
Antenna Log-periodica ALP.15.07.720 con staffa montata per polarizzazione verticale  
 ALP.15.07.720 Log-periodic antenna assembled with bracket for vertical polarization



**UHF**  
 RADIO & TV  
 LINKS

# AST.14.07.330

Antenna direttiva a 14 elementi sintonizzata con riflettore, dipolo e 12 direttori - Irradiazione direzionale - Adatta per trasferimenti in banda UHF - Connettore N femmina - Viene realizzata su tutte le frequenze da 470 a 860 MHz  
 Directional 14 elements tuned antenna with reflector, dipole and 12 directors - Directional radiation pattern - Suitable for links in UHF band - N female connector - Manufactured on any frequency between 470 and 860 MHz

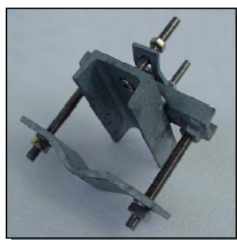
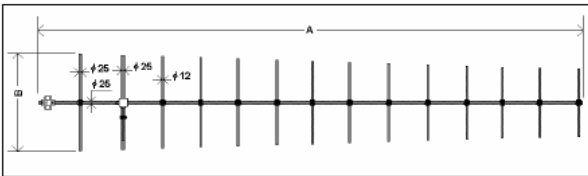


Antenna con dipolo a Gamma-match  
 Gamma-match type dipole antenna

| CARATTERISTICHE  | FEATURES   |
|--|--|
| <b>Guadagno medio:</b> 14 dBd (16.2 dBi)   | <b>Average gain:</b> 14 dBd (16.2 dBi)   |
| <b>Ampiezza orizzontale:</b> circa 25° a -3 dB (Piano E)   | <b>Horizontal amplitude:</b> approx 25° at -3 dB (E Plane)   |
| <b>Ampiezza verticale:</b> circa 33° a -3 dB (Piano H)   | <b>Vertical amplitude:</b> approx 33° at -3 dB (H Plane)   |
| <b>Rapporto Onde Stazionarie:</b> ≤ 1.3:1  | <b>V.S.W.R.:</b> ≤ 1.3:1   |
| <b>Larghezza di banda:</b> circa 20 MHz  | <b>Bandwidth:</b> approx 20 MHz  |
| <b>Polarizzazione:</b> Orizzontale o verticale   | <b>Polarization:</b> Horizontal or vertical  |
| <b>Impedenza:</b> 50 ohm   | <b>Impedance:</b> 50 ohm   |
| <b>Connettore:</b> N femmina   | <b>Connector:</b> N female   |
| <b>Potenza massima:</b> 200 W  | <b>Max power:</b> 200 W  |
| <b>Dimensioni:</b> A seconda della frequenza di lavoro   | <b>Dimensions:</b> According to the working frequency  |
| <b>Peso:</b> A seconda della frequenza di lavoro (media 4 Kg)  | <b>Weight:</b> According to the working frequency (ave. 4 Kg)  |
| <b>Resistenza al vento (160 Km/h):</b> A seconda della frequenza di lavoro (media 9 Kg)  | <b>Wind load (160 Km/h):</b> According to the working frequency (average 9 Kg)   |
| <b>Montaggio:</b> Staffa di fissaggio per pali da $\phi$ 50 a $\phi$ 104 mm  | <b>Mounting:</b> With brackets for poles $\phi$ 50 to $\phi$ 104 mm  |
| <b>Materiali:</b> Tubolari in acciaio inox - Bulloneria in acciaio inox - Staffa in acciaio zincato - Testa del dipolo in alluminio trattato - Giunti porta-elemento in fusione di alluminio trattato - Isolatori in teflon - O-Ring al silicone | <b>Materials:</b> St. steel pipes - St. steel bolts - Mounting bracket in galvanized steel - Dipole's head in treated aluminum - Joints for elements in treated aluminum casting - Teflon insulators - Silicon O-Rings |
| <b>Trattamenti:</b> Testa del dipolo e giunti porta-elemento trattati a norme militari (MIL-C-5541) - Staffa zincata a caldo   | <b>Treatments:</b> Military norms treated dipole's head and joints for elements (MIL-C-5541) - Hot galvanized bracket  |

