

(Recopilado de Internet)

## **Generalidades sobre las antenas**

Una estación de radioaficionado esta compuesta esencialmente por el transmisor y la antena. En medio de ambos esta la línea o cable de transmisión (bajada) y sus puntos de conexión que también son importantes. En este artículo nos centraremos única y exclusivamente en la antena.

La antena es el elemento estrella de cualquier estación de radioaficionado, o debería serlo, pues de ella depende en gran medida el rendimiento del conjunto. A pesar de ello y por aquello de que no la vemos desde nuestra silla de operador, muchos la tenemos tristemente olvidada en el tejado.

En el rendimiento de una antena intervienen numerosos factores que en mayor o menor medida le afectan, como pueden ser: la longitud del hilo o elemento radiante, el diámetro del hilo o elemento radiante, la influencia del suelo, la influencia de los obstáculos etc.

Y una vez construida, la antena tendrá una serie de características propias, como pueden ser: Polarización, ganancia, directividad, impedancia, relación de ondas estacionarias (ROE), ancho de banda, etc.

A continuación se ofrece una breve descripción sobre estos conceptos.

### **Longitud del elemento radiante**

La longitud de una antena no es arbitraria, salvo honrosas excepciones, siempre son múltiplos o submúltiplos de la longitud de onda de onda a transmitir, y en ello nos basaremos para realizar su cálculo. Por ejemplo el dipolo es una antena de media onda y el cálculo de su longitud en metros se realiza de la siguiente manera:

( Velocidad de la luz / Frecuencia ) / 2 donde, por facilidad, la velocidad de la luz se pone en millones de Km/h y la Frecuencia en Megahertzios, así :

( 300/Frecuencia ) / 2 o lo que es lo mismo 150/ Frecuencia

Pero como resulta que la velocidad de propagación en un conductor eléctrico es ligeramente inferior a la del aire el resultado deberá acortarse aproximadamente un 5% . En resumen y a efectos prácticos se utiliza en el cálculo de una antena de media onda la expresión Long = 142,5/Frec. para frecuencias inferiores a los 30 Mhz. y Long = 143/Frec para las frecuencias superiores a 50 Mhz.

Pero, ¿Cómo se mide la longitud?

Si el elemento radiante esta realizado con un tubo, su longitud no ofrece dudas, pero si esta constituido por un hilo o cable, será necesario hacer un bucle en cada extremo a fin de sujetarlo al aislador. Este bucle o espira en cortocircuito es el que presenta dudas ya que en realidad no se comporta como un trozo de hilo simple. No obstante, como las diferencias son despreciables, se considerara como longitud del hilo la distancia que separa los agujeros de los aisladores donde esta soportado el hilo. De todas formas como una cosa es la teoría y otra muy distinta la practica, siempre es aconsejable cortar unos centímetros de más para poder ajustarla después en su ubicación definitiva, por aquello de que es más fácil cortar que alargar. Recuérdese que en la longitud real influyen factores como la altura del suelo, obstáculos, etc.  
¿Influye la medida del aislador central en la longitud del dipolo?

Prácticamente, en el caso de los dipolos cortados en el centro (y antenas similares) apenas influye la separación de los dos brazos que vendrá determinada por el aislador central porque los terminales del cable o del balun en el punto de conexión tienden a compensar esta distancia. Así que en principio habría que descontar la mitad en cada brazo, pero como ya se a dicho que es conveniente cortar un poco de más para su ajuste posterior, lo mejor es olvidarnos de este apartado. Lo importante es que la longitud de los brazos sea idéntica y adecuada a la frecuencia de resonancia. No obstante se recomienda una separación de 5 a 8 cm.

### **Diámetro el elemento radiante**

El diámetro del elemento radiante influye en el ancho de banda de la antena. Se puede considerar que en las frecuencias inferiores a los 30 Mhz. no se aprecia su efecto, es suficiente con hilo de 3 ó 4 mm de sección para conseguir una buena rigidez mecánica y un funcionamiento satisfactorio, para evitar la oxidación se puede emplear barnizado o con cobertura de plástico.

