A photograph of a worker in white clothing climbing a tall, lattice-structured radio tower. The tower is made of metal and has several horizontal arms extending from it. The background is a bright, cloudy sky. The text is overlaid on this image.

# CURSO SOBRE ANTENAS DIPOLO

Diseñe, construya y opere su  
propia antena...

Versión 1.4E

**Autor:**

Claude A. Ch. Serres Gauffreteau  
Tecnólogo en Telecomunicaciones  
Caracas ~ Venezuela

## **Curso de Antenas Acelerado (Versión 1.4E)**

### **PROLOGO**

Hoy vamos a conocer, como funciona una antena.

La idea surge, por las dificultades que encontramos, cuando se calcula una antena, y luego, al instalarla, nunca funciona donde y como queremos. Inclusive, usted la baja de un lugar donde está funcionando 1/1 de ROE, y al montarla en otro sitio, ya no funciona.

Cuando Hayan terminado el curso, se darán cuenta, que efectivamente, no era posible instalar una antena, sin saber cómo funciona.

Además, nos faltaba conocer una serie de hechos paralelos que la condicionaba.

Debimos elaborar una secuencia de instalación que permitiera llegar a resultados correctos de una sola vez.

Encontramos la falta de los datos “científicamente correctos” para los cálculos. Medir una antena con el indicador de ROE directamente en la punta del coaxial siempre nos daba valores errados, porque un coaxial con ROE no funciona con 50 ohmios sino con una impedancia transformada por las ROE que está soportando. El coaxial con ROE es un transformador de impedancia donde puede tener cualquier valor de resistencia en cualquier parte en su largo.

En mi vida, no encontré algunos textos, que describiera en forma sencilla, como una antena irradia en sus diferentes estados. Es como si esto, no fuera importante para las telecomunicaciones.

Existen libros de matemática que hablan de impedancia, ondas estacionarias etc. con fórmulas y calculo profundos de trigonometría, sin decirle, al utilitario, como físicamente, lo pueda lograr.

Ahora lo vamos a dejar claro. Explicaremos en forma fácil de entender la mecánica de las ondas, como se comportan e irradian en el espacio y en la tierra.

Podremos controlar de una manera clara, lo que parecía un secreto por sus variaciones de actitud en las resonancias, y que hacer, para resolver aquellas dificultades, donde no lográbamos ponerla a funcionar, sin saber por qué.

A partir de hoy, podrán ser los profesores, o maestros, que adiestran sus alumnos y amigos, en fabricar antenas que irradian y captan las ondas excelentemente.

Listo con las informaciones, arrancamos con el curso.

## **CONTENIDO**

- I. Significado de algunas abreviaturas.
- II. Objetivo
- III. Algunos datos sobre antenas (Recordatorio).
- IV. El largo de onda resonante ( $\lambda$ ).
- V. Ejemplos de impedancia de carga (Z).
- VI. Más características.
- VII. Uno de los más importantes datos.
- VIII. La Formula básica.
- IX. Instalación de un Dipolo.
- X. Cálculo del factor de velocidad.
- XI. Como ubicar correctamente la antena.
- XII. Construcción.
- XIII. Verificación de un correcto acoplamiento.
- XIV. El ancho de banda de una antena.
- XV. Consideraciones.

## I.- Significado de algunas abreviaturas

“**Z**”: Impedancia o resistencia combinada, de resistencia pura, más reactancias inductivas o capacitivas, expresadas en Ohmios ( $\Omega$ ), ( $X_c$  o  $X_l$ ), ( $R \pm jX$ ).

“ $\lambda$ ”: Lambda es el largo de onda expresado en metros (mts)

“**AT**”: Acoplador de antena, a veces automático (Antenna Tuner)

“**300**”: Velocidad de la luz en el vacío, 300.000.000 m/s. Expresados para nuestro estudio simplemente con **300**, unidades expresadas en ( $10^6$  m/s)

“**ROE**”: Relación de Ondas Estacionarias, ROE (En inglés SWR). Standing Wave ratio.

“**Ohmio**”: Unidad del valor de la resistencia pura de carga, o Impedancia de un coaxial y/o una antena. (Resistencia Dinámica y Compleja a veces); ( $\Omega$ ).

**W**: Watts o Vatios

**V**: Voltios

“**Frecuencia**”: Veces que una onda se completa por cada segundo en Hertz, igual al antiguo uso de “Ciclos por Segundo”, C/s, Hertz, (Hz/s), Kilo Hertz, (KHz/s) o Mega Hertz (MHz/s). Para este estudio será expresada en MHz

“**FV**”: Es el Factor de Velocidad de una onda en los conductores, en comparación con el largo de onda en el espacio. Se expresa como un porcentaje de éste último.

“**CACHO DE VACA**”: Expresión del vulgo popular, que denomina el aislante central de la antena dipolo, por su forma de conexión con los 2 brazos irradiantes.

## II.- Objetivo

Este curso, en esta modalidad, tiene como objetivo proporcionar las herramientas mínimas requeridas, desde el punto de vista académico, para que los alumnos dominen con claridad el fundamento conceptual y la construcción de antenas dipolo de tal manera que el mismo se convierta en agente multiplicador para la formación y capacitación de nuevas generaciones.

Consideramos que, a efectos del nivel de este curso, todos los estudiantes tienen conocimientos básicos de lo que son las antenas, sus principios de funcionamiento y para qué sirven. Cualquier duda que tengan sobre esta materia puede ser aclarada durante esta exposición.

Lo que vamos a estudiar, tiene, globalmente, 4 situaciones o formulas a guardar en la mente.

1.- La primera, es la Onda en el espacio. Solo existe en el espacio y tiene su 1era formula:

$$300 \div F = \lambda, \text{ en el espacio.}$$

No tiene Factor de Velocidad (FV), porque es la referencia patrón que es 1.

2.- La segunda, es la Onda en un conductor metálico.