| FREQ | A mm | B mm | R vento Kg<br>Wind Load |
|------|------|------|-------------------------|
| 450  | 1970 | 321  | 10                      |
| 550  | 1668 | 263  | 9,5                     |
| 650  | 1460 | 222  | 9                       |
| 750  | 1304 | 193  | 8,5                     |
| 860  | 1164 | 168  | 8                       |

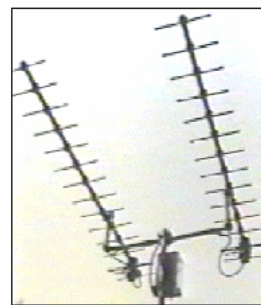
Dimensioni d'ingombro  
Overall dimensions



Staffe di fissaggio per pali da 50 a 104 mm  
Mounting brackets for poles 50 to 104 mm



Particolari del dipolo e degli elementi.  
Particular of dipole and elements.



Esempio di sistema composto da 2 antenne accoppiate per ottenere un'alta direttività.  
Example of antenna system composed of 2 coupled antennas to obtain high directivity.



Isolatore in teflon  
Teflon insulator  
Testa in alluminio trattato  
Head in treated aluminum  
Coperchio di protezione  
Protection cap  
Connettore N femmina  
N female connector  
O-Rings al silicone  
Silicon O-Rings

Particolare della testa del dipolo  
Dipole's head particular



**UHF**  
TV  
BROADCASTING

# ATU.08.07.420

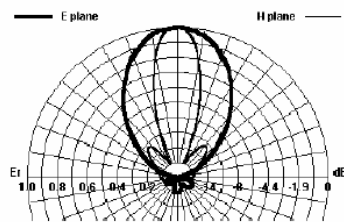


Vista posteriore  
Rear view.

