

A3.1.

Principio de funcionamiento.
Características de las antenas.



UD3

Sistemas de captación
de radio y TV terrestre

Índice

1. Estructura de las instalaciones de recepción de TV terrestre	2
2. Sistema captador de la señal	3
3. Principio de funcionamiento	3
4. Dipolos	5
5. Diagrama de radiación	6
6. Frecuencia de resonancia.	11
7. Características de una antena.....	12
Directividad.....	12
Ganancia	13
Ancho de haz	14
Relación delante-atrás (D/A)	14
Curva de respuesta en frecuencia	15
Impedancia	15
Polarización de la antena.....	16
Carga al viento	16
Ruido generado por una antena.....	16

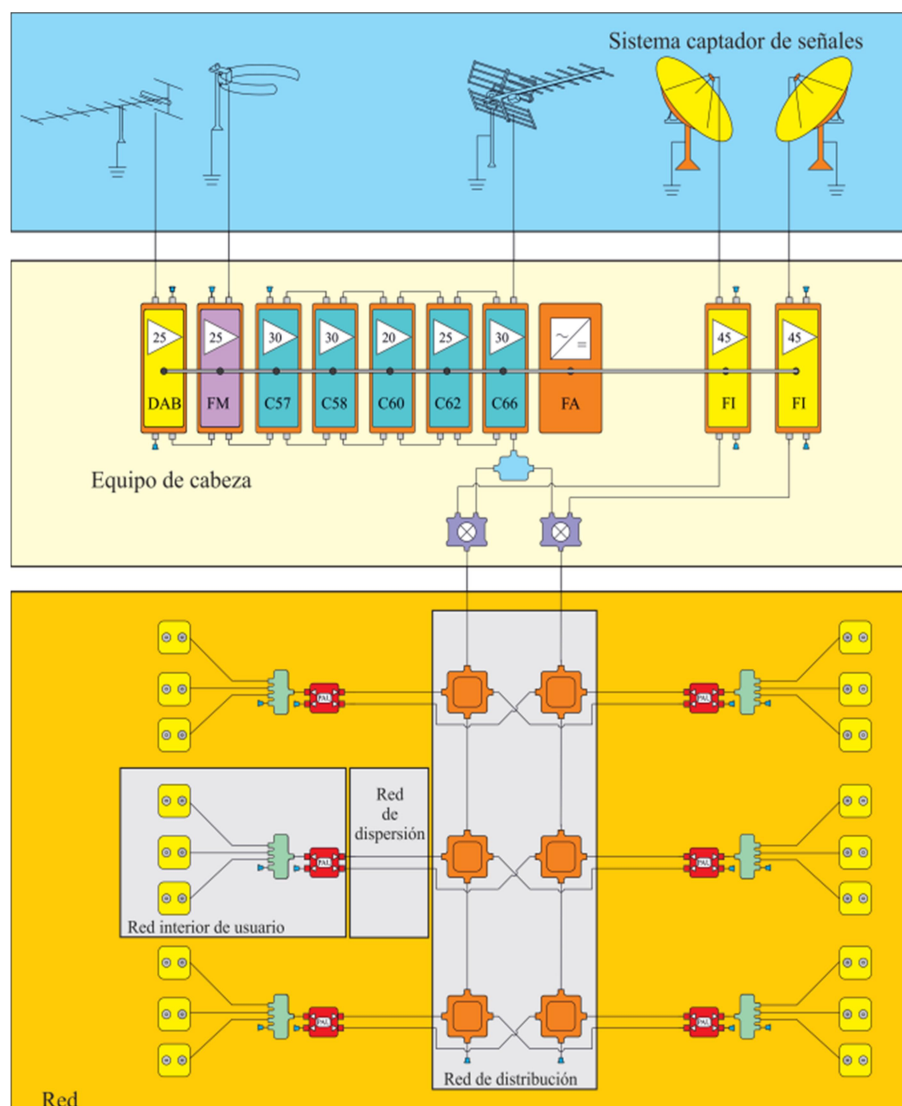
1. Estructura de las instalaciones de recepción de TV terrestre

Un sistema de recepción de la señal de televisión es un conjunto de elementos que tienen como objetivo la recepción de la señal de televisión y su distribución a los diferentes usuarios de la instalación en unas condiciones óptimas.

En el anexo I del RD 346/2011 desarrolla la norma técnica de infraestructura común de telecomunicaciones para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y televisión, procedentes de emisiones terrestres y de satélite.

En general las partes que constituyen una instalación de distribución de la señal de televisión de una instalación para la recepción y distribución de la señal de televisión que cumple con la normativa ICT es la siguiente:

- Sistema captador de señal
- Sistema de tratamiento de la señal (equipo de cabecera)
- Red de distribución



2. Sistema captador de la señal

El sistema captador es el conjunto de elementos y dispositivos encargados de recibir las señales de radio y televisión procedentes de los emisores y reemisores terrestres y de satélite.

La ubicación de estos equipos se encuentra generalmente en el exterior del inmueble, en el tejado o azotea del edificio.

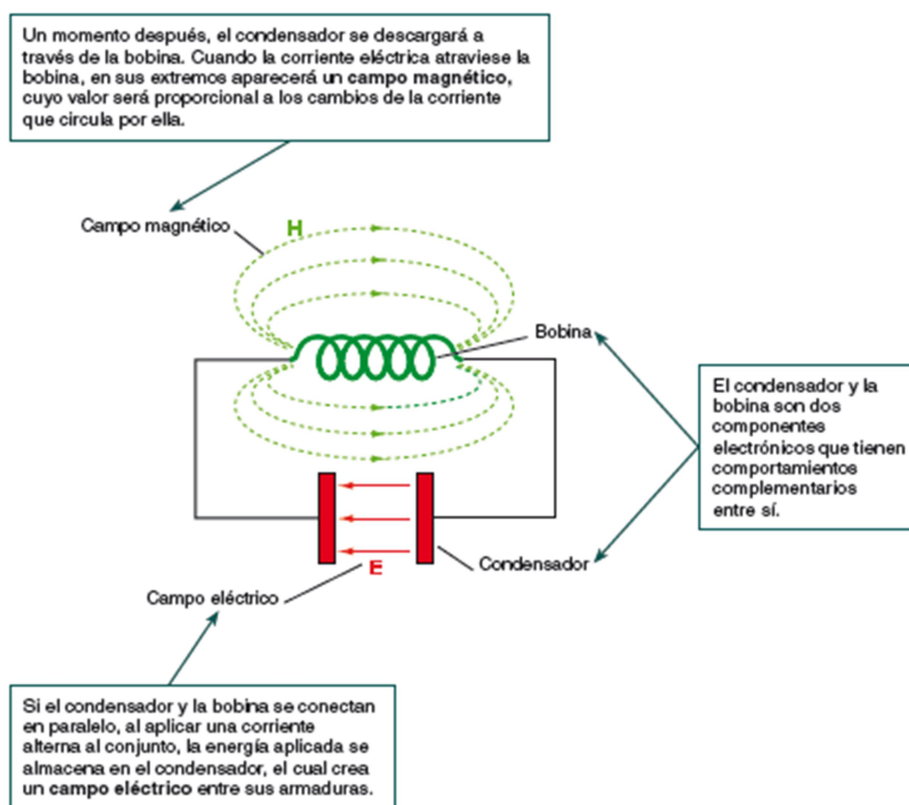
Se compone de **antenas**, mástiles, torretas, elementos de sujeción y todos los elementos activos o pasivos (preamplificadores, repartidores, etc.) encargados de adecuar las señales para entregarlas al equipo de cabecera.