Se refiere en este caso, a una onda de una frecuencia determinada por el largo del conductor, pero en el espacio: La onda es más corta en un conductor que en el espacio

$$\{ 300 \div F = \lambda \} * FV = \text{mts. Este FV tiene un valor de 0,95.}$$

3.- La tercera es, la Onda en un conductor que está en el lugar donde está instalado:

$$\{ 300 \div F = \lambda \} * FV = \text{mts. ; En el lugar específico de uso. Este FV debe ser calculado primero}$$

Este otro FV proviene de un **valor calculado según las incidencias** de una instalación específica al lugar de uso. Para lograr este valor, se deberá instalar primero la antena, ajustarla, y calcularlo en base a las medidas en el espacio, y en comparación con las medidas de la antena instalada y ajustada, funcionando perfectamente. Este suele ser cerca de 0,92, pero no lo use, sino el que le saldrá del cálculo. Tiene que calcularlo porque es diferente para cada lugar donde se instale la antena.

Una vez que tenga el valor, le servirá para calcular de una vez, las medidas de todas las antenas que vaya a instalar en el mismo lugar. Así, se calculara, se construirá y se instalara, sin tener que ajustarla porque tendrá las medidas correctas de una vez. De todas maneras verifique después la resonancia, frecuencia y ROE como siempre.

4.- Y la cuarta es el largo de la  $\frac{1}{2}$  Onda en un coaxial. Esta cuarta es para una  $\frac{1}{2}$  onda que tendrá un largo y una resistencia característica, de los conductores coaxiales, en todo su largo de uso, cualquiera que sea:

$$\{ 300 \div F = \lambda \} * FV = \text{mts, en un coaxial.}$$

Generalmente este valor de FV es 0,66 (consulte las tablas de tipos de coaxiales y sus características).

Así que, en el curso, trataremos cada uno de estos FV, de acuerdo a su comportamiento según donde se considere.

Solo tienen 1 fórmula casi igual a memorizar, según este en el **espacio**, en un **conductor**, en un **lugar de uso específico**, o **en un coaxial**.

Como pueden observar, el tema VIII (**Instalación de un Dipolo**) está muy abajo de la lista de temas. Es así, con toda intención y necesidad. Es debido a que se requiere una buena cantidad de otros datos y conocimientos a tomar en cuenta, para efectuar la construcción de cualquier instalación de irradiantes. Aprendamos pues, las razones y causas que son necesarias para llevar a cabo nuestro objetivo en forma secuencial y ordenada, sin saltarnos las partes que pudieran parecerse superfluas.

### III.- Algunos datos sobre antenas (Recordatorio)

Recordemos que una antena no es sino un circuito resonante. Se puede comparar con un circuito L (Inductivo) y C (Capacitivo) resonante paralelo, siendo el conductor la inductancia y el capacitor su capacitancia con tierra. Ambos se rigen por las mismas leyes matemáticas de la física ondulatoria.

### IV.- El largo de una onda resonante ( $\lambda$ )

El largo de una onda resonante puede ser de una onda completa ( $\lambda$ ), media onda ( $\frac{1}{2}\lambda$ ), un cuarto de onda ( $\frac{1}{4}\lambda$ ), dos ondas completas ( $2\lambda$ ), etc.

La proporción de la onda a la cual resuena, hará que su punto de alimentación tenga una impedancia característica a esta misma, y un lugar de alimentación preciso a lo largo del conductor irradiante.

## V.- Ejemplos de impedancia de carga en las antenas (Z)

**Un cuarto de onda vertical**, con radiales, tiene aproximadamente 35 Ohmios de impedancia en su punto de alimentación, pudiendo cambiar, un poco, su valor resistivo, moviendo los radiales hacia abajo para alcanzar los 50 Ohmios. Su lóbulo de radiación estará cerca de los 45 grados, todo alrededor de él, siendo muy eficiente para comunicaciones Tierra/Aire y Satélites.

**Una media onda horizontal, elevada a media onda de altura**, (fíjese que para la banda de 40M sería **20 m** de largo y de altura), tiene con exactitud una "Z" de 73 Ohmios en su centro de alimentación. **Su fórmula es la base del cálculo de la resonancia del dipolo y de las antenas en general.** Ésta es, la **Antena Dipolo Patrón**, denominada en las referencias como **dBd** (dBdipolo) que tiene 2,15 dBi de ganancia sobre la otra **Antena Patrón** llamada **ISOTRÓPICA**. Sus 2 lóbulos tienen la forma horizontal de un 8, y son prácticamente 2 círculos que tocan por sus bordes circulares al conductor irradiante, formando el 8 horizontal, y por lo tanto transmite con un ángulo de unos 15° de elevación siendo excelente para contactos DX. Se debe notar, que el ángulo del lóbulo, depende completamente de la altura del elemento irradiante desde su tierra. Mientras más bajo esté el irradiante, el lóbulo será más elevado y viceversa. Esta característica se utiliza para las comunicaciones punto a punto de forma fija. Tendrá cierta atenuación a no captar mucho los ruidos radiados estáticamente. Horizontalmente tendrá un fuerte rechazo de las emisiones desde sus 2 puntas, sin embargo este último desaparecerá si se usa en forma de "V" invertida

**La antena ISOTRÓPICA** existe, solo en los cálculos teóricos, porque es representada por un punto en el espacio. Su valor de **0 dBi** (dBisotrópica) sirve de comparación de ganancia con todo tipo de antenas, cualesquiera que sean. Su lóbulo imaginativo viene siendo una esfera irradiando en todas direcciones, con la misma intensidad. Deben poner cuidado en las características de antenas ofrecidas por los fabricantes donde algunos indican la ganancia en dB sin mencionar la tercera letra de d, ó, i, ya que existe una diferencia de 2,15 dB entre estos patrones de referencia. Cuando no se indica la tercera letra, tienen que añadir, con cuál tipo de antena se está comparando. Por ejemplo, "**Comparado con una antena similar**" que sí se trata de un dipolo, sería en comparación con otro dipolo. De esta manera, es la única forma de tener un valor comparativo verdadero de ganancia, que demuestra la superioridad de una sobre la otra.