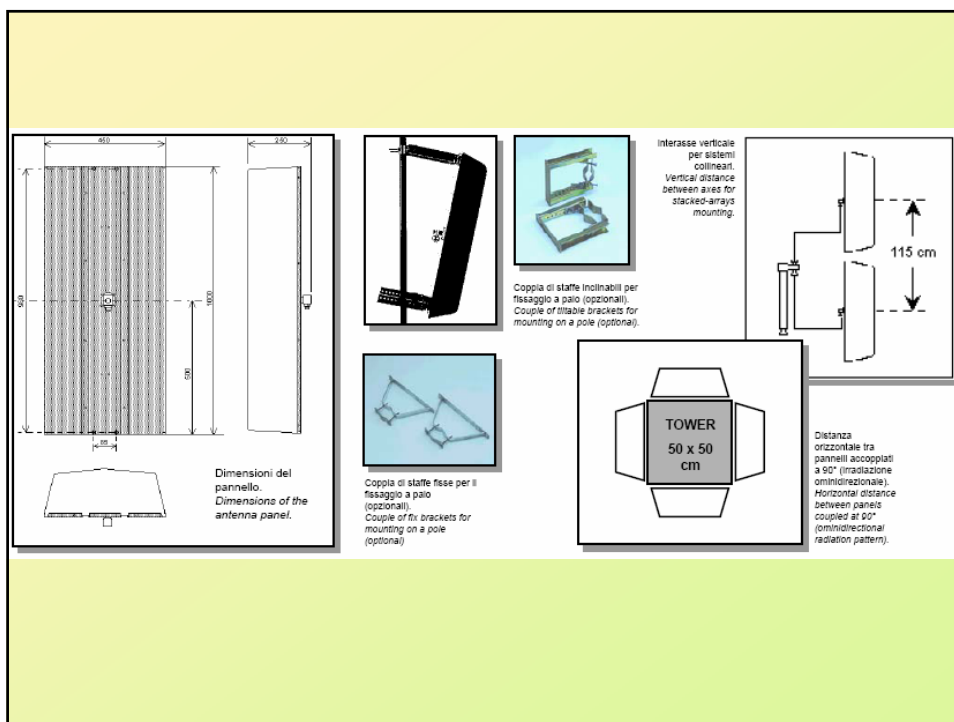


Antenna a 4 dipoli in onda intera con pannello riflettente e radome di protezione - Adatta per sistemi collineari UHF direttivi, semi-direttivi o omnidirezionali  
- Connettore 7/16 femmina (N femmina o 7/8" EIA su richiesta) - Sistema di ancoraggio standard

*4 full wave dipoles antenna with panel reflector and protection radome - Suitable for directional, semi-directional or omnidirectional UHF stacked-array systems - 7/16 female input connector (N female or EIA 7/8" upon request) - Standard mounting system*



| CARATTERISTICHE  | FEATURES   |
|--|--|
| <b>Guadagno medio:</b> 11 dBd (13.2 dBi)   | <b>Average gain:</b> 11 dBd (13.2 dBi)   |
| <b>Ampiezza orizzontale:</b> 60° a -3 dB (Piano E)   | <b>Horizontal amplitude:</b> 60° at -3 dB (E Plane)  |
| <b>Ampiezza verticale:</b> 25° a -3 dB (Piano H)   | <b>Vertical amplitude:</b> 25° at -3 dB (H Plane)  |
| <b>Rapporto Onde Stazionarie:</b> ≤ 1.13:1   | <b>V.S.W.R.:</b> ≤ 1.13:1  |
| <b>Larghezza di banda:</b> 470 - 860 MHz   | <b>Bandwidth:</b> 470 - 860 MHz  |
| <b>Polarizzazione:</b> Orizzontale   | <b>Polarization:</b> Horizontal  |
| <b>Impedenza:</b> 50 ohm   | <b>Impedance:</b> 50 ohm   |
| <b>Connettore:</b> 7/16 femmina (N femm. o 7/8" EIA a rich.)   | <b>Connector:</b> 7/16 female (N fem. or EIA 7/8" upon request)  |
| <b>Potenza massima:</b> 1000 W (2500 W con flangia 7/8")   | <b>Max power:</b> 1000 W (2500 W with 7/8" flange)   |
| <b>Dimensioni:</b> 450 x 1000 x 250 mm   | <b>Dimensions:</b> 450 x 1000 x 250 mm   |
| <b>Imballaggio:</b> 530 x 1050 x 370 mm (17 Kg lordi)  | <b>Packing:</b> 530 x 1050 x 370 mm (17 Kg gross weight)   |
| <b>Peso:</b> 14 Kg netti   | <b>Weight:</b> 14 Kg net   |
| <b>Resistenza al vento (160 Km/h):</b> 89 Kg   | <b>Wind load (160 Km/h):</b> 89 Kg   |
| <b>Protezione da ghiaccio:</b> Radome in vetroresina (bianco)  | <b>Icing protection:</b> Fiberglass radome (white)   |
| <b>Protezione da scariche:</b> Dipoli a massa  | <b>Lightning protection:</b> DC grounded dipoles   |
| <b>Montaggio:</b> 4 fori M8 con interassi 980 x 85 mm, oppure con staffe per palo inclinabili o fisse (opzionali)  | <b>Mounting:</b> 4 holes threaded M8 at 980 x 85 mm spacing, or through tiltable or fix mounting brackets for poles (optionals)  |
| <b>Materiali:</b> Radome in vetroresina - Pannello e bulloneria in acciaio inox - Linee e dipoli in ottone e rame argentati - Isolatori in teflon - O-Ring al silicone | <b>Materials:</b> Fiberglass radome - Panel reflector and bolts in st. steel - Lines and dipoles in silver-plated copper and brass - Teflon insulators - Silicon O-Rings |
| <b>Trattamenti:</b> Argentatura  | <b>Treatments:</b> Silver-plating  |