Las instalaciones colectivas de TV en edificios de nueva construcción en la actualidad se rigen por la normativa ICT en ellas se debe distribuir de manera obligatoria los servicios de radiodifusión sonora analógica (FM) y digital (DAB) y de TV terrestre digital, siendo opcional, aunque recomendable, la distribución del servicio de radiodifusión satélite.

3. Principio de funcionamiento

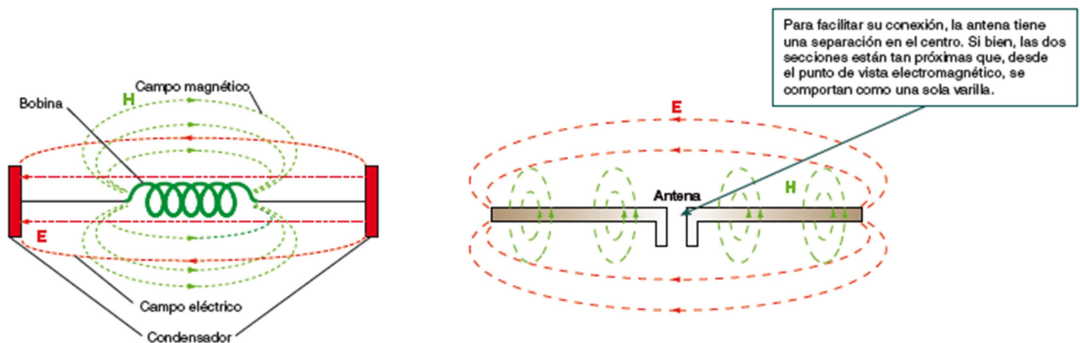
La antena receptora se emplea para recibir las ondas electromagnéticas. La antena es un elemento transductor encargado de convertir la señal electromagnética recibida en la señal eléctrica que será distribuida por toda la instalación.

El principio de funcionamiento se basa en la asociación en paralelo de un condensador y una bobina, llamado **circuito resonante** o tanque. Ya que para crear un campo eléctrico basta aplicar un voltaje entre dos placas metálicas enfrentadas entre sí separadas por un material aislante. Por otra parte, cualquier conductor atravesado por una corriente eléctrica que varía en el tiempo crea un campo magnético a su alrededor.

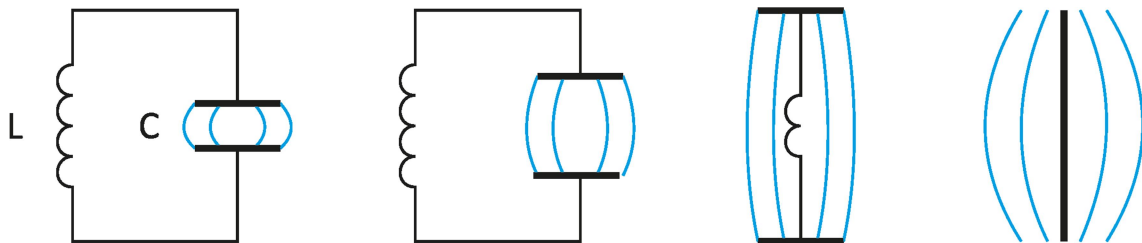


A3.1. Principio de funcionamiento. Características de las antenas.

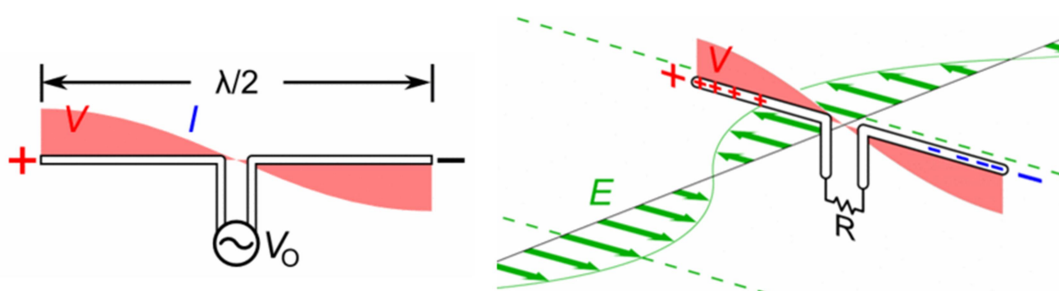
Los campos eléctrico y magnético transportan la señal en el medio de propagación, por lo que es necesario garantizar su máxima transferencia hacia el exterior. Para que el campo eléctrico entre en contacto con el medio de propagación y se difunda por él, se separan las armaduras del condensador, alineándolas con la bobina



De esta forma, recorrerá un espacio mucho mayor para llegar desde una placa del condensador hasta la otra. Al tener una mayor exposición al aire, una parte del campo eléctrico será emitida al exterior. También a su vez se estira la bobina quedando lo que se denomina antena **dipolo** o dipolo de media onda.



De esta manera un dipolo cuando transmite transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas al espacio. Cuando es un dipolo receptor transforma esas mismas ondas electromagnéticas en energía eléctrica.



En la imagen se tiene una antena dipolo de media onda que recibe una señal de radio. Esta antena está compuesta por dos varillas metálicas (dipolos) de longitud igual a la cuarta parte de la longitud de onda. Juntando los dos dipolos, suma la mitad de la longitud de onda de la señal.

Los dipolos se conectan al receptor cuya impedancia se representa por la letra R. Esa R debe ser igual a la impedancia característica de la antena para que la potencia recibida y entregada sea óptima.

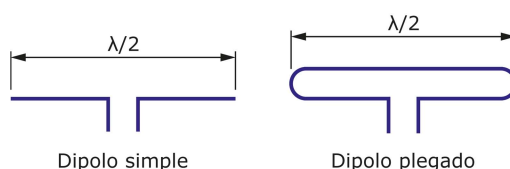
En la representación se muestra el campo eléctrico (en verde) en polarización horizontal. La oscilación del campo eléctrico provoca que los electrones que están en la barra metálica se muevan a derecha e izquierda (según el campo), provocando mayor o menor concentración de ellos a lo largo de la barra.