**Una 3/4 de onda vertical, o una 5/8 muy popular**, alimentadas por un extremo, es igual a un cuarto de onda vertical con 35 Ohmios. Es más de una media onda a veces. Por eso es, que la 5/8, irradia más horizontal. Es prácticamente una 1/2 onda vertical y un poco más. Su lóbulo es muy parecido al del dipolo horizontal, pero el 8 está acostado. Sin embargo, siendo una vertical, el lóbulo es aplastado a flor de tierra, en todo su alrededor, mejorando su lóbulo muy bajo, en una señal a nivel de contactos tierra/tierra. Siempre captará el ruido electrostático

**Un largo de onda lineal o anillo cerrado, como la magnética**, alimentado en uno de sus nodos de corriente, es igual a una media onda, donde tendrá

aproximadamente 73 ohmios si se alimenta abajo por el centro como polarización horizontal, pero si se alimenta por un lado, cambiara la polarización a vertical. (Un nodo de corriente es un punto a lo largo de su irradiante, donde la corriente de RF es máxima y el voltaje mínimo. Lo trataremos más adelante, tal vez). Las antenas cerradas de este tipo tienen la particularidad de irradiar con un ángulo bajo, y su lóbulo es también dependiente de su altura del suelo, pero en menor grado que el dipolo. Tienen un nivel de ruido muy bajo por no responder al campo electrostático que tienen las antenas verticales. La diferencia es de casi 15 dB más bajo, lo cual facilita mucho el captar las estaciones débiles. Se pueden llamar también, Magnética, Circular, Delta Loop, o Cubica.

## VI.- Más características

El largo de los elementos conductores irradiante define la frecuencia resonante, y su altura respecto de la tierra, define la impedancia. Por esto es que ajustamos, siempre, la frecuencia del conjunto alargando o acortando sus dimensiones irradiantes, y su ROE, cambiando la altura de toda ella.

Revise en los libros técnicos las características de los circuitos resonantes (Curva de resonancia e Impedancia) donde, un circuito paralelo "LC", con una bobina muy grande y un capacitor pequeño, tiene una impedancia muy alta; pero otro, de misma frecuencia, con una bobina pequeña, y un capacitor muy grande, tiene una impedancia muy baja. Este es el efecto del irradiante con tierra.

Para calcular las dimensiones de la antena tenemos la fórmula de una antena IDEAL,  $300 \div F \text{ (MHz)} = \text{Lambda } (\lambda)$ , o Largo de Onda en Metros en el Espacio. Pero desgraciadamente, el lugar donde la vamos instalar, no tiene relación con lo IDEAL, sino, que estará afectada por las cosas que la rodea, como son, edificios, cables de energía eléctrica, arboles etc. Esto nos obligará a usar una segunda fórmula, para que despeje la presencia de estos objetos, y los valore para poder modificar las medidas de la misma.

Vamos a seguir el curso, y al final, en las mediciones de la instalación, verán que es necesario anotar el largo de su bajante coaxial, porque es una maravilla poder conocer la utilidad de los valores científicos a los que tendremos alcance. Todos estos valores, en la punta de abajo del bajante, son necesarios para recalcular la antena. Esto lo explicamos a continuación.

## VII.- Uno de los más importantes datos

El medir y completar el largo del coaxial, a un **largo de medias ondas enteras**, es solo porque en cada media onda, a lo largo del coaxial, con ondas estacionarias, se reproducen **los valores de Resonancia, Impedancia y ROE**

**de la antena** como **una imagen de sus características reales**. Es una importante información que facilitará la medición desde abajo, en vez de arriba.

Por favor no lo desprecien, lo haremos aquí primero, antes de todo cálculo y elaboración de la antena. **Es como lo más urgente**.

**Agradezco que se quiten la idea muy popular, que cortando el coaxial, se llegará a un sitio donde las ROE serán eliminadas. NADA TAN FALSO QUE NO DEBEN HACER NUNCA.** Esto no elimina las ROE que seguirán desperdiciando los vatios de RF de su transmisor en todo el largo del coaxial con una ROE intensa. Hay OE porque la antena está desintonizada, y es ella que debemos ajustar.

### VIII.- La Fórmula básica

**La fórmula para calcular una media onda entera, en un coaxial, y en la frecuencia a la cual va a resonar la antena es la siguiente:**

(Cuidado, que la fórmula es únicamente para la frecuencia escogida por usted, que usted colocará en esta fórmula, y que corresponderá a la resonancia de esta propia antena. Para cualquier otra frecuencia, habrá que recalcular todo para la nueva frecuencia, como si fuera otra antena diferente, inclusive el largo del coaxial en medias ondas enteras).

Vamos a suponer que en la banda de 40 m, la frecuencia que queremos utilizar como centro de banda es 7,130 MHz.

Calculemos:  $300 \div 7,130 = 42,075$  mts.

Este es el largo de onda en el espacio.

En un coaxial, este largo de onda será solo el 66% de esta medida, porque ella se comporta más corta en este tipo de conductor coaxial que en el espacio.

(De igual manera, en un conductor simple o irradiante, se comportará con un 5% menor que en el espacio, y usaremos el valor de 0,95 que se llama factor de velocidad (FV) para los conductores simples.)

Luego, lo dividiremos entre 2, para obtener una media onda en el espacio, y lo multiplicaremos por el FV de 0,66 de un coaxial, para una media onda en este conductor coaxial:

$$42,075 \text{ m} \div 2 = 21,037 \text{ m} * 0,66 = 13,88 \text{ mts}$$

Cada 13,88 m de su coaxial, y en esta frecuencia específica, habrá un nodo de corriente donde estarán guardados los valores de **Resonancia, Impedancia y el valor de ROE** que tiene la antena, lo cual le facilitará decidir

qué hacer, para que logremos obtener los 50 ohmios, o llegar al 1/1 de ROE. Este es el uso definitivo de este truco para obtener los valores reales para los cálculos. **En cualquier otro punto del coaxial no se repetirá esta situación.**

Luego se harán los cambios necesarios para rectificar los errores que allí aparecerán. Seguro que los habrá, porque usted calculó una antena con la fórmula ideal, y no la está instalando a 20 m de altura, y además estará en un ambiente con interferencias causadas por árboles, postes de luz y edificios. Pero ella misma, montada allí, nos va a decir, qué le pasa, cuando midamos sus datos en la punta del coaxial. Esta es la razón del largo de **media onda entero del coaxial.**

Vamos, entonces, a completar su coaxial para tener en la punta de abajo, un nodo de corriente también llamado “**Lugar de media onda completa**”.

No crea que le hará falta el pedazo de coaxial a la antena para que funcione bien, porque luego de usar este truco, lo quitaremos, y solo lo vamos a utilizar a efecto de obtener la medición de los parámetros ciertos de la antena.