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

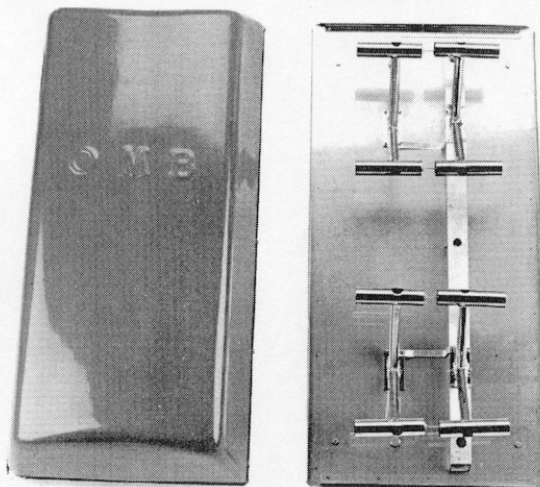
**RANGO DE FRECUENCIA** 470-890 MHz  
**IMPEDANCIA** 50 Ω  
**POTENCIA MÁXIMA** 2000 W  
**GANANCIA** 13 dBi  
**POLARIZACIÓN** Horizontal  
**CONECTOR DE ENTRADA** DIN 7/16" Hembra  
**VELOCIDAD DEL VIENTO MÁX.** 160,9 Km/h.  
**PESO** 15,87 Kg.  
**MONTAJE** Tubos de 1 a 3 pulgadas  
**MATERIAL** Acero inoxidable y poliéster  
**R.O.E. TÍPICO** 1,10:1 (<-26 dB return loss)  
**DIMENSIONES** 96,52 x 48,26 x 20,32 cm

**CONFIGURACIONES TÍPICAS**

| MODELO    | Nº ANTENAS | GAN. dB | POT. MÁX W. | CONECTOR         |
|-----------|------------|---------|-------------|------------------|
| PD 2000   | 1          | 13      | 2000        | DIN 7/16" Hembra |
| PD 2000-2 | 2          | 15,9    | 2000        | DIN 7/16" Hembra |
| PD 2000-3 | 3          | 18,7    | 2000        | DIN 7/16" Hembra |
| PD 2000-4 | 4          | 20,5    | 2000        | DIN 7/16" Hembra |