Esto provoca un cambio de potencial en los dipolos opuestos y, por tanto, se establece una corriente por el receptor con la misma frecuencia con la que varía el campo E.

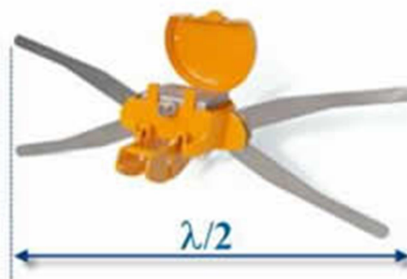
4. Dipolos

La antena más básica es el **dipolo simple o dipolo de Hertz**, con una impedancia de 75Ω , formado por un tubo metálico, con una longitud (L) igual a media longitud de onda ($\lambda/2$) del campo del canal que se requiere captar.

Una variante de este dipolo es el **dipolo plegado** o doblado, de 300Ω , donde se unen dos dipolos simples, conectados en paralelo por sus extremos, abiertos en la zona inferior. Dicha variante, posee un ancho de banda más elevado, además, es más robusto y soporta mejor la fuerza del viento



Este dipolo es el que se venía utilizando generalmente, hasta la aparición del **dipolo triangular** o invertido, cuyos brazos han sido doblados el mismo ángulo respecto del plano de simetría. Tiene la forma de una V invertida.



- **Dipolo activo con MRD.**

Los dipolos activos fabricados por Televes, denominado MRD (Margin Rising Device) son un dispositivo pensado para la televisión digital, pero considerando también que tiene que compartir señales analógicas.

Tiene un diseño en forma de “U” semiplegado que evita el ruido impulsivo, ruido muy perjudicial para las señales digitales. Además se consigue un mejor rendimiento y también se puede compensar las pérdidas por la presencia de la caja metálica de conexión.



Pero la característica fundamental de este dispositivo es que, en función de la alimentación, que se comporta como un adaptador de impedancias cuando no se alimenta, y como un amplificador de baja figura de ruido cuando está alimentado.

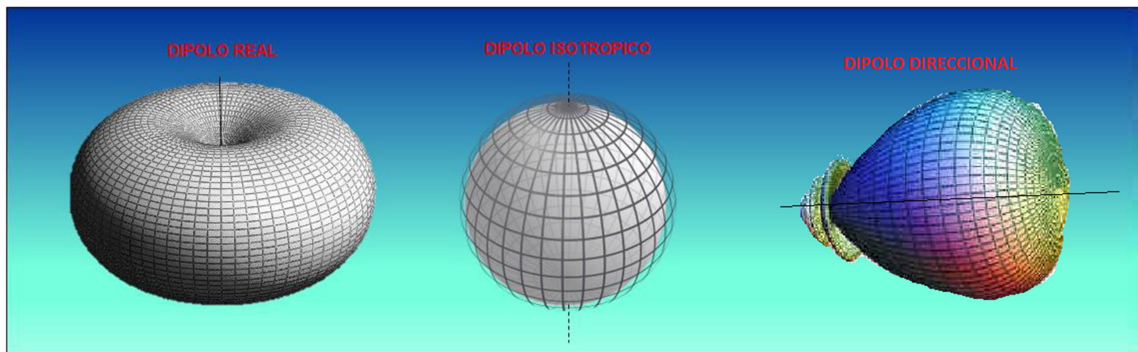
Este dispositivo blindado evita el ruido impulsivo y se puede instalar independientemente de los niveles en antena.

Una adaptación más moderna de este dipolo es el dipolo activo BossTech, diseñado para la recepción de la TDT-HD, con un dipolo abierto-cerrado patentado por Televis.

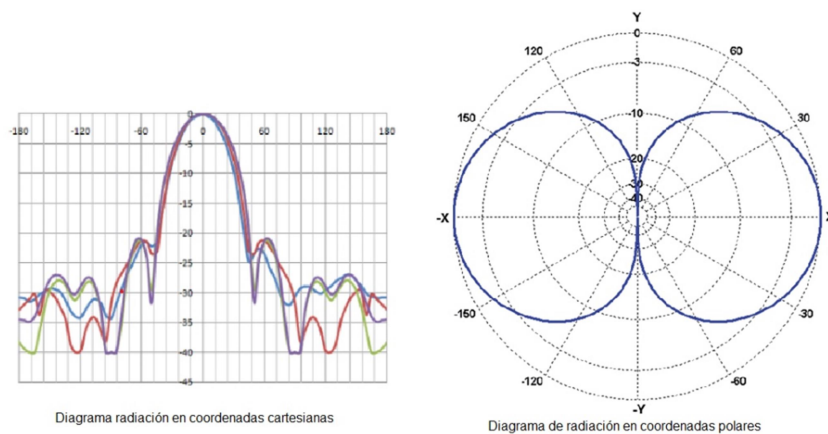


5. Diagrama de radiación

El diagrama de radiación o diagrama de radiación relativa puede definirse como la representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena o dipolo en función de las distintas direcciones del espacio a una distancia fija.



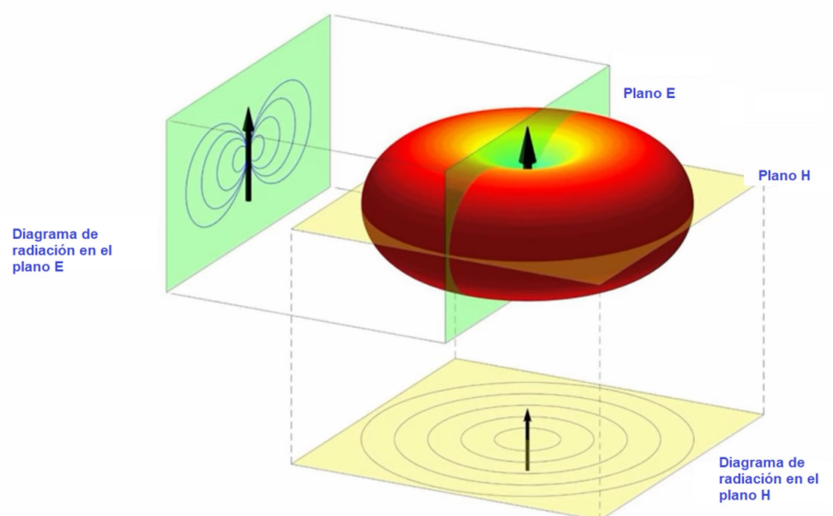
La representación tridimensional en coordenadas esféricas del patrón de radiación de una antena es frecuentemente simplificada mediante la representación de un corte extraído del mismo para un ángulo constante, que reciben el nombre de **planos principales**, pudiendo emplearse para ello diagramas de representación en coordenadas cartesianas o polares.