Seguimos. Digamos, por ejemplo, que su coaxial midió 24,50 metros. Vamos a dividirlo entre los 13,88 m de la media onda entera, y vamos a saber cuánto faltará añadir de coaxial para completarlo.

$$24,50 \div 13,88 = 1,765 \text{ veces}$$

Es decir, que para la 2da ondas completa, nos faltan:

$$(2 - 1,765) = 0,235, \text{ de los } 13,88 \text{ m de la segunda onda media completa;}$$

Luego, veamos cuantos metros es esto:

$$13,88 * 0,235 = 3,26 \text{ m de coaxial.}$$

Busque por ahí, o con la colaboración de un amigo, un préstamo de coaxial y empátele los 3,26 m. En esta punta tendrá la imagen de los valores de su antena que le permitirá reajustarla de forma real y segura.

No use conectores, solo una las mallas y los conductores centrales entre sí, provisionalmente. **Ya saben que después, cuando todo este ajustado, lo eliminaremos.**

## **IX.- Instalación de un Dipolo**

Conociendo todo esto, es cuando vamos a instalar un dipolo muy bien, sin trauma, y de una vez. Yo sé que esto es lo que les interesa, pero no resolverán nada si no conocen en qué condición está su irradiante. No se apresure. Así

que, fíjese bien lo que vamos a hacer, en la misma secuencia, y no haga nada todavía, solo entérese.

Los detalles están a continuación:

- 1) Calcule su antena a la frecuencia que quiere. Por ejemplo, 7,130 MHz
- 2) Corte sus conductores irradiantes a la medida, de manera que los dos lados sean iguales al milímetro. La medida de la fórmula empieza donde la malla del coaxial se separa del conductor del centro y termina en el hueco del aislador final, y el conductor del centro, de igual manera como el otro brazo
- 3) Arme su antena.
- 4) Súbala a su lugar final, y mídala para ver dónde resuena. Seguro que resonará más abajo de la frecuencia que usted seleccionó, de 7,130 MHz. No importa. Anote esa nueva frecuencia de resonancia y úsela en el cálculo que sigue, que ella nos dirá que le pasa. Digamos que resonó ahora en 6,920 MHz. ¿Está muy lejos, verdad? La práctica le convencerá que no es exagerado. Fíjese que la resonancia se corrió, debido a los obstáculos, en 210 KHz más abajo. El error o diferencia de altura de los 20 m y el efecto de lo que circunda la antena es muy fuerte. Estas son las razones para que no resuene a la frecuencia de su cálculo. Aparecieron más capacidades con tierra y no contamos con ellas, luego esto hizo que resonara más debajo de la frecuencia calculada. Vamos a corregir esto.
- 5) Aplique 2 veces la fórmula, una para cada frecuencia, La primera con los 7,130 MHz y la segunda con la de 6,920 MHz, y **reste** la diferencia de estos 2 resultados. Quítele esa medida a ambos lados de la antena y súbala de nuevo a la misma altura. Seguro que estará en 7,130 MHz, o muy-muy cerca a este valor. **Ella misma nos dio la clave** para adecuarla al lugar.
- 6) Mida la ROE de nuevo, siempre en la frecuencia de resonancia. Si le da un 1,4/1, suba o baje un poco la antena para llevarla a 1/1 de ROE, lo cual no es tan difícil. Recuerde que es, en la frecuencia que resuena a la mínima relación de ROE. Puede ser 7,128 o 7,135 MHz, esa que resulte de **menor ROE, que es la nueva resonancia real ahora.**

NOTAS IMPORTANTES: (Quédese bien sentado en su silla)

En transmisión, las ondas estacionarias en las líneas son sumamente peligrosas para la integridad física de los componentes de su transmisor. Con un medidor de ondas estacionarias, mida esa relación. Es la relación entre la onda **incidente** que sube, contra la que se devuelve, o es **reflejada**. Esto da una relación numérica estimada. Esto está explicado en el **Manual General de Antena**. En el caso en que se estableciera una onda estacionaria en la línea de transmisión, el transmisor terminaría por destruirse. Es sumamente dañino y silencioso. No avisa.

Los voltajes de RF de 100 W pueden llegar a generar tensiones de varios miles de voltios. Es común, por ejemplo, que en las puntas de las antenas, donde la corriente de RF es solo de 10 miliamperios, el voltaje de RF de los 100 W llegue a generar más de 7KV, razón por la cual se deben usar, uno o varios largos aisladores de porcelana, y no soportar el irradiante con algún otro tipo de “conductor”, sino con cordel o nylon, algo también aislante. Lo llaman “Efecto de punta” o Nudo de voltaje. Vean la diferencia con el valor que acabamos de anotar, **en el Nudo de Voltaje**.

Apliquemos la ley de Ohm.  $V = P \div I$ , sustituyendo valores tenemos que:

$$100 \text{ W} \div 0.01 \text{ A} = \underline{\mathbf{10.000 \text{ V}}}$$
 (10 KV), en los aisladores.

En Cambio, **en el Nudo de Corriente, en el cacho de vaca** será:

$$V = \sqrt{(P * R)},$$

$$(P * R) = 100 \text{ W} * 50 \text{ Ohmios} = 5.000... \sqrt{5.000} = \underline{\mathbf{71 \text{ voltios}}}$$
 nada más.

Pero también, podemos decir que la corriente en este mismo Nudo de Corriente, será igual a:

$$I = P \div V \quad 100 \text{ W} \div 71 \text{ V} = \underline{\mathbf{1,41 \text{ Amperios}}}$$
 de RF.

$$\text{Comprobación: } 71 \text{ V} * 1,41 \text{ Amp} = 100,11 \text{ Watts (vatios)}$$

Estos son los valores presentes en la conexión del coaxial, donde se une a los 2 Irradiantes, es decir el centro del dipolo, y tendremos allí:

**100 W de RF igual a, 71 voltios con 1,41 amperios de RF,**

**Para 1000 W, 224V, y 4,5 Amperios. En las puntas de los brazos 100.000 V, (100 KV). Cuide su coaxial, conectores y aisladores.**

Conocer estos valores le permitiría escoger el aislamiento dentro de la caja de conexiones o aislante central, (cacho de vaca), los conectores y doble hembra, y también el diámetro adecuado del conductor que vaya usar como irradiante, tomando en cuenta el efecto pelicular.