**PANEL DE TELEVISION UHF / BANDA ANCHA  
PD - 2000**

470 ÷ 870 MHz / 2 Kw



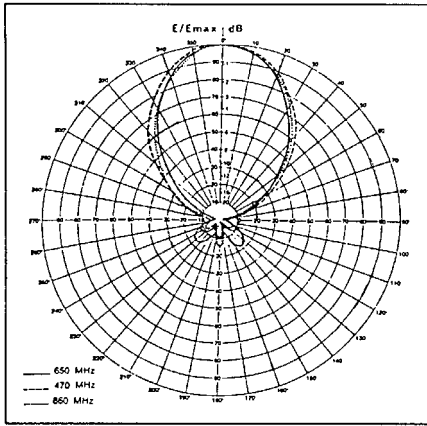


DIAGRAMA DE RADIACION EN ACIMUT

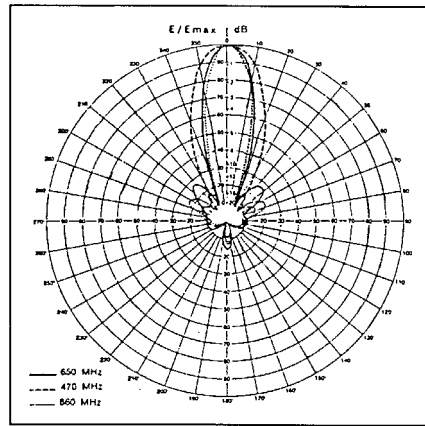


DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL

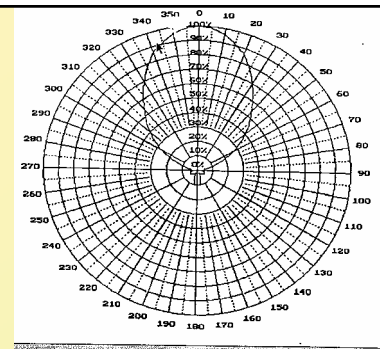
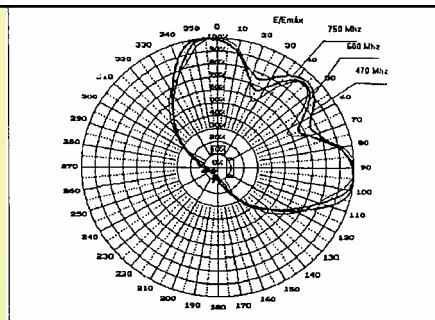
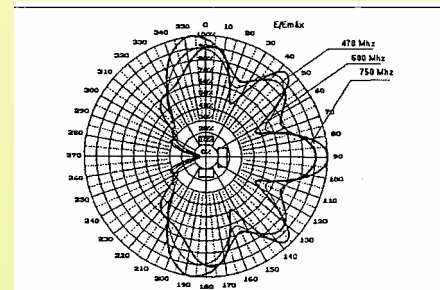


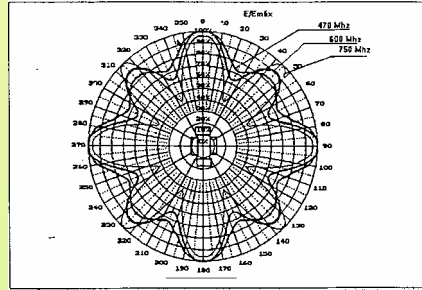
DIAGRAMA DE RADIACION AZIMUT-PLANO E



CAMPO E/ 2 PANELES A 0/90° (180° APERTURA)



CAMPO E/ 3 PANELES A 0/90/180° (270° APERTURA)



CAMPO E/ 4 PANELES A 0/90/180/270° (360° APERTURA)

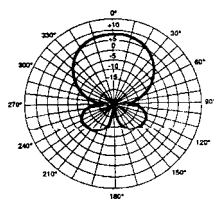
**ESPECIFICACIONES PANEL TV BANDA I**

|                           |                               |          |
|---------------------------|-------------------------------|----------|
| Margen de frecuencias     | 50 - 87                       | MHz      |
| Impedancia                | 50                            | $\Omega$ |
| V.S.W.R                   | 1,3:1 o mejor                 |          |
| Ganancia                  | 7,5                           | dB       |
| Potencia máxima           | 5                             | Kw.      |
| Peso                      | 65                            | Kg.      |
| Conector de entrada       | EIA 7/8                       |          |
| Reflector                 | 3710 x 2600                   | mm       |
| Material                  | Acero galvanizado en caliente |          |
| Angulo de ganancia máximo | 70° horizontal - 57° vertical |          |

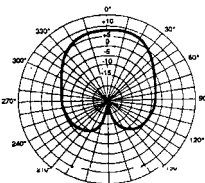
**ESPECIFICACIONES PANEL TV BANDA III**

|                           |                               |          |
|---------------------------|-------------------------------|----------|
| Margen de frecuencias     | 174-215                       | MHz      |
| Impedancia                | 50                            | $\Omega$ |
| V.S.W.R                   | 1,4:1 o mejor                 |          |
| Ganancia                  | 7,5                           | dB       |
| Potencia máxima           | 1000                          | W        |
| Peso                      | 32                            | Kg.      |
| Conector de entrada       | EIA 7/16                      |          |
| Reflector                 | 1270 x 840                    | mm       |
| Material                  | Acero galvanizado en caliente |          |
| Angulo de ganancia máximo | 70° horizontal - 57° vertical |          |