En el caso de los diagramas polares la magnitud del campo eléctrico se suele expresar normalmente en decibelios. Empleando una representación con el máximo a uno (escala relativa) el diagrama de radiación presentará un máximo en 0 dB. Y el resto de ángulos tendrán un valor negativo de decibelios.

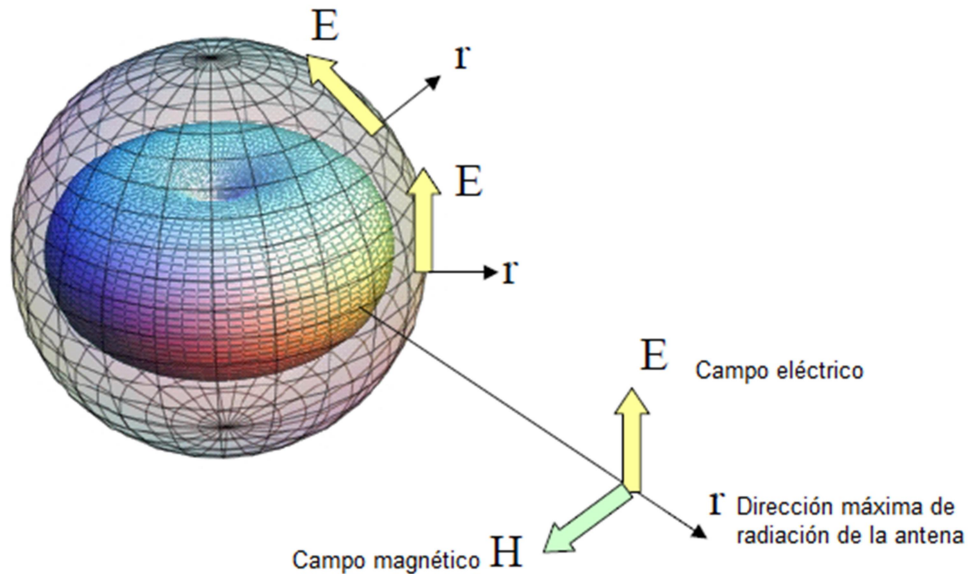
En las antenas que están linealmente polarizadas, es decir, aquellas donde la orientación del campo eléctrico se mantiene constante con la propagación de la onda, se pueden definir los planos E y H como:

- **Plano E.** Es aquel que forma la dirección de máxima radiación y el campo eléctrico.
- **Plano H.** Es el formado por la dirección de máxima radiación y el campo magnético.

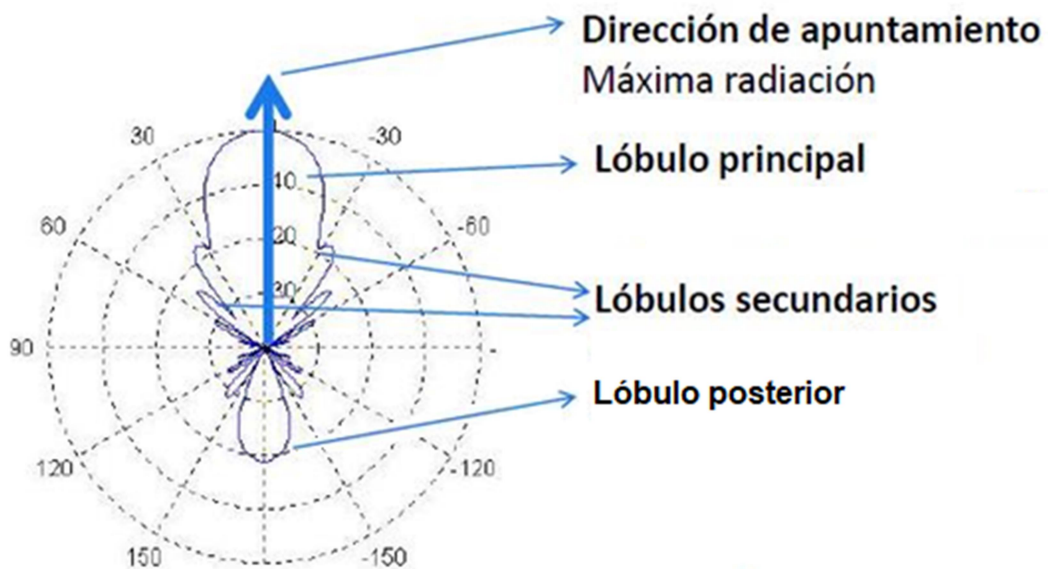


A3.1. Principio de funcionamiento. Características de las antenas.

Dado que los campos eléctrico y magnético de las ondas electromagnéticas son perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación, por tanto los planos E y H también lo son, siendo su intersección la dirección de máxima radiación de la antenna.



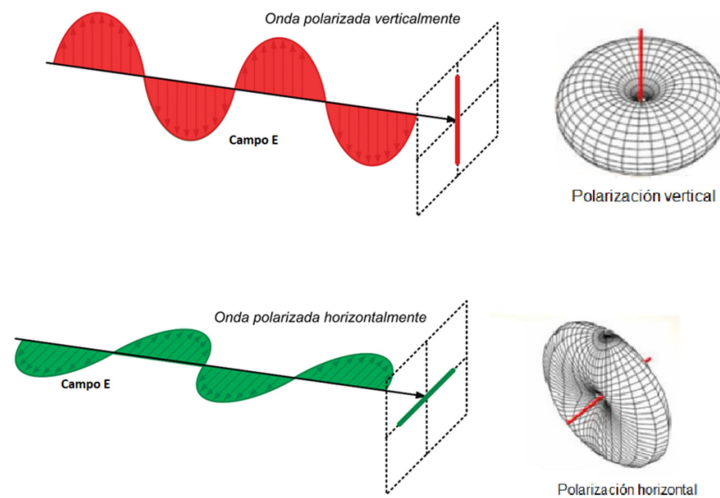
Para antenas con diferentes zonas de radiación (directivas) se define dentro del diagrama de radiación **los lóbulos**, porciones limitadas por regiones de menor radiación o nulos.