Por otro lado, una relación de onda estacionaria de 1,5/1, equivale a una reflexión o pérdida de potencia de 4 % de la onda incidente, y se admite que **es lo máximo**

**que un transmisor de 100 W a transistores, puede soportar sin sufrir daños.** En cambio, los transmisores a válvulas son menos sensibles a las ondas estacionarias por poder manejar voltajes más elevados.

Después de estos datos tan importantes, vamos a construir secuencialmente, nuestra antena.

### **Repito la secuencia construyendo con detalles ahora la antena:**

Banda de 40 m, Frecuencia 7,130 MHz. ¿Qué largo tendrá? Uso la fórmula:

$$300 \div 7,130 = 42,075 \text{ m} \div 4 = 10,519 \text{ m} * 0,95 = 9,993 \text{ mts.}$$

(Fíjese que en el sistema MKS de nuestro sistema métrico, no se usan valores donde no se conozcan sus procedencias con las unidades y tipos, en contraposición con usar pies y pulgadas. En el sistema decimal usted usa la conocida Velocidad de las Ondas en Km/S, un factor FV de conocida procedencia y relación a unidades del sistema MKS. Por favor NO usen medidas inglesas que son muy enredadas y los que las publican en las fórmulas de manuales, no indican de donde las sacaron o que significan. Si el largo de onda es en METROS, pues no usen PIES. La banda de 40M no es la banda de 131 pies. Que locura!)

SEGUIMOS, decíamos 9,993 m. Éste es el largo de irradiante que necesito para cada lado del coaxial.

Vieron que fácil: Velocidad de la luz dividida entre la frecuencia, da el largo de la onda completa en metros en el espacio. Luego, para el conductor irradiante será dividir la onda entre 4 para obtener el largo de cada brazo del dipolo, igual a 10,519 m, y multiplicado por el **FACTOR de VELOCIDAD** de un conductor (0,95), se tiene la medida igual a 9,993 m de conductor irradiante para cada lado.

### **X.- Cálculo del Factor de Velocidad (para un lugar dado).**

Se puede calcular el **FV del lugar donde está la antena instalada,**

Esto es para poder instalar una antena de una sola vez, sin tener que rectificar nada, pero la primera antena se tendrá que hacer todo como de costumbre para obtener este nuevo milagroso FV verdadero de este lugar.

Como ya hemos adecuado nuestra primera antena, solo nos queda hacer un pequeño calculo más para que la próxima antena, la montemos de una sola vez sin reajustes y sin bajarla otra vez, y estar en la frecuencia del cálculo correctamente.

Después de haber instalado y rectificado sus medidas, usando la diferencia del largo de sus brazos entre el largo de los brazos en el espacio y llevándolo a un porcentaje, Esta diferencia es el % del Factor de Velocidad de su lugar que incluye los obstáculos en comparación con el largo de onda en el espacio. (Anótelo y úselo cada vez que tenga que instalar otra antena en el mismo lugar, para llegar rápidamente a medidas exactas y no tener que bajarla una segunda vez). Este valor de FV, casi siempre está cerca del 92 %. Esto es para mí antena en mi casa. Para otras partes puede ser diferente. Los cálculos lo dirán. Todo depende de los obstáculos existentes en cada lugar. Creo que todo quedo claro.

El valor de FV de 0,95 es para el conductor irradiante, sin los obstáculos, en el espacio libre. El valor de FV de 0,92, es para el conductor irradiante en el lugar donde está instalada la antena con todos los obstáculos. Solo vale para este único lugar. Cada lugar tendrá un FV diferente propio que lo tendremos que calcular con la primera antena que allí se instale. Después ya no hace falta, porque usaremos el segundo de 0,92, o el que le toque allí, con un solo calculo y una sola subida de antena porque con el nuevo FV de 0,92, ya la antena estará resonando en la frecuencia que escogimos. Ven que esto vale la pena, no tener que reajustar nada, no bajarla otra vez, y hacer más cálculos sin necesidad.

Una sola formula  $\{(300 \div F) / 4\} \times 0,92 = \text{metros}$  y ya tenemos el largo correcto de los brazos de la antena. ¿Me pregunto porque hemos trabajado tanto en el pasado para subir y ajusta las antenas?

## **XI.- Cómo ubicar correctamente la antena**

Como ya podemos instalar la antena, ahora corresponde seleccionar la dirección hacia donde quiero comunicar para colocarla, evitando la proximidad a las líneas de alto voltaje, los árboles, los postes de iluminación, las edificaciones y escoger la parte más abierta y alta que se tenga en la casa o inmueble. Esta ubicación planificada mejorará la radiación, nos indicará qué materiales hacen falta y ayudará a evitar también los niveles de ruidos e interferencias que serán inducidos en el bajante y en la antena misma. Por cierto, que el bajante tiene que bajar verticalmente debajo del centro del dipolo para evitar inducciones indeseadas de RF por parte de los 2 brazos del dipolo al bajante, o diferentes capacidades con tierra a un solo lado de los brazos desbalanceando la radiación. No olvide poner una pequeña polea en el centro

de la antena para solo subirla y bajarla 1 o 2 veces. Se ajustaran las medidas de los brazos en el mismo cacho de vaca central en vez de los extremos. Todo más fácil que en las puntas.

## **XII.- Construcción; empezamos de nuevo.** (Pequeña repetición intencional)

Viene ahora “**Producir la antena**”. Cortar los 2 conductores idénticos con 20 cm más de largo en las puntas para los amarres y ajustes de medidas, localizar o fabricar los 3 aisladores, interconectar el coaxial con los brazos de la antena y colocar los aisladores de las puntas extremas. Las medidas están anotadas en el párrafo anterior. **SOLDAR TODO solo al final de los ajustes.** No usar tuercas, tornillos, arandelas, ni nada que sea mecánico. Esto disminuye la corriente de RF y la potencia irradiada. Tome el ejemplo del **Manual General de Antena Dipolo** donde esta soldada de punta a punta. Húyale al aire salino,. Utilice ese centro de antena, es plástico y sellado a prueba de la sal marina, inclusive contiene el Balún.

Ya usted subió la antena en el lugar escogido y mala suerte, tiene una ROE de 3/1 en 7,130 MHz. ¿Por qué? Esto, sabíamos que ocurriría, pues usamos la fórmula original de FV 0,95 de conductor en el espacio, Luego la antena no está a 20 m de altura y el lugar donde está, no es un espacio libre de obstáculos!