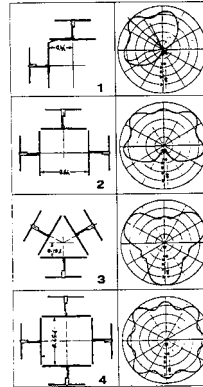
Patrón de radiación



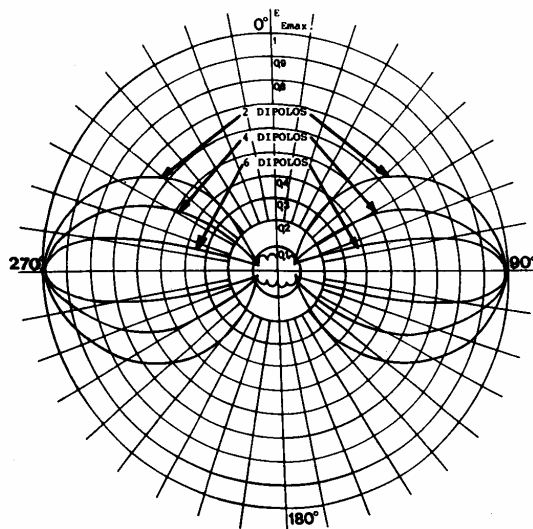
Lóbulo de radiación típico

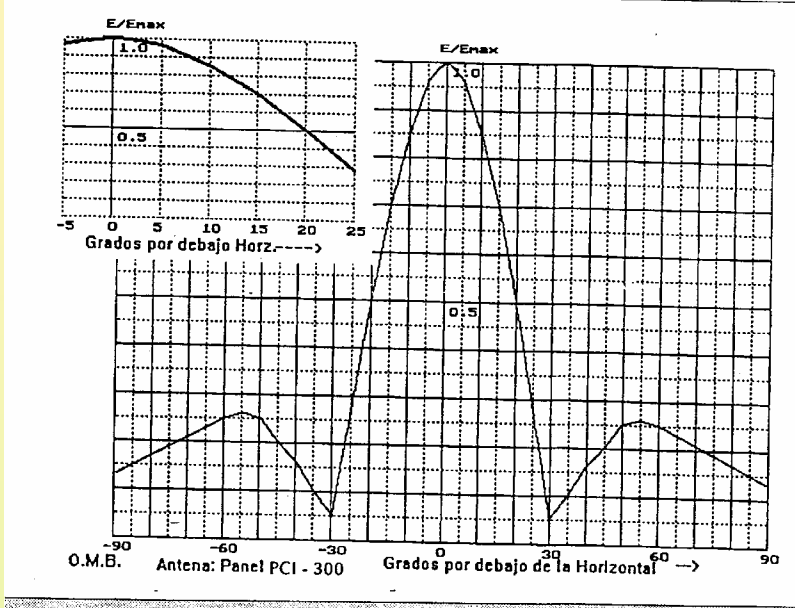


**MONTAJE TÍPICO PARA PANELES DE BANDA I, III**



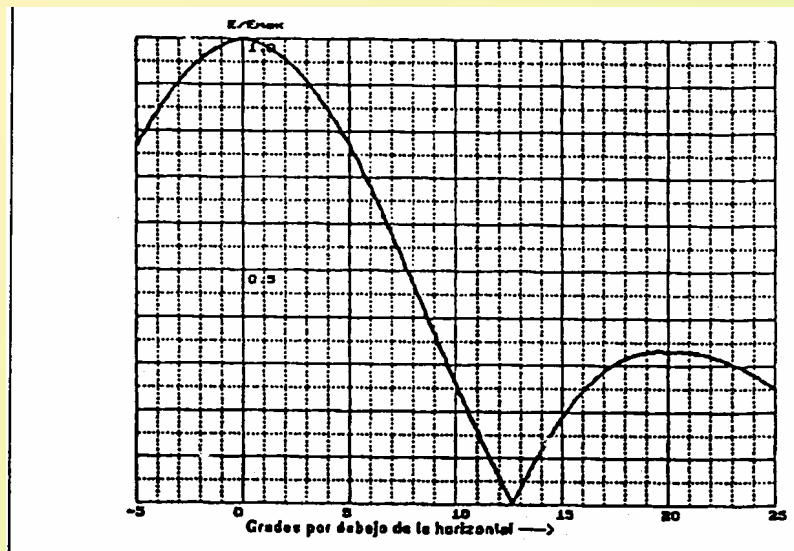
**DIAGRAMAS DE POLARIZACION VERTICAL DE SISTEMAS RADIANTES COMPUESTOS DE 2, 4 Y 6 DIPOLOS.