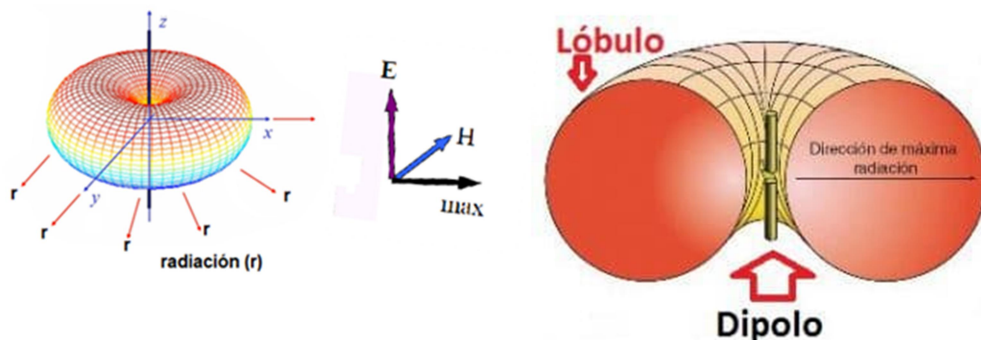
- **Lóbulo principal.** Se define como aquella zona en la que la radiación es máxima.
- **Lóbulos laterales.** Son zonas de menor radiación que, a menudo, rodean al lóbulo principal.
- **Lóbulo secundario** lo constituye un lóbulo lateral de mayor amplitud.
- **Lóbulo posterior.** Es el lóbulo que forma 180 grados respecto al lóbulo principal.

- Diagrama de radiación de un dipolo simple

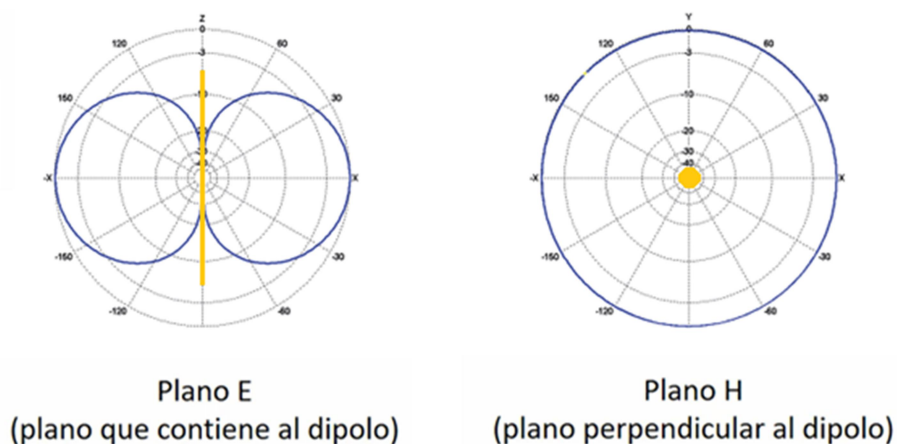
El patrón de radiación de un dipolo de media onda en espacio libre, este dependerá de la colocación vertical u horizontal (polaridad) respecto de la superficie terrestre.



En la **polaridad vertical**, el dipolo se dispone verticalmente a la superficie de la Tierra, la radiación es máxima en un plano paralelo con la superficie de la Tierra (ejes X-Y) y radia con el mismo patrón en todas las direcciones perpendiculares a la antena. Siendo el plano E y el plano H perpendicular a esta dirección de radiación.

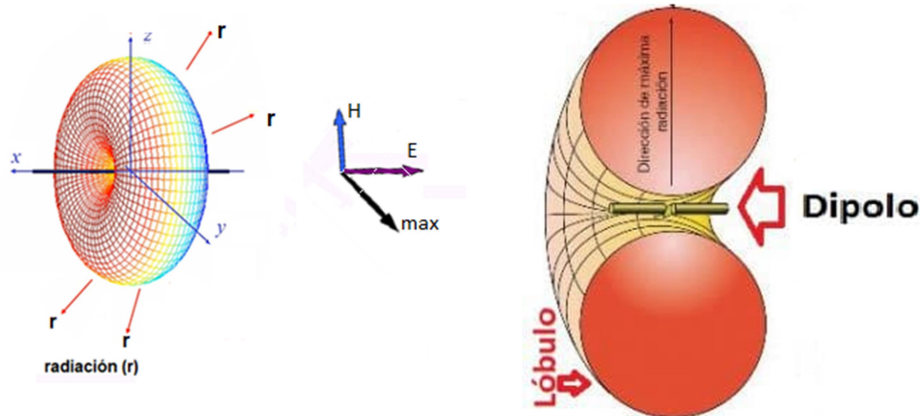


El diagrama de radiación, con polaridad vertical, en el plano E (campo eléctrico) es bidireccional (ejes X-Z) y en el plano H (campo magnético) ejes X-Y el diagrama es omnidireccional.

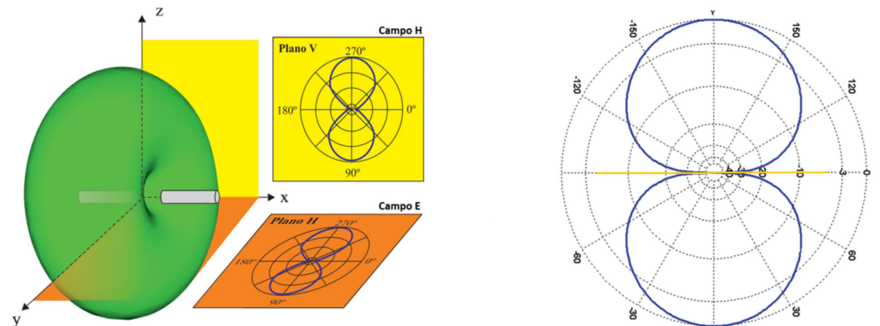


A3.1. Principio de funcionamiento. Características de las antenas.

En la **polaridad horizontal**, el dipolo se dispone horizontalmente a la superficie de la Tierra, la radiación es máxima en un plano paralelo con la superficie de la Tierra (ejes X-Y) y radia con el mismo patrón en todas las direcciones perpendiculares a la antena. Siendo el plano E y el plano H perpendicular a esta dirección de radiación.

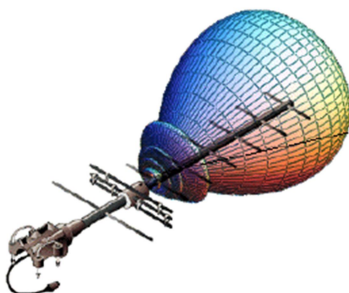


El diagrama de radiación, con polaridad horizontal, tanto en el plano E (campo eléctrico) ejes X-Y, como en el plano H (campo magnético) ejes X-Z es bidireccional.



Un dipolo instalado horizontalmente presenta una radiación hacia delante y atrás, mientras que atenúa las señales de los laterales (extremos de los hilos).