Por esto es que no pueden saltarse los pasos. Ahora corresponde ver dónde resuena realmente; es decir, donde tiene la menor ROE posible y recalcular la medida de los brazos, pero ahora con datos fidedignos que nos da la punta de nuestro coaxial.

Supongamos que el frecuencímetro de su radio le indicó que resonó en 6,920 MHz. Vamos a ver qué medida de brazos representa esta frecuencia, culpable de tantos obstáculos que tiene en su alrededor:

$$300 \div 6,920 = 43,353 \text{ m} \div 4 = 10,838 \text{ m} * 0,95 = 10,296 \text{ mts.}$$

Nosotros habíamos calculado que tenía que ser de 9,993 m. Bueno, como que es muy larga, ¿verdad? Vamos a quitarle la diferencia de medida para llevarla a la que diseñamos, de 7,130 MHz.

$$(10,296 - 9,993) = 0,303 \text{ m}$$

Es decir, es más larga en 30 cm cada lado.

Esto es un 3% adicional al largo de onda del conductor en el espacio.

PASAREMOS DE INMEDIATO A CALCULAR EL FV DE LA ANTENA TOTALMENTE INSTALADA QUE PERTENECE A ESTE GRUPO DE CALCULOS.

NUEVO FV DE LAS ANTENAS FUTURAS EN ESTE MISMO LUGAR

$$300 / 7,13 = 42,76 / 4 = 10,52 \times 0,95 = 9,993 \text{ m}$$

Corto los brazos y fabrico e instalo la antena en su lugar, pero ella resuena en 6.920 KHz. Entonces calculo el largo para esta nueva frecuencia donde resuena realmente:

$$300 \div 6,920 = 43,353 \div 4 = 10,83 * 0,95 = 10,296 \text{ mts}$$

Resto y quito la diferencia a los 2 brazos de la antena:

$$10,296 - 9,993 = 0,303 \text{ mts (30 cm)}$$

Esto es un porcentaje de:

$$0,303 \div 10,52 = 0,0288 \% \text{ (casi 3\%)}$$

FV total de la instalación respecto al largo del  $\frac{1}{4}$  de onda del brazo en el espacio:

Es el 95% de la onda en un conductor más la reducción del 3 % del retoque para ponerla en la F que queremos:

$$95 \% - 3 \% = \underline{\underline{92 \% \text{ Nuevo FV total.}}}$$

Prueba:

$$10,52 \div 0,92 = \underline{\underline{9,69 \text{ mts}}}$$

Igual a:

$$9,993 - 0,303 = \underline{\underline{9,69 \text{ mts Confirmado}}}$$

Ahora decimos que, el FV de una antena, instalada y ajustada en su lugar de uso, es igual al 92 % de sus brazos, **calculados desde la onda en el espacio libre.**

Esto permite calcular el brazo con la fórmula de siempre ( $300 \div F = m$ ), y luego multiplicarlo por este nuevo FV de 0,92 y conseguir la medida exacta para que

resuene de una vez en la frecuencia que queremos, en este mismo e único lugar donde se instalara. También permite que solamente se subirá una vez, faltando ajustarle la altura para la ROE.

Lo anterior será para las futuras antenas que se instalaran en este mismo lugar, pero es parte de los cálculos de la primera vez que se instaló, para usarla luego, “en las futuras” y siempre, de ahora en adelante.

Seguimos con la instalación de la primera antena.

Bajemos la antena y quitémosle el 30 + 30 cm. ¡La subimos de nuevo por última vez y ahora resuena en 7,128 MHz. Acertado!

Pero todavía nos falta ver las ROE, que está en 1,4/1. ¿Podemos mejorarla? Claro que sí. Solo nos queda subirla o bajarla un metro o dos para encontrar el 1.0/1, que corresponde a 50 ohmios puros, sin reactancia. Si no lo logra, pero está por debajo de 1,5/1, pues déjela así, que es una excelente antena que rinde al 96/100.

Usted terminó su trabajo técnico. Su antena esta lista y no tuvo que hacer cálculos trigonométricos complicados. Esto es Aritmética simple. Además tenemos ahora el FV de 0,92 para las próximas antenas.

¡Cuántas cosas más les puedo contar!

Si quiere verificar si su antena está bien acoplada, quítele el pedazo de coaxial que usted añadió cuando hizo la medición de medias ondas enteras, y comprobará que la ROE sigue igual en 1/1, como antes la midió.

Ahora puede usar cualquier largo de coaxial y no será afectada la ROE de 1/1, porque la antena tiene 50 ohmios casi puros. Cambie los equipos del cuarto de radios hacia otro lugar de la casa y alargue el coaxial (cualquier tamaño) y no pasará nada, sigue en 1/1. El sistema consiste en usar una carga de 50 ohmios, que es la antena, conectada a un bajante de 50 ohmios, que es el coaxial, y el coaxial abajo, conectado a la salida del transmisor, que también tiene 50 ohmios de salida.

Este es el objetivo final de hacer una antena dipolo de alto rendimiento; es decir, “Acoplar impedancias que no produzcan ROE o desacoplo en el recorrido de la señal” para no perder potencia en el camino.

Los 100 W que la salida del transmisor entrega al coaxial en su punto de conexión en el radio son igualmente entregados totalmente por el coaxial a la antena con 50 Ohmios, y ésta irradia exactamente los 100 W en forma de RF al espacio. ¿Interesante verdad?

En todo el curso me referí a un dipolo porque para todos los otros tipos de antenas, cualesquiera que sean, todo se resolverá con procedimientos iguales

al que se haría en el mismo caso de este dipolo. La tecnología no es diferente. Acoplamos impedancias, rebajamos las ROE y cambiamos la resonancia. Todo esto es simplemente resolver problemas de antenas, nada más. En HF y en cualquier otra banda, no verán que una antena se ajusta así, y otra igual, de otra manera. Todas se ajustarán en frecuencia modificando el largo de sus elementos irradiantes. A todas se rebajarán las ROE subiéndola o bajándola. Lo podrán apreciar a lo largo de sus instalaciones.