Hay que tener en cuenta que en las antenas de gran longitud, si el hilo no es lo suficiente rígido, el peso, el aire, el frío, el calor, etc pueden variar ligeramente su longitud y con ello la frecuencia de resonancia.

Por encima de los 30 Mhz. empieza a notarse la influencia del diámetro del elemento radiante y los elementos parásitos en las antenas directivas, en especial en VHF y UHF. Se suelen emplear tubos de duraluminio, aunque presenta el problema de que no se puede soldar. En ocasiones se emplea cobre que puede soldarse sin problemas, pero su peso limita su uso.

### **La altura sobre el suelo, y su influencia**

De entrada y por lo general una antena funcionara mejor cuando más alta este situada, respecto al suelo con lo cual obtendremos mas ganancia y quedara libre de obstáculos teniendo en cuenta que por suelo también debe entenderse el tejado cuando la antena esta en lo alto del edificio.

La influencia del suelo es muy distinta dependiendo del tipo de antena, y lo haremos distinguiendo 3 grupos:  
Verticales de  $1/4$  de onda sin radiales, estas necesitan irremediamente del suelo y que es el que complementa el otro  $1/4$  de onda de la antena, para ello el radiante deberá ir vertical sobre el mismo suelo (pero aislado de él). Además conviene que el suelo sea buen conductor y para aumentar el rendimiento se colocaran radiales (cuantos más mejor) enterrados en el suelo o sobre el.

Verticales con radiales de plano de tierra, en estas antenas el suelo esta formado artificialmente por los radiales, por este motivo la influencia del suelo sobre este tipo de antenas no es significativo para su rendimiento. bastará con una altura muy pequeña sobre él.

Dipolos horizontales y similares, en este tipo de antenas, la altura del suelo es muy importante, ya que el diagrama de radiación dependerá en gran manera de dicha altura, Además como el suelo puede trabajar como reflector, lo conveniente sería que la altura fuese al menos de  $1/4$  de onda sobre el suelo. Esto es fácil conseguir para frecuencias superiores a los 14 Mhz. sobre todo en VHF y UHF, pero para las inferiores lo normal será conformarnos con que la antena quede lo más alto posible, aunque a costa del rendimiento global.

La altura también influirá en la impedancia de la antena y en la frecuencia de resonancia. O sea en las medidas que tendrá que tener la antena. Esta influencia hará que la longitud de la antena tenga que ser algo menor a lo estipulado en los cálculos. Estas variaciones se notaran mucho más si lo que esta próximo al suelo son los extremos, por ejemplo en el caso de los dipolos colocados en V invertida

### **Obstáculos**

Ya se ha dicho que conviene que la altura sea la suficiente para conseguir que la antena quede libre de obstáculos. Los obstáculos en las proximidades de la antena, como pueden ser, árboles, paredes, cables eléctricos, mástiles, etc. influyen sobre la antena de manera similar al suelo, sobre todo si estos discurren paralelos al elemento radiante. Probablemente los parámetros más afectados serán los relativos al diagrama de radiación, pero también podrán verse afectados la impedancia del punto de alimentación y la longitud e la antena.

### **Polarización**

Se dice que un elemento radiante emite sus ondas de forma concéntrica y para que la antena receptora pueda cortar el máximo numero de líneas de fuerza, debe estar paralela a ella y esto se nota mucho más a medida que aumenta la frecuencia. También se nota mucho más cuanto más cerca estén las antenas.

En general los dipolos y antenas horizontales emiten con polarización horizontal y las antenas verticales, con polarización vertical. Así que, en principio, para conseguir un buen contacto entre dos estaciones, lo aconsejable es que ambas tengan antenas horizontales o verticales sobre todo en las frecuencias de VHF y UHF.

### **Ganancia**

Lo más importante aquí es tener claro que la energía ni se crea ni se destruye, por lo tanto si nosotros emitimos con 100 Watios, la antena siempre radiara 100 Watios (despreciando las perdidas). Un elemento radiante, en principio siempre es omnidireccional,, es decir radia la misma energía en todas direcciones respecto a su eje, y lo hace en un haz más o menos ancho, y en un ángulo que puede variar de un tipo de antena a otro.