- **Diagrama de radiación de un dipolo direccional**



El patrón de radiación de un dipolo se puede modificar mediante la colocación adecuadamente de varias varillas metálicas dispuestas en paralelo. Estos elementos pueden hacer incrementar la potencia irradiada en una determinada zona.

Estas varillas se denominan elementos pasivos en contraposición del dipolo que será el elemento activo ya que está directamente conectado a la línea de transmisión y recibe la fuente de señal.

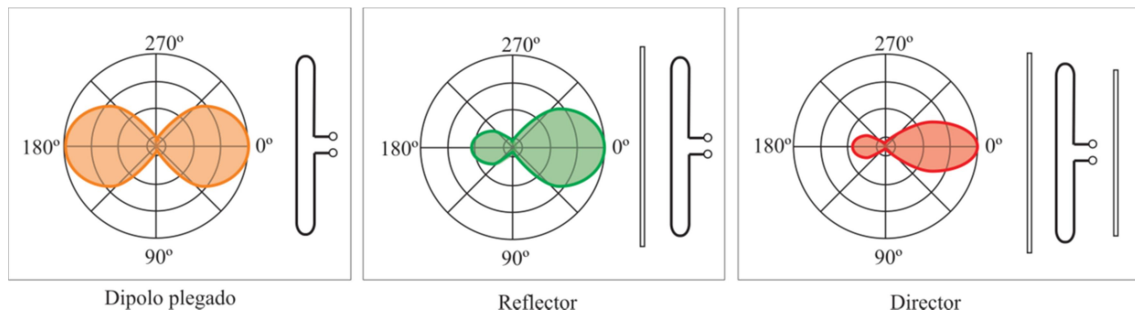
Los elementos pasivos producen también campos electromagnéticos por efecto de la inducción mutua con el elemento activo y por otros elementos pasivos. Esto producirá que los patrones de radiación individuales se vean afectados, produciéndose una distribución del patrón de radiación suma de los campos individuales y cambiando el diagrama bidireccional del dipolo simple.

A3.1. Principio de funcionamiento. Características de las antenas.

Los elementos parásitos se clasifican, a su vez, en dos tipos: **reflectores y directores**.

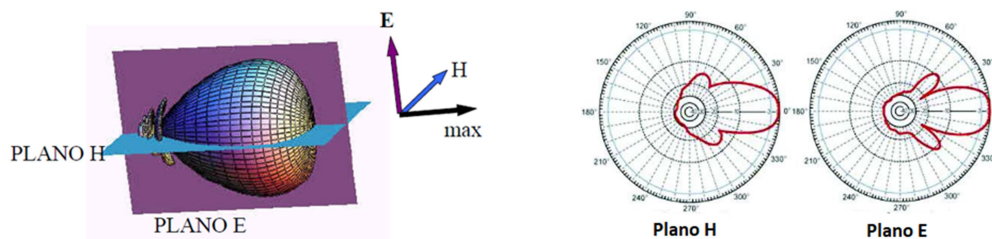
Los **reflectores** son más largos que el dipolo. Tiene el efecto de reducir la intensidad de la señal en su dirección y aumentarla en el sentido contrario, comportándose como un espejo cóncavo.

Los **directores** son más cortos que el dipolo. Su comportamiento es inverso al reflector, comportándose como un espejo convexo, es decir, aumentan la intensidad de señal en su dirección y la reducen en sentido contrario.

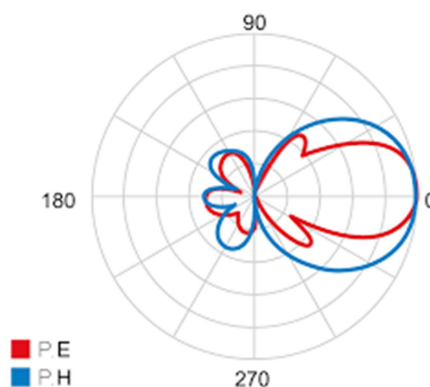


El agrupamiento de estos elementos, al combinarse, producirá un reforzamiento de la radiación en algunas direcciones y un empobrecimiento o cancelación en otras, consiguiendo así mayor direccionamiento y ganancia.

Al igual que con el dipolo simple se puede representar estos diagramas de radiación en forma polar y según los planos del campo eléctrico (plano E) o el campo magnético (plano H)



Las características del diagrama serán diferentes dependiendo de los elementos pasivos que contenga la antena. Los fabricantes suelen superponer ambos planos para el estudio de las características de una antena.



6. Frecuencia de resonancia.

El dipolo es un circuito resonante paralelo (aunque se haya modificado su forma), y por tanto, la cantidad de energía transferida estará relacionada con la frecuencia. Se denomina **frecuencia de resonancia** a la frecuencia para la que se anulan las componentes reactivas del dipolo, presentando únicamente componente resistiva.

La transformación de energía eléctrica en ondas electromagnéticas (o viceversa) es máxima a esta frecuencia, por lo que a esta frecuencia es a la que mejor se emite o recibe por la antena.

Esta frecuencia se obtiene con la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Con lo cual se establece que la frecuencia de emisión que debe captar una antena dipolo dependerá directamente de su longitud.

Por lo tanto una antena se puede construir simplemente con un hilo conductor que tenga la longitud adecuada para la frecuencia de la señal requerida para emitir o recibir, según la fórmula:

$$\lambda (m) = \frac{c (m/s)}{f_c (Hz)}$$

Donde:

c es la velocidad de la luz 300.000 m/s

f_c es la frecuencia de resonancia en Hz

λ es la longitud de onda en m

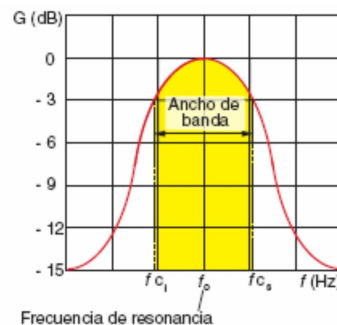
La longitud real de la antena será el 5% menos del que debería tener para compensar la influencia de los puntos aislantes de sujeción.

Así también, si la antena se desea que sea válida para un ancho de banda determinado, la frecuencia a la que hay que dimensionar el dipolo será la frecuencia central de estos, así de esta forma se tiene:

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

- Ancho de banda**

Se denomina **ancho de banda** al rango de frecuencias donde se especifica un funcionamiento óptimo de la antena. Un dipolo antena no reacciona únicamente a la frecuencia de resonancia, las frecuencias cercanas a ésta también son transferidas. Es por eso que se determina el margen de frecuencias que se considera válido en el funcionamiento de la antena. El límite es el 70% de las frecuencias radiadas. Las frecuencias válidas son aquellas cuyo nivel desciende con respecto al máximo menos de 3 dB.