### **XIII.- Verificación de un correcto acoplamiento**

Quien ya tienen su dipolo instalado y quiere saber cómo está de ROE, busque su resonancia a las mínimas ROE primero, luego añádale un pedazo de 3 o 4 m cualquiera de coaxial de 50 ohmios y repita la medición de las ROE. **DEBERÁ DARLE LA MISMA LECTURA baja de 1/1 o 1,2/1, siempre en su frecuencia resonante**, desde luego, y no en otra frecuencia. Si se va a 2/1 o cualquier otro valor alto, es que la antena no tiene 50 ohmios, produce OE y tiene que reajustarla para evitar las pérdidas en el bajante usando el mismo procedimiento de este tratado. También puede ser que la está midiendo fuera de resonancia. **LAS ANTENAS SE MIDEN SIEMPRE EN SU FRECUENCIA RESONANTE**. De nada sirve medirla fuera de ella, porque no tiene sentido. Además, es lógico que tenga muchas ROE porque se está midiendo en una frecuencia donde no resuena.

#### NOTA:

Es recomendable utilizar un balún 1/1 de 50 ohmios para que el sistema desbalanceado del coaxial pueda acoplarse bien con los 2 brazos de los irradiantes que forman un sistema balanceado. Hay uno en el MANUAL GENERAL DE ANTENAS. No le va a dar ganancia pero si un mejor acoplamiento, una igualdad o equilibrio de corriente de RF en los 2 brazos y una impedancia más limpia de reactancias; mejor dicho, una resistencia más pura de carga y más libre de reactancias cuando se aleje del centro de su resonancia, dando lugar a un mayor ancho de banda más limpio. En algunos casos también elimina ruidos e interferencias,

Deben considerar que el balún es la última parte a colocar a la antena, ya que ella se tiene que instalar y ajustar libre de balún. Que no se les ocurra ajustar una antena con un balún conectado. Podría complicar todo y errar los datos en el caso de las medias ondas completas. Por favor, no se compliquen la vida.

Existe una sola razón para medir fuera de resonancia: Cuando Usted quiere averiguar el ancho de banda de su antena.

#### **XIV.- El ancho de banda de una antena**

El ancho de banda de la antena es la parte de la banda delimitado por un valor de ROE de 1,5/1 comprendido, tanto en desplazamiento hacia arriba como hacia abajo de la frecuencia de resonancia, y es también el espacio donde el transmisor no se protegerá, ni tendrá necesidad de usar el Acoplador de Antena para transmitir. La relación de 1,5/1 representa un 4% de pérdida o de desacoplo de impedancias. El valor es suficientemente bajo como para que su equipo no lo tome en cuenta y no tenga que protegerse en este margen de medición. Todos los equipos a transistores tienen una calibración para cuando la ROE llega peligrosamente a 3/1. El circuito puente de medición de ROE incorporado en él, enviará una tensión de reducción de excitación a la etapa final para que reduzca la potencia de salida al 50 o 30% de su capacidad, a fin de proteger los transistores que podrían arquearse por excesiva tensión (recuerde el nodo de voltaje) o por disipación de calor. El voltaje de RF de la onda reflejada a veces tiene tensiones muy altas y castigan a los colectores de los transistores finales.

Medición:

Un ejemplo: Mi antena está ajustada y tiene una ROE de 1/1 en 7,130 MHz, luego poco a poco, subo de frecuencia con solo 20 vatios, observando el medidor calibrado que está subiendo de ROE. Cuando este llega a 1,5/1, me paro, y anoto la frecuencia, 7,310 MHz. Luego hago lo mismo, hacia abajo y registro 6,990 MHz.

El ancho de banda será de  $(7,310 - 6,990) = 320$  KHz. También esto me indica, que puedo pasearme en toda la banda de 7,000 a 7,300 MHz (Segmento para radioaficionados) sin necesidad de usar el Acoplador de Antena o él incorporado en el transceiver.

## RESUMEN Otra vez lo mismo sin tantas explicaciones.

Mida su coaxial bajante de antena y escoja la frecuencia de la antena.

Calcule el largo de una media onda ENTERA en la frecuencia escogida.

$$300 \div F1 \text{ MHz} = \dots \div 2 = \dots * 0,66 = \dots \text{ Metros}$$

Complete el largo de su coaxial con un pedazo del mismo tipo para una cantidad de medias ondas enteras a fin de poder medir la resonancia, la Impedancia y la ROE verdadera de la antena en la punta de abajo del mismo (IMAGEN).

Calcule el largo de los brazos del dipolo.

$$300 \div F1 \text{ MHz} = \dots \div 4 = \dots * 0,95 = \dots M1 \dots \text{ metros}$$

Fabrique la antena con sus aisladores en las 2 puntas y cacho de vaca central, y el bajante coaxial conectado a los brazos irradiante. Todo sin soldar.

Suba la antena a su lugar y altura escogida.

Mida la frecuencia de resonancia y anótela (F2)

Recalcule los brazos para esta nueva frecuencia F2.

$$300 \div F2 \text{ MHz} = \dots \div 4 = \dots * 0,95 = \dots M2 \dots \text{ metros}$$

Reste la diferencia de las 2 medidas...  $M2 - M1 = \dots M3 \dots$  centímetros

Quítele a cada brazo los centímetros de M3.

Vuelva a subir la antena a su lugar y mida en que frecuencia resuena ahora y observe si coincide con la que quería. **Si está bien, suelde todos los empates.**

Mídale las ROE y si está a más de 1,5/1, suba o baje la antena hasta que esté por debajo de 1,5/1. No toque más el largo de los brazos POR FAVOR. LISTO.

Para mejor estabilidad y radiación, más, un mejor bajo nivel de ruido, colóquelo un Balún de 1/1 y 50 Ohmios entre el coaxial y el aislador del centro, fácil de construir. (Ver el Manual General de Antenas Dipolo).

## **XV.- Consideraciones**

Todas las antenas de HF usan la misma secuencia de instalación. Solo cambia la frecuencia en las aplicaciones de la fórmula. Quiero decir que, una vertical, una cúbica, una Delta Loop, etc. se llevan a cabo exactamente en la misma secuencia. Inclusive, con algunas pequeñas excepciones, es aplicable también a las de bandas de VHF y UHF donde se usan dipolos y direccionales.