Por tanto si nosotros queremos que en un punto lejano reciba más energía, podemos mejorar tres parámetros, ángulo del haz, anchura del haz y convertir la antena en direccional (esto se verá a continuación).

Se suele tomar como base de comparación la antena omnidireccional. el dipolo, o la antena isotrópica (esta ultima no existe, seria un punto que radiaría por igual en todas direcciones) por lo tanto al hacer comparaciones es necesario hacerlo siempre tomando la misma referencia, algunos fabricantes usan como referencia la antena

isotrópica porque el resultado es una cifra más alta. Cuidadito y mirar bien las especificaciones, si se expresa en dBI están comparando con la antena Isotrópica mientras que si se expresan en dBD están comparando con el Dipolo. De todos modos es útil saber que un dipolo tiene una ganancia de 2,14 dB sobre la antena isotrópica.

Como unidad de medida se emplea el decibelio. En general una ganancia de tres o cuatro decibelios ya es considerable y es el caso de muchas directivas, pero se pueden llegar a conseguir ganancias de quince o veinte decibelios.

Por ejemplo, en las antenas verticales del tipo colineal, la "ganancia" se consigue estrechando el haz y mejorando el ángulo de radiación

Como comparación se puede decir que 3 dB de ganancia equivalen a doblar la potencia hacia esa dirección y que 10 dB. equivalen a multiplicar en esa dirección la potencia por 10. En recepción ocurre algo similar al incrementar la señal recibida.

### Directividad

Algunas antenas, como las verticales radian la energía en todas direcciones (o sea de omnidireccional) pero al igual que si a un foco luminoso le colocamos un espejo detrás este concentrará gran parte de la luminosidad hacia delante, lo mismo podemos obtener con una antena, si le ponemos detrás un elemento reflector.

Pero si además delante de la antena colocamos elementos directores, estos se comportaran de manera análoga a como lo haría una lente convergente delante del foco luminoso o sea concentraría la energía hacia delante. Es decir que con la ayuda de elementos reflectores y directores podemos conseguir que la mayor parte de la energía radiada se concentre hacia una dirección. Además de conseguir un aumento de la ganancia hacia esta dirección causaremos menos interferencias en el resto de direcciones. De igual manera, esta antena recibirá con mucha más señal de esta dirección que de cualquier otra (pensar en el símil del foco luminoso, pero al revés) con lo cual amortiguamos las señales interferentes procedentes de otras direcciones y recibiremos con más señal la que nos interesa.

Como ya se ha dicho en el apartado de la ganancia, esto se consigue concentrando y estrechando el haz hacia una dirección.

Algunas antenas, por su configuración ya tienen algo de directividad sin recurrir a elementos parásitos (reflectores y directores). Así por ejemplo un dipolo emite gran parte de la energía perpendicularmente a su eje, o sea hacia delante y hacia atrás (si esta horizontal), es decir en estas direcciones tendrá más ganancia, que en la longitudinal a su eje.

### Resistencia de radiación

La resistencia de radiación, sería la resistencia equivalente que permite radiar o aprovechar toda la potencia que llega a la antena, se debe intentar que la resistencia de radiación sea la misma que la impedancia del cable de alimentación, usualmente 50 ohmios, para que la máxima potencia sea radiada. Para lograr esto es necesario que la reactancia capacitativa e inductiva sean del mismo valor para que se anulen. De todos modos si al diseñar una antena, el resultado en el punto de conexión no es de 50 ohmios, pues con frecuencia suele estar comprendido entre 20 ó 400 ohmios no debe preocuparnos porque siempre podemos recurrir al uso de acopladores, por ejemplo gamma, beta, etc.

De este párrafo, lo que debe quedarnos claro, es que la resistencia de radiación, de algún modo sería la que permite que la energía que llega del transmisor ser radiada.

### Impedancia de alimentación

De entrada, generalmente cuando hablamos de la impedancia de una antena, lo que estamos haciendo es referirnos a la resistencia de radiación, aunque no es lo mismo, la impedancia y la resistencia de radiación solo serán iguales cuando la reactancia capacitativa e inductiva sean del mismo valor. Si no es así, por ejemplo, una antena puede tener 50 ohmios de impedancia y una resistencia de radiación de tan solo 30 ohmios. Para no complicarlo mucho podríamos decir que de la energía procedente del transmisor solo se aprovecharía la equivalente a estos 30 ohmios y el resto se traduciría en pérdidas.