7. Características de una antena

Una antena posee una serie de parámetros característicos que determinan su modo de trabajar. A partir del análisis de estas características se puede entender el funcionamiento de una antena determinada y por tanto, serán determinantes para su elección de forma adecuada para trabajar en condiciones óptimas de funcionamiento en una instalación concreta.

Todos los fabricantes indican en sus catálogos las características básicas de sus antenas. Estas características son:

- Directividad
- Ganancia
- Ancho de haz
- Relación delante/atrás
- Respuesta en frecuencia
- Impedancia
- Polarización
- Carga al viento
- Ruido

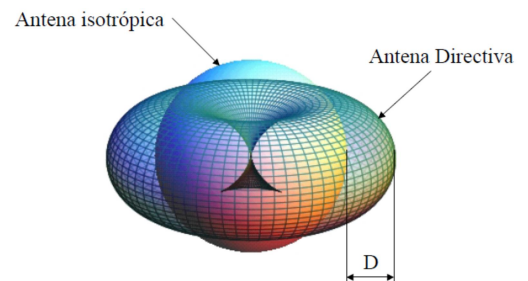
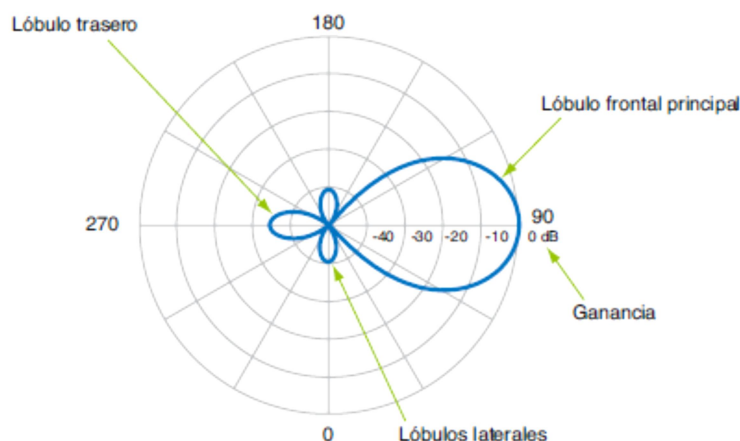
Directividad

Se define la directividad o ganancia directiva por la relación entre la densidad de potencia radiada o transmitida en la dirección de máxima radiación por una antena, 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. Viene expresado por:

$$D = \frac{P_{max}}{P_{iso}}$$

Por lo tanto, la directividad es la capacidad que tiene una antena de concentrar la potencia absorbida o radiada en la dirección de máxima ganancia. Así, una buena directividad reduce la captación de señales interferentes. El fabricante establece la ganancia para la dirección de máxima radiación.

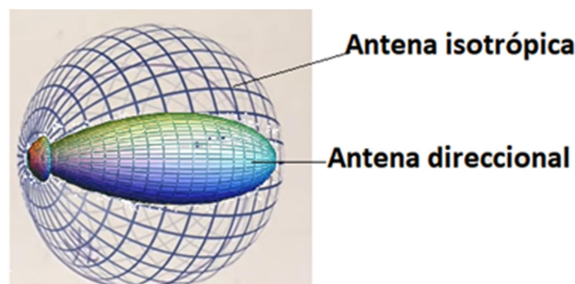
La directividad de una antena se representa midiendo la cantidad de señal recibida (emitida) en diferentes ángulos verticales y horizontales, trazando un diagrama polar con los resultados en cada plano.



Ganancia

Una antena no puede producir una señal radiada mayor de la que se aplica. Esto significa que, en realidad, una antena nunca puede tener una ganancia absoluta.

Sin embargo, si se modifica la antena para concentrar la potencia en una sola dirección, la señal emitida en este eje será superior comparada a la que se radia con una antena isotrópica (antena omnidireccional) o un dipolo simple (omnidireccional menos en el eje que lo contiene), por lo que aparentemente se observa una ganancia en dicha dirección.



Este concepto, llamado ganancia de potencia, se expresa por comparación respecto de una antena isotrópica o un dipolo y representa la cantidad de señal radiada o recibida desde la dirección en la que se produce el máximo rendimiento. Viene expresada en dB y se representa con la letra G.

Así, la expresión de cálculo de dicha ganancia será:

$$G = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

P1 = potencia antena a medir

P2 = potencia antena patrón (isotrópica o dipolo)

Este parámetro es muy importante, ya que la antena es el transformador de la densidad de potencia en el espacio a señal eléctrica en el cable coaxial.

Así si se tiene una antena con una ganancia de 12dB quiere decir que la antena entrega 12dB más a la salida de los que ha recibido, es decir, si a la antena llegan 60dBμV, en la salida tendremos 60 + 12 = 72 dBμV.

Hay que resaltar que cuando la ganancia se obtiene desde un dipolo como antena de referencia, esta se expresa en dB o dBd. Cuando la ganancia se obtiene desde una antena isotrópica (omnidireccional) esta se expresa en dBi. La diferencia entre las dos es:

$$\text{dB} = \text{dBi} - 2,14.$$

Si se indican la ganancia en dBi, se deberá pasar primero a dB. Por ejemplo, una antena de 6dBi realmente con respecto a un dipolo tiene una ganancia de 3,86 dB.

Algunos fabricantes emplean dBi porque es más una ganancia más elevada.

Ganancia	dBi	13
----------	-----	----

La ganancia de una antena disminuye a medida cuando se aleja de su frecuencia de resonancia, así como si se mide en ángulos diferentes al de la máxima radiación.

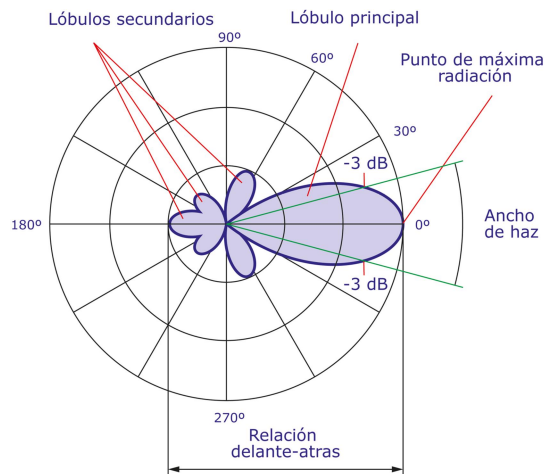
En conclusión una antena que sea muy directiva tendrá una gran ganancia en potencia y viceversa, una antena con mucha ganancia será muy directiva.

Ancho de haz

La ganancia de una antena disminuye a medida que nos alejamos de la frecuencia de resonancia, así como si se mide en ángulos diferentes al de máxima radiación.