**



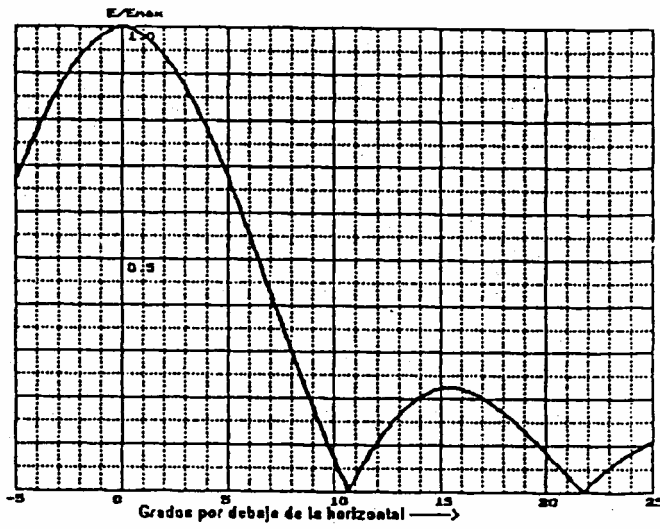


34

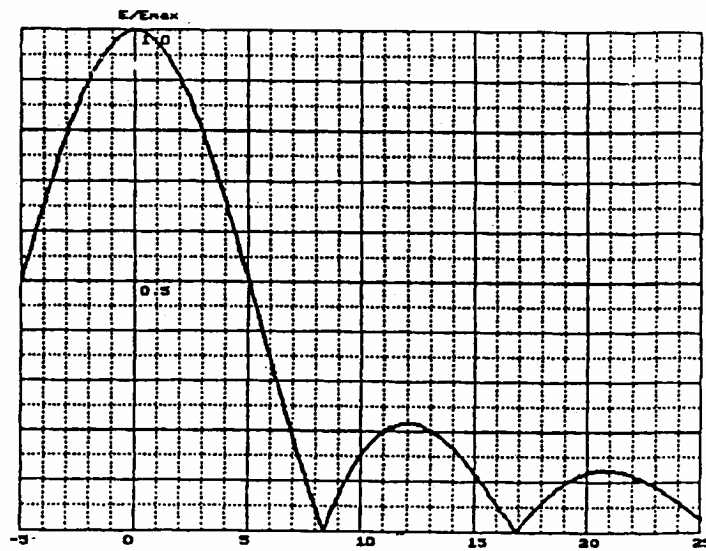
CAMPO/INCLINACION PARA 1 PANEL



VARIACION DE CAMPO CON LA INCLINACION PARA 2 PANELES



VARIACION DE CAMPO CON LA INCLINACION PARA 3 PANELES



VARIACION DE CAMPO CON LA INCLINACION PARA 4 PANELES