### R.O.E. Relación de ondas estacionarias

Hoy día, prácticamente solo se usa en las bajadas el cable coaxial de 50 ohmios, que además es el que mejor se adapta a la salida de los equipos modernos que también es de 50 ohmios, para que toda la unión sea perfecta, es menester que la impedancia de la antena sea de 50 ohmios. Sin embargo tal como estamos viendo las características de la

antena dependen de muchos factores y por consiguiente su impedancia, si la impedancia de la antena son 50 ohmios la ROE (relación de ondas estacionarias) será 50:50 o sea 1:1, si variamos la frecuencia, la impedancia de la de la antena ira aumentando, ya que es uno de los factores que la alteran, y cuando llegue a 100 ohmios la ROE será 100:50 o sea 2:1.

Así que para conseguir un funcionamiento correcto, es necesario que la antena resuene lo mejor posible dentro del ancho en que deseemos operar para que la ROE se mantenga en el valor más bajo posible.

### Ancho de banda

Por ancho de banda se designa el margen de frecuencias en el que puede operar la antena, se suele hallar de una forma practica partiendo de la base que se considera correcta en la antena una desadaptación de la ROE de 2:1, O sea que esta dentro del ancho de banda cualquier frecuencia próxima a la central de la antena que de cómo resultado una desadaptación igual o menor de 2:1.

Veamos un ejemplo practico, se ha construido y ajustado una antena para operar en una frecuencia central de 14,250 Mhz. que es donde obtenemos la mínima ROE, por ejemplo 1,2:1 al ir disminuyendo la frecuencia, la ROE irá aumentando, dejaremos de disminuir al llegar a la ROE de 2:1 y tomaremos nota de la frecuencia. Por ejemplo 14,050 Mhz. Ahora volvemos a la frecuencia de 14,250 Mhz y la aumentamos progresivamente y la ROE volverá a ir aumentando, cuando lleguemos a la ROE de 2:1 paramos y anotamos la frecuencia, por ejemplo 14,400 Mhz. Obsérvese que el margen respecto a la frecuencia central no tiene porque ser simétrico. Con esto hemos visto que la antena puede operar de 14,050 a 14,400 Mhz sin rebasar la ROE de 2:1 o sea que el ancho de banda será de  $14,400 - 14,050 = 350$  Khz.

Sin embargo hay que considerar que los transmisores modernos están protegidos para una ROE superior a 1,5:1 es decir que por encima de esta ROE empezara a disminuir la potencia suministrada, Así que una cosa es el ancho de banda de la antena y otra el margen en que podrá operar el transmisor a pleno rendimiento. Solución: usar el acopladores de antena, que muchos equipos modernos llevan incorporados o uno exterior.  
Diagrama de radiación

El diagrama de radiación puede ser horizontal y vertical:  
El diagrama horizontal nos permite observar sobre una gráfica (diagrama) la directividad y la ganancia de una antena sobre los 360 grados alrededor de ella. Para obtener dicho diagrama, dibujaremos en el centro un punto que representará la antena y a su alrededor dibujaremos una curva. La separación de los distintos puntos que forman la curva, respecto al punto central (antena) debe ir en función de la intensidad de radiación recibida en esta dirección.

Si el resultado de esta curva fuese una circunferencia equidistante del centro nos encontraríamos con una antena omnidireccional.