Por ello, se puede establecer una anchura aceptable en el haz captado por una antena directiva (unidireccional). Para ello, se restan 3 dB del nivel máximo del lóbulo principal, con lo que se obtiene un margen de ángulos en los que la ganancia de la antena será aceptada como válida.

Este parámetro determina la apertura de haz de la antena. Cuanto mayor es la directividad de la antena, más pequeña es la apertura de haz de la misma.



Relación delante-atrás (D/A)

En las antenas directivas, al tiempo que se “estira” el lóbulo principal, obteniendo una ganancia en una dirección, se reduce la capacidad de captar señales llegadas desde otras direcciones.

Por ello la relación delante-atrás es la relación en dB entre la ganancia máxima radiada en un sentido (lóbulo principal) y la ganancia máxima radiada en sentido contrario, lóbulos comprendidos entre 90° y 270°, respecto a ella. Normalmente, los fabricantes proporcionan el dato respecto al punto opuesto al lóbulo principal.

Este parámetro ayuda a valorar el rechazo de la antena ante señales que provienen de direcciones diferentes a la principal.

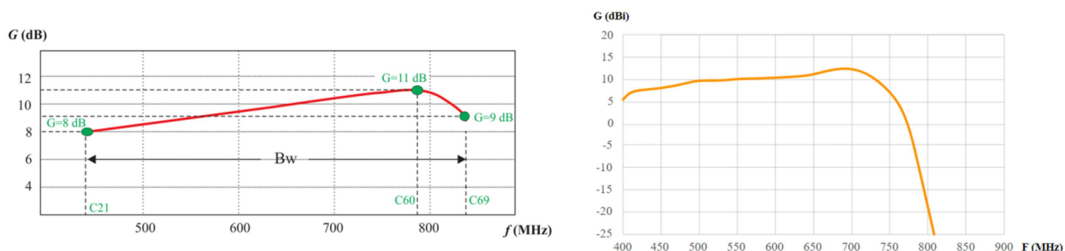


Curva de respuesta en frecuencia

Como el comportamiento de una antena depende de la frecuencia, los fabricantes suministran la **curva de respuesta en frecuencia** que permite identificar la ganancia máxima (directividad) para cada una de las frecuencias de funcionamiento de la antena.

Las antenas sencillas presentan un ancho de banda de tipo gaussiano, en forma de campana. Sin embargo, la curva de respuesta en frecuencia de una antena convencional interesa que tenga mayor planicidad, que transmita de modo más lineal los diferentes canales de una banda de frecuencias.

Para conseguir este efecto se utilizan antenas más complejas, que permiten aumentar considerablemente el ancho de banda y la planicidad de su respuesta en frecuencia. Se diseñan incluso antenas que, dentro de su banda de trabajo, captan mejor unas frecuencias que otras, lo que permite compensar las mayores pérdidas que puedan tener esas señales durante la distribución hasta el usuario.



Impedancia

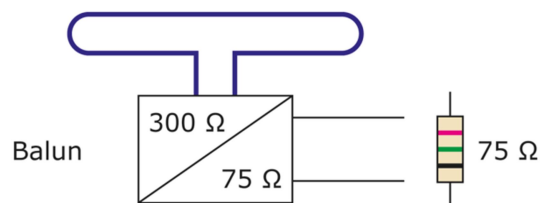
Una antena se comporta como un circuito oscilante inductor-resistivo, a la oposición al paso de la corriente en dicho circuito se le denomina **impedancia**.

Una parte de esta oposición es propia del material y tiene un valor fijo, otra depende del tamaño y la forma del elemento, y su valor varía en función de la frecuencia. La impedancia es mínima a la frecuencia de resonancia y por eso se obtiene una mayor efectividad.

La impedancia se indica en ohmios (Ω) y se representa por Z .

Para obtener una buena transferencia de energía entre dos equipos es fundamental que ambos tengan la misma impedancia.

En el caso de las instalaciones para recepción y distribución de señales de radio y televisión, se utiliza componentes que en sus entradas y salidas presenten una impedancia estandarizada de valor 75Ω . Si alguno de los dispositivos no cumple con dicha característica será necesario utilizar un adaptador de impedancias o balun (**balanced-unbalanced lines transformer**) transformador de líneas balanceadas-no balanceadas. Como el caso de las antenas de dipolo plegado cuya impedancia es de 300Ω .



La **relación de onda estacionaria** (ROE) mide el grado de adaptación entre la antena (carga del circuito) y la impedancia del propio circuito. Para evitar la desadaptación entre la antena, la línea y los receptores se debe:

- No oprimir ni curvar demasiado el cable.
- Cerrar las líneas y salidas que no se utilicen. Para ello, se emplea una resistencia de 75Ω .

Polarización de la antena

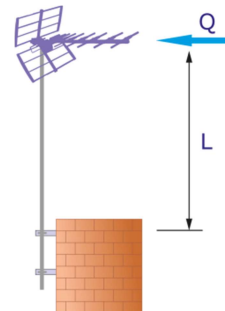
La polarización, como se ha visto anteriormente, es la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética al propagarse. La polarización de la onda radiada por una antena puede variar en relación a la dirección respecto del eje de la antena. Por ello, cuando se refiere a la polarización de una antena, se suele hacer mención a la polarización en la dirección donde la antena radia más potencia.

Las antenas sencillas suelen presentar una polarización lineal. En las frecuencias inferiores a los megahercios, las antenas emplean en transmisión y recepción polarización vertical (respecto a la superficie terrestre), mientras que las emisiones FM, VHF y UHF utilizan polarización horizontal.

Carga al viento

Se trata de un parámetro puramente físico, que evalúa la resistencia que presentará la antena ante el viento una vez montada en el mástil. Es necesario tener en cuenta este parámetro en el momento de elegir el mástil adecuado para soportar la antena, así como determinar el orden de ubicación, en el caso de mástiles con varias antenas.

El fabricante la expresa en kilogramos o Newtons para una velocidad de 130km/h (altura de la antena desde el suelo inferior a 20m) y de 150km/h (altura de la antena superior a 20m).



Ruido generado por una antena

El ruido que más afecta a una comunicación de TV terrestre es el ruido térmico. Desde el punto de vista del ruido, una antena se comporta como una resistencia de 75Ω .

Por tanto el ruido de entrada (N_i) de un sistema de distribución de la señal de TV digital es de aproximadamente $4\text{ dB}\mu\text{V}$.

La principal característica del ruido térmico es que se extiende de manera uniforme por todo el espectro y, por tanto, la cantidad de ruido que afecta al receptor dependerá del ancho de banda de la señal útil. En el caso de la TV digital, el ancho de la señal se reparte por todo el canal, el cual tiene un ancho de banda de 8 MHz.