En las antenas direccionales se deberá tomar en cuenta algunos detalles, donde el director será más corto en un 5% respecto al irradiador; así mismo, los reflectores serán más largos que el irradiador en un 5%. La separación de los directores y reflectores desde el irradiador, podrán tener medidas de DIR/REF que van del 15 y 10% del largo de onda, para espacio corto, 20 y 15% espaciado normal, y 25 y 20% espaciado largo, referente al tamaño del largo de onda en el espacio, pues la distancia de separación es a través del aire y no se usa FV... Cualquiera puede, con este instructivo, diseñar e instalar su antena direccional con 8,5 a 9,0 dBd que representa pasar de 100 W con un dipolo, a 800 W con la direccional de 3 elementos sin gastar más energía.

Las personas que hayan construido e instalado su antena, siguiendo los lineamientos de este instructivo, pueden dirigirse a este servidor para cualquier explicación o corrección del mismo, lo cual agradeceré amigablemente. También agradezco sus comentarios, cómo les fue, qué dificultad tuvieron en los cálculos, no pudo resolver?, por qué razón?, etc. Toda clase de comentarios será muy apreciados. Gracias.

Recomiendo, que para detalles técnicos, consulten **EL MANUAL GENERAL DE ANTENAS DIPOLO**, que está en varias páginas de internet, gratis. La última versión es la "Vers.: "9-9" que aparece en la pág. 3 del mismo.

Corregido y Portada por: El Profesor Ing. Antonio Patiño, YV3AP  
Profesor de la Universidad Experimental Politécnica, "Antonio José de Sucre",  
UNEXPO. Barquisimeto, estado Lara, Venezuela.  
Ingeniero Electricista, Mención Potencia  
C.I.V.: 19.867.  
Telf.: Cel. +58-414-046.66.46 / +58-426-453.03.27  
Correo electrónico: [yv3ap@yahoo.com](mailto:yv3ap@yahoo.com)

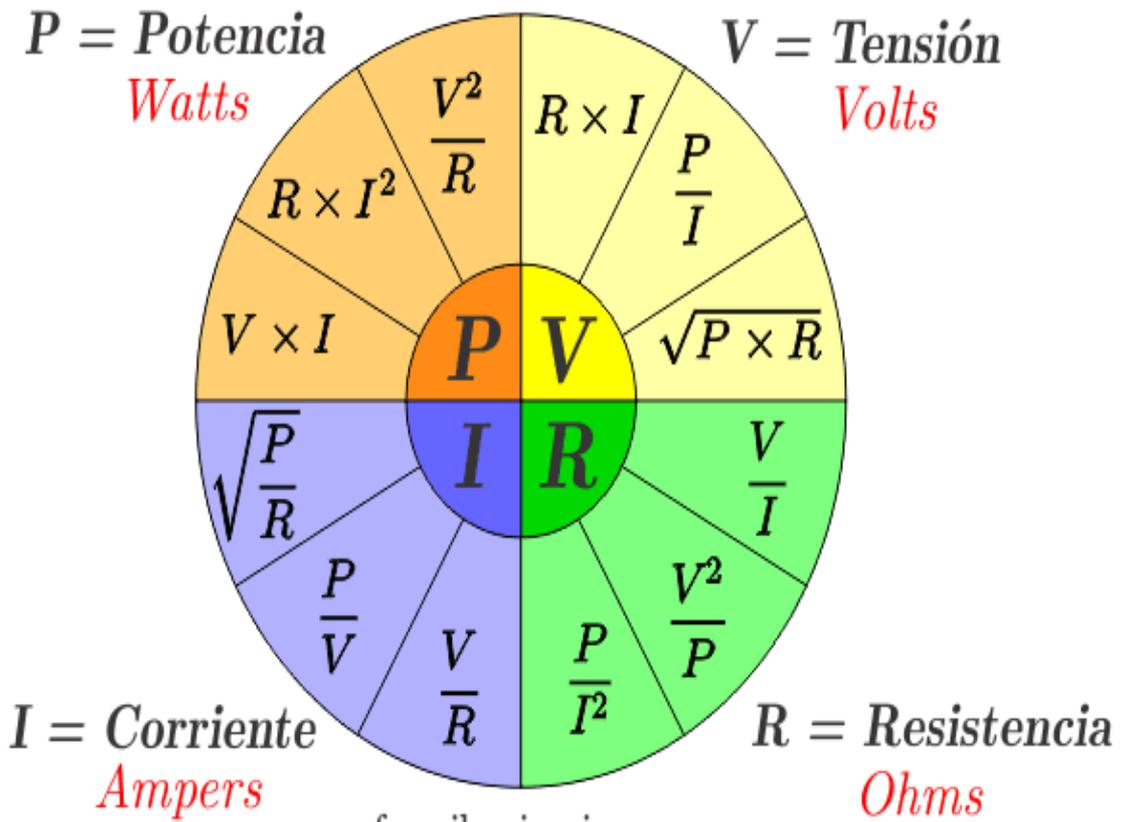
Tema y Texto por Claude A. Ch. Serres Gauffreteau, YV5ABH.  
Tecnólogo en Telecomunicaciones. Titular #364  
Telf. : Mobile/Cel. +58-424-119.95.55 Correo: [yv5abh@gmail.com](mailto:yv5abh@gmail.com)

Elaborado el día 8 de Mayo del 2020. Finalizado el 26-05-2020 para festejar el 56<sup>o</sup>  
Aniversario de la Cadena YV, YV4CYV, bajo la Presidencia del Ing. Antonio Patiño.  
S.E.S. TELECOMS. Caracas Venezuela

#### BIBLIOGRAFÍA

- 1) INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ELÉCTRICA, por William H. Roadstrum y Dan H. Wolaver (Worcester Polytechnic Institute).
- 2) MANUAL GENERAL DE ANTENAS DIPOLO, por Claudio Serres, YV5ABH.  
<https://es.scribd.com/document/110010775/Manual-General-de-Antenas-Dipolo>
- 3) DIPOLE AND LONG-WIRE ANTENNAS, por Edward M. Noll, W3FQJ.
- 4) THE A.R.R.L. ANTENNA BOOK, Publisher by The American Radio Relay League.

**TABLA DE FORMULAS DE ELECTRICIDAD**



## ABACO PARA OBTENER LA ROE

COLOQUE UNA REGLA SOBRE EL VALOR DE LA POTENCIA (VATIOS) **FORWARD** QUE CRUCE CON EL VALOR DE LA POTENCIA (VATIOS) **REFLECTED**. EN LA LINEA DEL CENTRO LEA LA RELACIÓN DE ROE