Por el contrario, si la curva toma la forma de lóbulos estos indicaran en que dirección/es se comporta mejor la antena o sea hacia donde tiene mayor ganancia, Si el diagrama mostrase un solo lóbulo de gran magnitud, esto indicaría que estamos ante una antena directiva, y cuando más estrecho sea el lóbulo mayor ganancia y discriminación tendremos en esta dirección. Generalmente el diagrama horizontal es el más consultado y es facilitado por los fabricantes de antenas, pero no olvidemos que el suelo y los obstáculos pueden modificarlos.  
El diagrama vertical nos permite observar sobre una gráfica (diagrama) el ángulo de radiación de la antena respecto al suelo. Y este ángulo es muy interesante, sobre todo para las estaciones que practican el Dx, ya que este ángulo es fundamental para la reflexión de las ondas en la ionosfera. El diagrama vertical esta muy influenciado por el suelo, en el que se refleja o es absorbida parte de la radiación, por esto se considera que las antenas deberían estar como mínimo a un cuarto de onda sobre el suelo. Las antenas verticales con plano de tierra artificial (radiales) casi no están influenciadas por la distancia del suelo.

En este diagrama veremos que cuando más estrecho es el lóbulo más ganancia se obtiene hacia el horizonte, así consiguen la ganancia las antenas colineales entre otras.

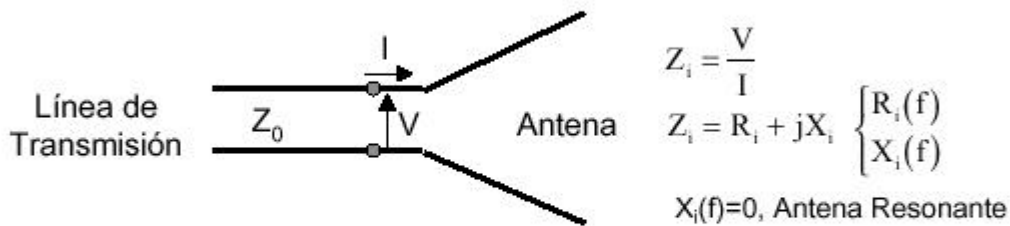
RESUMEN

## Parámetros de Transmisión de una Antena

- Impedancia de Entrada,
- Diagrama de Radiación,
- Intensidad de Radiación,
- Directividad,
- Ganancia y Rendimiento,
- Polarización,
- Ancho de Banda.

### La antena como elemento de circuito Impedancia de entrada.

- La antena presenta a la línea de transmisión una impedancia  $Z_i$ .



- Circuitos Equivalentes de Transmisión y Recepción.



- La parte real de la impedancia de entrada es la suma de la resistencia de pérdidas y la resistencia de radiación.

$$R_i = R_{\text{pérdidas}} + R_{\text{radiación}}$$

$$R_{\text{radiación}} = 2 \frac{P_{\text{radiada}}}{|I|^2}$$

$$\text{Rendimiento} = \xi_R = \frac{P_{\text{radiada}}}{P_{\text{entregada}}} = \frac{R_{\text{radiación}}}{R_{\text{pérdidas}} + R_{\text{radiación}}}$$

- Otros parámetros alternativos a la impedancia de entrada, más fácilmente medibles en el rango de altas frecuencias son:

– Coeficiente de Reflexión:  $\rho = \frac{Z_i - Z_0}{Z_i + Z_0}$

– Pérdidas de Retorno (dB):  $20 \log|\rho|$

– Relación de Onda Estacionaria (ROE):  $ROE = \frac{1+|\rho|}{1-|\rho|}$

## Parámetros de Radiación Diagramas de Radiación

---

- Se definen como una *representación gráfica de las propiedades direccionales de radiación de una antena en función de las coordenadas angulares del espacio.*
- Se representan diagramas de:
  - campo :  $|\underline{E}|$ ,  $E_\theta, E_\phi, \arg(E_\theta), \arg(E_\phi), E_{CP}, E_{XP}$ , etc
  - potencia :  $\langle S \rangle$ , Ganancia, Directividad.
- Los formatos que pueden tomar los diagramas son:
  - Diagramas Absolutos: se representan los campos o densidad de potencia para una potencia entregada a la antena y una distancia constante.
  - Diagramas Relativos: son los anteriores normalizados respecto al máximo valor de la función representada. En este caso la representación suele hacerse en escala logarítmica (dB). Entonces los diagramas de potencia y de campo coinciden ya que:

$$10 \log \frac{\langle S \rangle}{\langle S \rangle_{\max}} = 20 \log \frac{|E|}{|E|_{\max}}$$